

**PENERAPAN MODEL INDEKS TUNGGAL DALAM
MENGANALISIS PORTOFOLIO SAHAM OPTIMAL DAN
PERAMALAN HARGA SAHAM OPTIMAL MENGGUNAKAN
*LONG SHORT-TERM MEMORY***

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana pada
Program Studi Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Pakuan

Oleh:

Kurnia'Aeni

064120009



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PAKUAN
BOGOR
2024**

Bismillahirrahmanirrahim

Alhamdulillahirabbilalamiin... saya panjatkan puji dan syukur kehadirat Allah SWT, karena atas berkah rahmat serta karunia-Nya dapat diberikan kemudahan dalam menyelesaikan tugas akhir ini dengan lancar.

Terima kasih saya ucapkan kepada keluarga tercinta ibu Imas Kurniasih, Alm. Bapak Sutopo, adikku Dwi Savitri Denia yang telah memberikan dukungan, semangat, motivasi dan doa yang telah diberikan, sehingga saya dapat melewati segala rintangan selama penyusunan tugas akhir ini.

Terima kasih saya ucapkan kepada ibu Dr. Embay Rohaeti, M.Si dan ibu Maya Widyastiti, M.Si yang telah memberikan bimbingan yang sangat baik serta motivasi dalam proses penyusunan tugas akhir ini. Terima kasih kepada dosen wali saya ibu Ani Andriyati, M.Si, beserta seluruh dosen dan staf Program Studi Matematika Fakultas MIPA Universitas Pakuan yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat selama kuliah sehingga dapat dijadikan bekal menuju masa depan.

Terima kasih saya ucapkan kepada Parisma Natalie Siregar, Sekar Miasih Rustandi, dan Shelly Selgiant Dion selaku teman yang memberi semangat dalam pengerjaan tugas akhir ini, serta teman-teman Matematika Angkatan 2020 dan adik-adik mahasiswa Matematika Universitas Pakuan. Saya ucapkan terima kasih kepada group ENHYPEN terutama Park Jong Seong, Sim Jae Yun, dan Park Sung Hoon yang telah memotivasi dengan lagu-lagu yang telah menginspirasi saya dalam mengerjakan tugas akhir ini.

Terima kasih saya ucapkan kepada pihak-pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu atas bantuan yang diberikan sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Semoga karya ini dapat memberikan manfaat bagi pembacanya.

Aamiin Ya Rabbal Aalamiin

HALAMAN PENGESAHAN

NAMA : KURNIA'AENI
NPM : 064120009
**JUDUL : PENERAPAN MODEL INDEKS TUNGGAL DALAM
MENGANALISIS PORTOFOLIO SAHAM OPTIMAL DAN
PERAMALAN HARGA SAHAM OPTIMAL
MENGUNAKAN *LONG SHORT-TERM MEMORY***

Bogor, 15 Juli 2024

Menyetujui,

Pembimbing Pendamping

Pembimbing Utama

Maya Widyastiti, M.Si.

Dr. Embay Rohaeti, M.Si.

Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika

Dekan FMIPA

Dr. Ir. Fitria Virgantari, M.Si.

Asep Denih, S.Kom., M.Sc., Ph.D.

**SURAT PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER
INFORMASI SERTA PELIMPAHAN KEKAYAAN
INTELEKTUAL DI UNIVERSITAS PAKUAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Kurnia'Aeni

NPM : 064120009

Judul Skripsi : Penerapan Model Indeks Tunggal dalam Menganalisis Portofolio Saham Optimal dan Peramalan Harga Saham Optimal Menggunakan *Long Short-Term Memory*

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi di atas adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan ataupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Universitas Pakuan.

Bogor, 15 Juli 2024

Kurnia'Aeni
064120009

RIWAYAT HIDUP



Kurnia'Aeni lahir di Tasikamalaya pada tanggal 27 Oktober 2002. Anak pertama dari dua bersaudara dan merupakan anak dari pasangan Ibu Imas Kurniasih dan Alm. Bapak Sutopo.

Pada Tahun 2008 penulis memulai pendidikan formal pada jenjang Sekolah Dasar di SD Negeri Sampora 02. Pada Tahun 2014 penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 4 Cibinong. Pada Tahun 2017 hingga 2020 penulis melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 4 Cibinong. Pada Tahun 2020 penulis melanjutkan pendidikan jenjang Strata Satu di Universitas Pakuan Bogor Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dengan pilihan Studi Matematika.

Selama menempuh pendidikan di Universitas Pakuan, penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan di Kantor Cabang Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) Kesehatan Cibinong pada Tahun 2022. Pada Tahun 2023 penulis sebagai anggota kelompok Program Kreativitas Mahasiswa pada bidang Kewirausahaan (PKM-K). Pada Tahun 2023 penulis mengikuti program pertukaran mahasiswa ke Universiti Tun Hussein ONN Malaysia (UTHM).

Penulis aktif dalam kegiatan organisasi Himpunan Mahasiswa Matematika (HIMATIKA) Universitas Pakuan. Pada periode 2022 penulis menjabat sebagai wakil kepala Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa dan Agama (PSDMA). Pada periode 2023 penulis menjabat sebagai kepala Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa dan Agama (PSDMA). Pengalaman organisasi yang didapat yaitu menjadi anggota divisi soal pada acara Lomba Cepat Tepat Matematika pada Tahun 2021, Tahun 2022, dan 2023, serta sebagai pemateri pelatihan untuk staff desa (pengelompokan penerima BLT) pada kegiatan HIMATIKA MENGABDI di Desa Palasari pada Tahun 2023.

RINGKASAN

Kurnia'Aeni, Penerapan Model Indeks Tunggal dalam Menganalisis Portofolio Saham Optimal dan Peramalan Harga Saham Optimal Menggunakan *Long Short-Term Memory*. Dibimbing oleh EMBAY ROHAETI dan MAYA WIDYASTITI

Investor dalam memilih saham tidak hanya pada satu jenis saham, tetapi dapat diversifikasi. Pada penelitian ini digunakan saham Blue Chip yang dilakukan dengan dua tahapan. Tahapan pertama, Model Indeks Tunggal untuk diperoleh portofolio saham optimal. Tahapan kedua, hasil harga saham optimal dari Model Indeks Tunggal yaitu Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI) dilanjutkan dengan proses peramalan menggunakan Long Short-Term Memory (LSTM). Tujuan dari penelitian ini, menerapkan Model Indeks Tunggal untuk menganalisis portofolio pada saham Blue Chip, meramalkan harga saham optimal terpilih pada satu hari kedepan, dan mengevaluasi hasil peramalan harga saham optimal terpilih. Pada tahapan pertama, Model Indeks Tunggal digunakan data periode 01 Februari 2021 sampai 01 Februari 2024. Tahapan kedua, peramalan dengan LSTM digunakan data periode 01 Februari 2021 sampai 29 Februari 2024. Hasil tahapan pertama, diperoleh saham optimal sebanyak 13 saham dari 41 saham Blue Chip. Saham yang paling optimal diperoleh saham BMRI. Tahapan kedua, digunakan saham BMRI dengan peramalan LSTM. Hasil tahapan kedua diperoleh peramalan kinerja harga saham dengan performa terbaik, sehingga menunjukkan kinerja harga saham pada 01 Maret 2024 diperoleh sebesar Rp 6894,574. Adapun akurasi peramalan kinerja harga saham dengan MAPE sebesar 4,23%. Hal ini dapat dikatakan peramalan kinerja harga saham memiliki akurasi sangat baik.

Kata kunci: Saham *Blue Chip*, Kinerja Harga Saham, Model Indeks Tunggal, Harga Saham Optimal, *Long Short-Term Memory* (LSTM).

KATA PENGANTAR

Segala puji serta syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas berkah rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul **“Penerapan Model Indeks Tunggal Dalam Menganalisis Portofolio Saham Optimal Dan Peramalan Harga Saham Optimal Menggunakan *Long Short-Term Memory*”**.

Penelitian ini ditujukan sebagai salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Matematika Program Studi Matematika Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pakuan. Penulis menyadari bahwa tidak lepas dari banyak pihak yang berkontribusi membantu untuk dapat terselesaikannya hasil penelitian ini. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Embay Rohaeti, M.Si selaku pembimbing utama.
2. Maya Widyastiti, M.Si selaku pembimbing pendamping.
3. Dr. Ir. Fitria Virgantari, M.Si selaku Ketua Program Studi Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pakuan.
4. Ibu Imas Kurniasih dan Alm. Bapak Sutopo serta Dwi Savitri Denia selaku adik saya yang selalu mendukung, memberi semangat dan mendoakan penulis dalam pengerjaan penelitian ini.
5. Parisma Natalie Siregar, Sekar Miasih Rustandi, Shelly Selgiant Dion selaku temen yang memberi semangat dalam pengerjaan penelitian ini.
6. Teman-teman Program Studi Matematika serta semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu, yang telah membantu penulis dalam penyusunan hasil penelitian ini.

Diharapkan hasil penelitian ini dapat bermanfaat baik bagi pembaca dan khususnya bagi mahasiswa Program Studi Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pakuan. Oleh karena itu, diharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca.

Bogor, 15 Juli 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
SURAT PERNYATAAN	ii
RIWAYAT HIDUP	iii
RINGKASAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan.....	3
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Investasi	4
2.2 Investor	4
2.3 Saham	5
2.3.1 Pengertian Saham	5
2.3.2 Jenis-Jenis Saham	5
2.4 Harga Saham.....	6
2.5 Portofolio	7
2.6 Portofolio Saham Optimal	7
2.7 Model Indeks Tunggal.....	8
2.7.1 Pengertian Model Indeks Tunggal.....	8
2.7.2 <i>Return</i> dan <i>Expected Return</i> Saham	8
2.7.3 <i>Return</i> dan <i>Expected Return</i> Pasar	9
2.7.4 <i>Variance</i> dan <i>Covariance</i>	9
2.7.5 <i>Variance Error</i> Model Indeks Tunggal	10

2.7.6	Portofolio Saham Optimal Berdasarkan Model Indeks Tunggal.....	11
2.7.7	Portofolio Optimal Menggunakan Model Indeks Tunggal.....	12
2.8	Analisis Deret Waktu.....	13
2.9	Peramalan (<i>Forecasting</i>)	16
2.10	<i>Machine Learning</i>	16
2.11	<i>Deep Learning</i>	17
2.12	Normalisasi dan Denormalisasi	17
2.13	<i>Long Short-Term Memory</i> (LSTM).....	18
2.14	Komponen dan Parameter <i>Long Short-Term Memory</i> (LSTM)	21
2.15	Evaluasi Hasil Peramalan	22
2.15.1	<i>Mean Absolute Percentage Error</i> (MAPE)	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		24
3.1	Data.....	24
3.2	Tahapan Penelitian	24
3.2.1	Tahapan Penelitian dengan Model Indeks Tunggal	25
3.2.2	Tahapan Peramalan <i>Long Short-Term Memory</i> (LSTM)	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		31
4.1	Tahapan Penelitian Model Indeks Tunggal.....	31
4.1.1	Deskripsi Data Model Indeks Tunggal.....	31
4.1.2	Perhitungan <i>Return</i> dan <i>Expected Return</i> Saham dan Pasar	32
4.1.3	Perhitungan <i>Variance</i> Saham, <i>Variance</i> Pasar dan <i>Covariance</i>	38
4.1.4	Perhitungan <i>Beta</i> dan <i>Alpha</i> Saham	43
4.1.5	Perhitungan <i>Variance Error</i>	45
4.1.6	Perhitungan <i>Excess Return to Beta</i> (ERB)	46
4.1.7	Perhitungan <i>Cut-Off Rate</i> (C_i) dan <i>Cut-Off Point</i> (C^*).....	47
4.1.8	Perhitungan <i>Persentase</i> Proporsi Saham Optimal Terpilih.....	49
4.1.9	Perhitungan <i>Expected Return</i> dan Nilai Risiko Portofolio.....	52
4.2	Tahapan Penelitian <i>Long Short Term Memory</i> (LSTM)	57
4.2.1	Eksplorasi Data.....	57
4.2.2	Normalisasi Data	58
4.2.3	Pembagian Data.....	59
4.2.4	<i>Long Short-Term Memory</i> (LSTM).....	60

4.2.5 Model <i>Long Short-Term Memory</i> (LSTM)	62
4.2.6 Hasil Peramalan <i>Long Short-Term Memory</i> (LSTM).....	63
4.2.7 Denormalisasi Data.....	64
4.2.8 Evaluasi Hasil Peramalan	64
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1 Kesimpulan.....	65
5.2 Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN.....	71

DAFTAR GAMBAR

1.	Pola Harizontal.....	14
2.	Pola Musiman.....	14
3.	Pola Siklus.....	15
4.	Pola <i>Trend</i>	15
5.	Struktur LSTM.....	18
6.	Diagram Alir dengan Model Indeks Tunggal.....	28
7.	Diagram Alir Tahapan <i>Long Short-Term Memory</i> (LSTM).....	28
8.	Harga Saham Penutupan <i>Blue Chip</i>	31
9.	Harga Penutupan Saham BMRI.....	57
10.	Plot Pembagian Data <i>Training</i> dan Data <i>Testing</i>	59
11.	Plot Data Aktual dengan Data Peramalan.....	63

DAFTAR TABEL

1.	Kategori <i>Range</i> Nilai MAPE	23
2.	Data Harga Saham Bank Mandiri (Persero) Tbk.....	32
3.	Hasil Perhitungan <i>Return</i> Saham.....	34
4.	<i>Return</i> dan <i>Expected Return</i> Saham	35
5.	Data Harga Pasar IHSG	36
6.	<i>Return Pasar</i>	38
7.	Hasil Perhitungan <i>Return</i> Saham <i>BMRI</i>	39
8.	<i>Variance</i> Saham.....	40
9.	Hasil Perhitungan <i>Return</i> Pasar	41
10.	Hasil Perhitungan <i>Return</i> Saham dan <i>Return</i> Pasar	42
11.	Hasil <i>Covariance</i> Antara <i>Return</i> Saham dan <i>Return</i> Pasar	43
12.	<i>Beta</i> dan <i>Alpha</i> Saham.....	44
13.	<i>Variance Error</i> Dari Masing-Masing Saham	45
14.	Hasil Perhitungan <i>Excess Return To Beta</i> (ERB).....	46
15.	Hasil Perhitungan A_i , B_i , dan C_i	48
16.	Hasil Keputusan Saham Optimal.....	49
17.	Perhitungan Proporsi Saham	50
18.	Hasil Perhitungan Proporsi Saham	51
19.	Proporsi Saham Optimal Terpilih.....	52
20.	Perhitungan untuk <i>Alpha</i> Portofolio	53
21.	Perhitungan untuk <i>Beta</i> Portofolio	54
22.	Perhitungan untuk <i>Expected Return</i> Portofolio	55
23.	Hasil Perhitungan <i>Alpha</i> dan <i>Beta</i> Portofolio.....	56
24.	Deskripsi Data Harga Saham Harian <i>BMRI</i>	57
25.	Data Saham Harian Penutupan <i>BMRI</i>	58
26.	Normalisasi Data Saham <i>BMRI</i>	59
27.	<i>Fitting</i> Model Berdasarkan Data <i>Training</i>	62
28.	Hasil Peramalan dari Data <i>Testing</i>	63
29.	Hasil Denormalisasi Data	64

DAFTAR LAMPIRAN

1. Daftar Saham <i>Blue Chip</i>	71
2. Data Harga Saham Penutupan <i>Blue Chip</i>	72
3. Data Harga Pasar dan <i>Return</i> Aktiva Bebas Risiko	74
4. Data <i>Return</i> Saham (R_{it}) dan <i>Return</i> Pasar (R_{mt})	75
5. Perhitungan Antar <i>Return</i> Saham dan <i>Return</i> Pasar	77
6. <i>Covariance</i> Antar <i>Return</i> Saham dan <i>Return</i> Pasar.....	79
7. Data Harga Saham Penutupan Bank Mandiri (Persero) Tbk	81

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan ekonomi memegang peranan penting dalam indikator keberhasilan suatu negara, salah satunya pasar modal sebagai tempat berinvestasi (Suherman & Firdaus, 2021). Menurut Thirda & Widyasari (2023) berdasarkan data Kustodian Sentral Efek Indonesia (KSEI), ada sekitar 12,13 juta investor individual di pasar modal Indonesia per Desember 2023. Pada Tahun 2023 investor didominasi oleh generasi milenial berusia dibawah 30 tahun mencapai 57,04%. Rincian *persentase* investor berdasarkan kelompok umur, investor yang berusia 31 - 40 tahun berjumlah 23,27%, investor yang berusia 41 – 50 tahun berjumlah 11,36%, investor yang berusia 51 – 60 tahun berjumlah 5,44%, dan investor yang berusia 61 - 70 tahun berjumlah 2,88% (Hana dkk, 2024).

Menurut Silalahi dkk (2022) dalam berinvestasi nilai kapitalisasi pasar menjadi daya tarik bagi para investor. Nilai kapitalisasi pasar memiliki potensi pertumbuhan dalam setiap emiten. Saham yang berasal dari perusahaan dengan kapitalisasi pasar yang tinggi (*market capitalization*) dikenal sebagai saham *Blue Chip*.

Perkembangan investasi khususnya saham semakin menjanjikan, namun pada pengambilan keputusan saham dalam portofolio investor diperlukan menganalisa literasi keuangan. Menurut hasil Survei Nasional Literasi Dan Inklusi Keuangan (SNLIK) yang dilakukan oleh Otoritas Jasa Keuangan (OJK) pada Tahun 2022 menyatakan bahwa tingkat literasi keuangan mencapai 49,68%, yang artinya masih kurangnya pemahaman terhadap memilih saham pada portofolio saham (Sawitri dkk, 2023).

Pada dasarnya dalam memilih saham tidak hanya pada satu jenis saham, tetapi dapat dilakukan diversifikasi. Diversifikasi dilakukan untuk memaksimalkan tingkat keuntungan dan mengurangi risiko investasi (Huda dkk, 2022). Pendekatan yang digunakan untuk analisis portofolio saham optimal dengan Model Indeks Tunggal.

Analisis atas sekuritas dengan membandingkan *Excess Return to Beta* (ERB) dengan *cut-off point* (C^*). Saham yang memiliki ERB lebih besar dari C^* maka saham tersebut masuk kedalam kandidat portofolio saham optimal serta memiliki tingkat keuntungan yang optimal dengan risiko yang minimal, sedangkan sebaliknya yaitu jika C^* lebih besar dari ERB maka saham tidak dimasukkan dalam portofolio saham optimal (Mulyati & Murni, 2018).

Pergerakan harga saham optimal terpilih dapat diramalkan dengan menggunakan metode *Long Short-Term Memory* (LSTM). Metode LSTM salah satu pendekatan dengan *machine learning*. LSTM digunakan untuk mempertahankan dan mengingat informasi jangka panjang dan pendek, sehingga efektif dalam meramalkan kinerja harga saham.

Beberapa penelitian terdahulu yang mendasari penelitian mengenai Model Indeks Tunggal yaitu Abdullah dkk (2022) menunjukkan Model Indeks Tunggal untuk membentuk portofolio saham optimal pada masa *new normal* dengan hasil memberikan keuntungan bagi para investor. Wahyuningsih dkk (2021) menunjukkan portofolio saham optimal sebagai strategi meminimalisir risiko saham, dengan Model Indeks Tunggal dapat menjadi pertimbangan investor dalam pengambilan keputusan berinvestasi. Penelitian terdahulu yang mendasari mengenai *Long Short-Term Memory* (LSTM) yaitu Gumelar dkk (2022) menunjukkan peramalan kinerja harga saham yang menggunakan *Long Short-Term Memory* (LSTM).

Penelitian sebelumnya hanya berfokus pada penentuan portofolio saham optimal dengan menggunakan Model Indeks Tunggal. Kinerja optimal dari saham yang dipilih belum dianalisis untuk satu hari kedepan. Penelitian dengan peramalan menggunakan *Long Short-Term Memory* (LSTM) untuk kasus harga saham optimal masih jarang dilakukan. Berdasarkan keterbatasan pada penelitian sebelumnya, penelitian ini menggunakan Model Indeks Tunggal untuk penentuan portofolio saham optimal. Selain itu, penelitian ini dilengkapi dengan peramalan untuk mengetahui kinerja saham optimal yang terpilih pada satu hari kedepan. Adapun penelitian yang dilakukan dengan judul **“Penerapan Model Indeks Tunggal Dalam Menganalisis Portofolio Saham Optimal dan Peramalan Harga Saham Optimal Menggunakan *Long Short-Term Memory*”**.

1.2 Tujuan

Adapun tujuan penelitian yang ingin dicapai yaitu :

1. Menerapkan Model Indeks Tunggal untuk menganalisis portofolio saham optimal pada saham *Blue Chip*.
2. Meramalkan harga saham optimal yang terpilih pada satu hari kedepan.
3. Mengevaluasi hasil peramalan harga saham optimal yang terpilih.

1.3 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini yaitu:

1. Membentuk portofolio saham optimal *Blue Chip* dengan Model Indeks Tunggal, menggunakan data bulanan selama periode 01 Februari 2021 sampai 01 Februari 2024 sebanyak 37 data.
2. Pada tahapan selanjutnya, dilakukan peramalan harga saham optimal terpilih dengan metode *Long Short-Term Memory* menggunakan data harian selama periode 01 Februari 2021 sampai 29 Februari 2024 sebanyak 752 data.

1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Sebagai referensi pembaca tentang portofolio saham yang optimal dengan Model Indeks Tunggal dan dilanjutkan meramalkan harga saham yang telah optimal terpilih dengan metode *Long Short-Term Memory (LSTM)*.
2. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi bagi para pelaku pasar modal atau investor untuk memilih saham dalam portofolio yang optimal, serta hasil peramalan menjadi acuan dalam mengambil keputusan harga saham.
3. Sebagai kontribusi tambahan yang dapat dijadikan rujukan penelitian selanjutnya dan data yang disesuaikan dengan perencanaan eksplorasi yang sebanding.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Investasi

Menurut Paningrum (2022) bahwa investasi merupakan kegiatan penanaman modal dalam jangka waktu cukup lama, sehingga dapat memperoleh keuntungan di masa depan. Berinvestasi dapat membatu pertumbuhan ekonomi Indonesia. Investasi didasari adanya kebutuhan masa depan, serta untuk melindungi aset yang dimiliki dan adanya keinginan menambah nilai aset.

Investasi memiliki banyak jenis yang secara sederhana dapat dibagi menjadi dua, yakni *fixed asset* dan *paper asset*. Bentuk *fixed asset* berwujud seperti bangunan, kendaraan, tanah, ataupun barang berharga lainnya. Pada bentuk *paper asset* berwujud seperti reksadana, obligasi, dan termasuk saham yang diperdagangkan pada pasar modal (Gunadi & Widyatama, 2021).

2.2 Investor

Investor merupakan individu yang menempatkan sejumlah dana pada sebuah aset dengan harapan mendapat keuntungan di masa depan (Budiman dkk, 2023). Seorang investor diperlukan mengetahui risiko sebelum melakukan investasi. Investor seringkali kurang memperhatikan tingkat risiko yang mungkin akan dihadapi kedepan.

Menurut Paningrum (2022) investor harus mengenal risiko dalam investasi selain keuntungan. Bentuk risiko investasi terbagi menjadi dua jenis, yaitu risiko sistematis (*systematic risk*) dan risiko tidak sistematis (*unsystematic risk*). Pada risiko sistematis (*systematic risk*) sebagai risiko yang terkait dengan faktor makroekonomi mempengaruhi pasar secara luas, sehingga tidak dapat dilakukan diversifikasi sepenuhnya untuk melindungi nilai terhadap risiko tertentu. Pada risiko tidak sistematis (*unsystematic risk*) sebagai risiko yang terkait dengan faktor mikroekonomi, melainkan berasal dari faktor-faktor internal perusahaan atau industri tertentu sehingga dapat diversifikasi.

2.3 Saham

2.3.1 Pengertian Saham

Saham (*stock*) merupakan salah satu instrumen pasar modal yang banyak dipilih investor. Saham menawarkan tingkat keuntungan yang menarik. Saham sebagai tanda bukti kepemilikan suatu perusahaan atau hak modal atas perusahaan yang menerbitkan saham tersebut. Suatu individu dapat dianggap sebagai pemegang saham apabila sudah tercatat dalam buku yang disebut Daftar Pemegang Saham (DPS) (Gunadi & Widyatama, 2021).

2.3.2 Jenis-Jenis Saham

Menurut Dewi (2019) saham terbagi menjadi tiga berdasarkan tinjauannya, sebagai berikut:

1. Saham ditinjau berdasarkan kemampuan dalam hak tagih atau klaim. Saham tersebut dapat dibedakan menjadi dua bagian, sebagai berikut:
 - a. Saham biasa (*common stock*) merupakan saham yang menempatkan pemilikinya paling akhir terhadap klaim. Keuntungan akan diperoleh oleh pemegang saham biasa apabila perusahaan memperoleh laba.
 - b. Saham preferen (*preferred stock*) merupakan saham yang memiliki karakteristik gabungan (*hybrid*) antara obligasi dan saham biasa. Karakteristik obligasi dari saham preferen yang memberikan hasil tetap seperti bunga obligasi. Saham preferen biasanya memberikan pilihan tertentu atas pembagian keuntungan (*dividen*). Pembelian saham preferen menghendaki penerima *dividen* dengan besarnya tetap setiap tahun.
2. Saham ditinjau dari cara peralihan dapat dibedakan menjadi dua bagian, sebagai berikut:
 - a. Saham atas unjuk (*bearer stock*) merupakan saham yang tidak tertulis nama pemilik, sehingga mudah dipindah tangankan (*dialihkan*) kepemilikannya.
 - b. Saham atas nama (*registered stock*) merupakan saham yang ditulis dengan jelas nama pemilikinya dan cara peralihannya melalui prosedur tertentu.

3. Saham ditinjau dari kinerja perdagangan. Saham tersebut dapat dibedakan menjadi enam bagian, sebagai berikut:
 - a. Saham unggulan (*blue-chip stock*) merupakan saham biasa dari perusahaan yang memiliki reputasi tinggi, memiliki pendapatan yang stabil, dan konsisten dalam pembayaran dividen.
 - b. Saham pendapatan (*income stock*) merupakan saham dari emiten yang memiliki kemampuan membayar lebih tinggi dari rata-rata dividen. Pada emiten dari jenis saham ini, biasanya menghasilkan pendapatan yang tinggi
 - c. Saham pertumbuhan (*growth stock/well-known*) merupakan saham dari emiten yang memiliki pertumbuhan pendapatan yang tinggi di industri sejenisnya. Umumnya saham ini kurang terkenal dikalangan emiten yang sahamnya berasal daerah.
 - d. Saham spekulatif (*speculative stock*) merupakan saham dari emiten yang tidak bisa secara konsisten memperoleh pendapatan setiap tahunnya. Pada saham ini memiliki potensi pendapatan di masa depan, meskipun pendapatan tersebut belum dapat dipastikan.
 - e. Saham siklikal (*counter cyclical stock*) merupakan saham yang tidak terpengaruh atas kondisi ekonomi makro maupun situasi bisnis secara umum.
 - f. Saham bertahan (*deensive/countercyclical stock*) merupakan saham yang tidak terpengaruh ekonomi makro, maupun situs bisnis secara umum. Pada saham ini kemampuan emiten yang tinggi, sehingga dapat bertahan dengan memberikan dividen tinggi meskipun resesi keuangan.

2.4 Harga Saham

Harga saham merupakan harga yang telah ditentukan oleh permintaan dan penawaran yang bersangkutan di pasar modal (Dewi, 2019). Harga saham di pasar bursa ditentukan oleh pelaku pasar. Suatu saham mengalami kelebihan permintaan, maka harga saham cenderung naik (Seventeen & Shinta, 2021).

2.5 Portofolio

Portofolio merupakan gabungan dari dua atau lebih saham individu yang berupa instrumen aset riil, seperti pembelian aset produktif, pendirian pabrik, pembukaan tambang, pembukaan perkebunan, ataupun surat berharga pasar uang yang dimiliki oleh investor (Wulandari, 2021). Pada dasarnya portofolio bagi investor sebagai surat berharga (*financial assets*). Investor menginvestasikan dananya pada beberapa jenis saham yang biasanya disebut diversifikasi.

Portofolio dapat dikatakan instrumen yang tepat untuk memperkecil risiko dan memaksimalkan profit. Portofolio sebagai salah satu alat investor untuk memilih saham yang optimal. Bentuk portofolio terdapat dua bagian, yakni portofolio efisien dan portofolio optimal.

Portofolio efisien merupakan portofolio yang dapat memberikan tingkat keuntungan dengan tingkat risiko yang sama, dengan tingkat keuntungan ataupun sebaliknya (Mulyati & Murni, 2018). Ciri dari portofolio efisien mengasumsikan tergantung dari perilaku investor dalam mengambil keputusan investasi.

Portofolio optimal merupakan bagian dari portofolio efisien, sebagaimana dikombinasikan dari risiko dan tingkat keuntungan terbaik (Mulyati & Murni, 2018). Investor dalam memilih saham dalam sebuah portofolio dapat dengan membentuk seperti portofolio optimal sebelum membuat keputusan.

2.6 Portofolio Saham Optimal

Portofolio saham optimal merupakan portofolio saham yang dipilih oleh investor dari beberapa kumpulan portofolio efisien terhadap tingkat keuntungan maupun risiko (Setyawan, 2017). Suatu portofolio dianggap optimal apabila memberikan tingkat keuntungan yang diharapkan, serta dengan risiko yang sama atau bahkan dapat memberikan risiko terkecil. Kunci memilih portofolio saham optimal sangat tergantung pada ketepatan investor dalam membaca serta mencermati kinerja pasar.

2.7 Model Indeks Tunggal

2.7.1 Pengertian Model Indeks Tunggal

Model Indeks Tunggal merupakan sebuah metode dalam mengukur nilai *return* dan risiko portofolio. Model Indeks Tunggal didasarkan pada pengamatan harga suatu sekuritas berfluktuasi searah dengan indeks pasar. Asumsi yang mendasari model ini yaitu adanya korelasi antara *return* saham dengan *return* pasar (Mingka & Lubis, 2023). Model Indeks Tunggal sebagai proses pembentukan portofolio optimal. Pada metode ini, investor dapat memaksimalkan *return* dengan harapan risiko terkecil dari investasi (Priyantono dkk, 2023).

2.7.2 Return dan Expected Return Saham

Return saham merupakan tingkat pengembalian atas investasi yang diperoleh investor, jika mendapatkan laba disebut *capital gain* dan jika mengalami rugi disebut *capital loss*, dengan rumus berikut (Wahyuningsih dkk, 2021).

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

Keterangan :

R_{it} = *Return* dari saham i pada periode ke- t

P_t = Harga saham i pada periode ke- t

P_{t-1} = Harga saham i periode ke- $t-1$

Expected return saham merupakan imbal hasil yang diharapkan oleh investor dari investasi yang dilakukannya, dengan rumus berikut (Wahyuningsih dkk, 2021).

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

Keterangan :

$E(R_i)$ = *Expected return* saham i

n = Banyaknya data

2.7.3 Return dan Expected Return Pasar

Return pasar (*market return*) merupakan tingkat pengembalian investasi dari seluruh saham yang ada di bursa efek Indonesia (BEI), dengan rumus berikut (Pratiwi, 2023).

$$R_{mt} = \frac{IHSG_t - IHSG_{t-1}}{IHSG_{t-1}} \quad (3)$$

Keterangan :

R_{mt} = *Return* pasar periode ke- t

$IHSG_t$ = Indeks pasar sekarang periode ke- t

$IHSG_{t-1}$ = Indeks pasar periode sebelumnya periode ke- $t-1$

Expected return pasar (*expected market return*) merupakan *return* yang diharapkan oleh investor yang dihasilkan oleh pasar untuk kedepannya, dengan rumus berikut (Wahyuningsih dkk, 2021).

$$E(R_m) = \frac{\sum_{t=1}^n R_{mt}}{n} \quad (4)$$

Keterangan :

$E(R_m)$ = *Expected return* pasar

n = Banyaknya data

2.7.4 Variance dan Covariance

Variance return merupakan pengukur risiko yang mengukur selisih antara *expected return* dengan *return*, dihitung dengan rumus berikut (Pratiwi, 2023).

$$\sigma_i^2 = \frac{\sum_{t=1}^n (R_{it} - E(R_i))^2}{n} \quad (5)$$

$$\sigma_m^2 = \frac{\sum_{t=1}^n (R_{mt} - E(R_m))^2}{n} \quad (6)$$

Keterangan :

σ_i^2 = *Variance* saham i

σ_m^2 = *Variance* pasar

Covariance antar *return* saham dan *return* pasar menunjukkan *return* dari saham dan pasar memiliki kecenderungan bergerak bersama, dengan rumus berikut (Wahyuningsih dkk, 2021).

$$\sigma_{i,m} = \frac{\sum_{t=1}^n (R_{it} - E(R_i)) (R_{mt} - E(R_m))}{n} \quad (7)$$

Keterangan :

$\sigma_{i,m}$ = *Covariance* antar *return* saham *i* dan *return* pasar

$E(R_i)$ = *Expected return* saham

2.7.5 *Variance Error Model Indeks Tunggal*

Alpha merupakan variabel yang tidak dipengaruhi *return* pasar. *Beta* merupakan pengukur risiko dari suatu saham atau portofolio terhadap risiko pasar, dengan rumus berikut (Mingka & Lubis, 2023).

$$\beta_i = \frac{\sigma_{i,m}}{\sigma_m^2} \quad (8)$$

$$\alpha_i = E(R_i) - (\beta_i \cdot E(R_m)) \quad (9)$$

Keterangan :

β_i = *Beta* saham ke-*i*

α_i = *Alpha* saham ke-*i*

Variance error merupakan variabel yang menunjukkan besar risiko saat tidak sistematis (*unsystematic risk*) yang terjadi dalam perusahaan, dengan rumus berikut (Zulfiani, 2018).

$$\sigma_{ei}^2 = \beta_i^2 \cdot \sigma_m^2 + \sigma_i^2 \quad (10)$$

Keterangan :

σ_{ei}^2 = *Variance error*

β_i^2 = *Beta* saham ke-*i* yang dikuadratkan

2.7.6 Portofolio Saham Optimal Berdasarkan Model Indeks Tunggal

Model Indeks Tunggal merupakan teknik dalam menganalisis portofolio saham optimal. Model ini didasarkan pada pengamatan harga dari suatu sekuritas, dengan mengukur berdasarkan return dan risiko dari saham atau portofolio. Model ini dapat berfluktuasi searah dengan indeks harga pasar dalam penentuan pada nilai *Excess Return To Beta* (ERB) dan *cut-off point* (C^*) (Mingka & Lubis, 2023).

Perhitungan *return* bebas risiko (R_{br}) sebagai konfersi dari BI *rate* bulanan ke mingguan, maupun dari BI *rate* tahunan ke bulanan. Besarnya R_{br} merupakan suku bunga rata-rata selama periode analisis (Huda dkk, 2022).

Excess return to beta (ERB) menunjukkan hubungan antara dua faktor penentu investasi yaitu *return* dan risiko. Nilai ERB dijadikan dasar untuk menentukan suatu saham dapat dimasukkan ke dalam portofolio optimal, dengan rumus berikut (Pratiwi, 2023).

$$ERB = \frac{E(R_i) - R_{br}}{\beta_i} \quad (11)$$

Keterangan :

ERB = *Excess return to beta* saham

R_{br} = *Return* bebas risiko

Perhitungan A_i dan B_i untuk menghitung *cut-off point* (C^*) dari setiap saham kandidat ke- i , dengan rumus berikut (Mingka & Lubis, 2023).

$$A_i = \frac{[E(R_i) - R_{br}] \cdot \beta_i}{\sigma_{ei}^2} \quad (12)$$

$$B_i = \frac{\beta_i^2}{\sigma_{ei}^2} \quad (13)$$

Cut-off point (C^*) merupakan perbandingan antara varian *return* pasar dengan sensitivitas *return* saham individu terhadap *variance error* saham. Titik batas yang digunakan untuk menentukan suatu saham dapat dimasukkan kedalam portofolio atau tidak dimasukkan dalam portofolio (Mingka & Lubis, 2023).

Menurut Wahyuningsih dkk (2021) nilai *cut-off point* (C^*) adalah maksimal dari C_i . Apabila hasil perhitungan $ERB \geq C^*$ maka saham tersebut masuk kedalam

kandidat portofolio optimal, sedangkan sebaliknya jika $ERB < C^*$ maka saham tidak dimasukkan dalam portofolio optimal. Rumus yang digunakan pada persamaan (14).

$$C_i = \frac{\sigma_m^2 \cdot A_i}{1 + \sigma_m^2 \cdot B_i} \quad (14)$$

Keterangan :

$$C_i = \text{Cut-off rate ke-}i$$

$$\sigma_m^2 = \text{Variance pasar}$$

2.7.7 Portofolio Optimal Menggunakan Model Indeks Tunggal

Model Indeks Tunggal digunakan dalam menganalisis portofolio saham optimal, setelah diperhitungkan saham optimal dalam sebuah portofolio dilanjutkan perhitungan *persentase* proporsi masing-masing saham terpilih berdasarkan rumus berikut (Wahyuningsih dkk, 2021).

$$Z_i = \frac{\beta_i}{\sigma_{ei}^2} (ERB - C^*) \quad (15)$$

$$W_i = \frac{Z_i}{\sum Z_i} \quad (16)$$

Keterangan :

$$W_i = \text{Persentase proporsi saham}$$

$$Z_i = \text{Proporsi saham}$$

Perhitungan nilai *alpha* dan *beta* portofolio, menggunakan rumus berikut (Mingka & Lubis, 2023).

$$\alpha_p = \sum_{t=1}^n W_i \cdot \alpha_i \quad (17)$$

$$\beta_p = \sum_{t=1}^n W_i \cdot \beta_i \quad (18)$$

Keterangan :

$$\alpha_p = \text{Alpha portofolio}$$

$$\beta_p = \text{Beta portofolio}$$

Expected return portofolio $E(R_p)$ merupakan rata-rata tertimbang dari *return* individual saham, dengan rumus berikut (Mingka & Lubis, 2023).

$$E(R_p) = \alpha_p + \beta_p \cdot E(R_m) \quad (19)$$

Keterangan :

$E(R_p)$ = *Expected return* portofolio

$E(R_m)$ = *Expected return* pasar

α_p = *Alpha* portofolio

β_p = *Beta* portofolio

Risiko portofolio merupakan *variance return* sekuritas yang membentuk portofolio, dengan rumus berikut (Mingka & Lubis, 2023).

$$\sigma_p^2 = \beta_p^2 \cdot \sigma_m^2 + (\sum_{t=1}^n W_i \cdot \sigma_{ei}^2)^2 \quad (20)$$

Keterangan :

σ_p^2 = Risiko portofolio

$W_i \cdot \sigma_{ei}^2$ = Rata-rata tertimbang risiko perusahaan

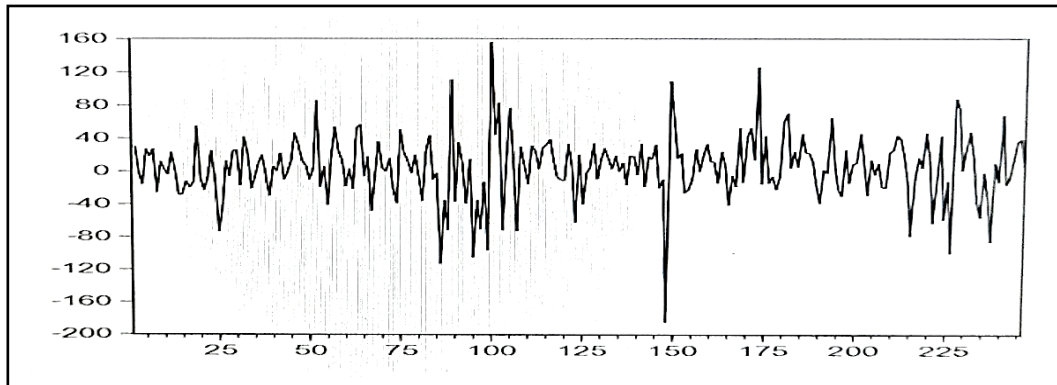
2.8 Analisis Deret Waktu

Menurut Ardianto dkk (2019) analisis deret waktu merupakan suatu representasi dari data masa lampau untuk meramalkan masa depan. Analisis deret waktu menempatkan berdasarkan waktu secara terurut dengan interval waktu. Membuat asumsi deret waktu bahwa masa depan terjadi dengan menggunakan data masa lalu untuk dilakukan peramalan. Analisis deret waktu yang tepat dengan mempertimbangkan jenis pola data. Pola data yang sesuai dengan data tersebut akan dapat dilakukan pengujian lanjutan.

Pola deret waktu dapat dibedakan menjadi empat pola, sebagai berikut:

1. Pola Horizontal

Pola data horizontal ditandai dengan data berfluktuasi di sekitar rata-rata secara konstan, dengan kata lain stasioner terhadap nilai rata-ratanya. Pola horizontal digambarkan pada Gambar 1.



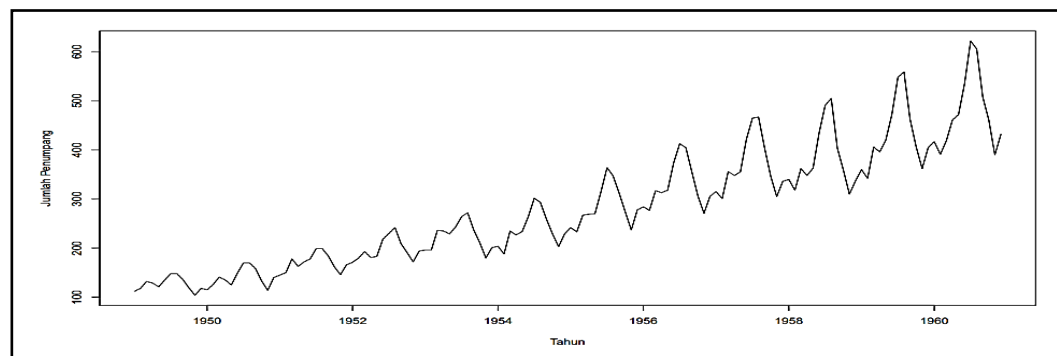
Sumber: Juanda & Junaidi, 2021

Gambar 1. Pola Horizontal

Berdasarkan Gambar 1 menunjukkan tidak memiliki pola *trend*, musiman dan pola siklus. Plot di atas dengan Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) pada periode Januari sampai Desember 2010 tidak meningkat ataupun menurun dalam waktu tertentu.

2. Pola Musiman

Pola data musiman terjadi apabila nilai data dipengaruhi oleh faktor musiman. Pola musiman memiliki frekuensi yang tetap dapat digambarkan pada Gambar 2.



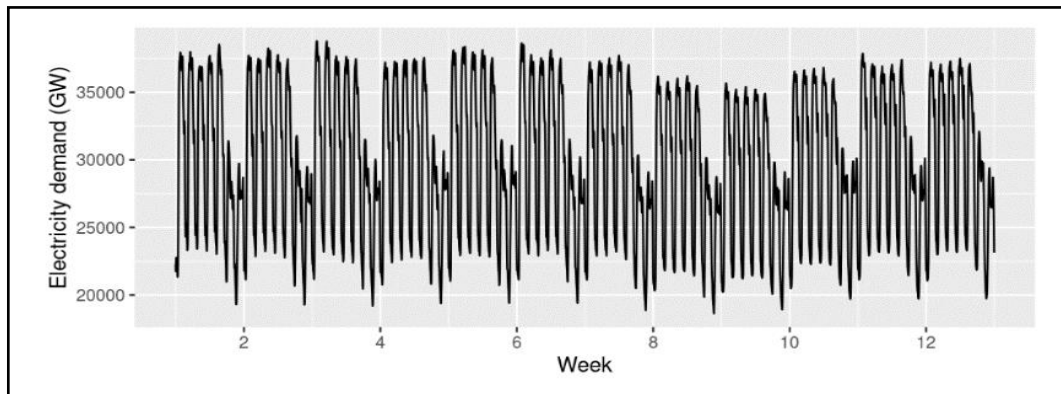
Sumber: Sumarjaya, 2016

Gambar 2. Pola Musiman

Berdasarkan Gambar 2 menunjukkan pola data yang cenderung berulang dari satu periode ke periode selanjutnya. Pola musiman seperti contoh plot di atas menunjukkan permintaan listrik setengah jam di Inggris dan Wales.

3. Pola Siklus

Pola siklus terjadi apabila data dipengaruhi fluktuasi jangka panjang. Bentuk pola ini berulang dalam interval yang tidak sama, seperti yang digambarkan pada Gambar 3.



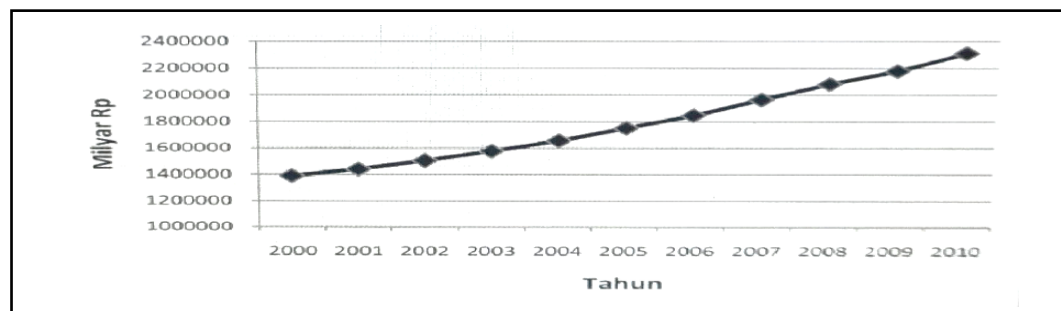
Sumber: Permata, 2023

Gambar 3. Pola Siklus

Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan pola data siklus yang memiliki frekuensi data yang tidak tetap. Pola siklus seperti plot di atas menunjukkan permintaan listrik setengah jam di Inggris dan Wales.

4. Pola *Trend*

Pola *trend* terjadi apabila kecenderungan data meningkat atau menurun selama beberapa periode, seperti yang digambarkan pada Gambar 4.



Sumber: Juanda & Junaidi, 2021

Gambar 4. Pola *Trend*

Berdasarkan Gambar 4 pola *trend* memiliki perubahan suatu variabel terhadap waktu. Pola *trend* seperti contoh plot di atas menunjukkan pola data pergerakan harian IHSG di bursa efek Indonesia periode Juli sampai Desember 2010.

2.9 Peramalan (*Forecasting*)

Menurut Wijayanti & Kartikasari (2023) peramalan (*forecasting*) merupakan kejadian di masa depan berdasarkan data historis. Peramalan berdasarkan jangka waktunya dibedakan menjadi tiga, yaitu peramalan jangka pendek (jangka waktu kurang dari tiga bulan), peramalan jangka menengah (jangka waktu tiga sampai delapan belas bulan), dan peramalan jangka panjang (jangka waktu lebih besar dari delapan belas bulan).

2.10 *Machine Learning*

Machine learning merupakan kemampuan buatan dari sebuah komputer yang terprogram secara eksplisit (Yudhawan, 2020). *Machine learning* biasa disebut *artificial intelligence* (AI). *Machine learning* menggunakan sistem kerja algoritma komputer. Menurut Yudhawan (2020) secara umum terdapat dua tipe *machine learning*, yaitu:

a. *Supervised Learning*

Supervised learning merupakan tipe yang mempunyai variabel *input* dan variabel *output*. Hasil dari *supervised learning* yaitu untuk memperkirakan fungsi pemetaan, sehingga jika terdapat *input* baru maka dapat memprediksi atau peramalan dari *output* untuk *input* baru tersebut. Metode atau algoritma dari *supervised learning* diantaranya, *naïve bayes*, *decision tree*, *k-nearest neighbor*, *neural network*, *Support Vector Regression* (SVR), dan *Long Short-Term Memory* (LSTM).

b. *Unsupervised Learning*

Unsupervised learning merupakan tipe yang hanya mempunyai variabel *input* tetapi tidak memiliki variabel *output* yang berhubungan. Hasil dari *unsupervised learning* yaitu untuk memodelkan struktur dasar dari data dengan tujuan untuk mempelajari data lebih jauh lagi. *Unsupervised learning*

dapat dikelompokkan kedalam masalah *clustering* diantaranya *k-means*, *EM clustering*, dan *spectral clustering*.

2.11 *Deep Learning*

Menurut Ningrum dkk, (2021) *deep learning* merupakan salah satu teknologi terpenting setelah internet. *Deep learning* ini dapat menggantikan posisi manusia di dalam lapangan pekerjaan. *deep learning* terdapat jenis jaringan saraf khusus yang terdiri dari beberapa lapisan.

2.12 Normalisasi dan Denormalisasi

Normalisasi data merupakan proses data aktual untuk memperoleh data yang siap untuk model peramalan. Menurut Pramesti dkk (2022) normalisasi data bertujuan untuk mendapatkan data dengan ukuran yang lebih kecil yang dapat mewakili data aktual. Normalisasi data dengan mengubah nilai data aktual dengan rentang [0,1] dengan menggunakan *MinMaxScaler*. Formulasi normalisasi disajikan pada persamaan (21).

$$X'_i = \frac{X_i - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (21)$$

Menurut Pramesti dkk (2022) denormalisasi merupakan proses pengembalian data yang telah memperoleh hasil peramalan, kemudian diubah menjadi data aktual. Denormalisasi bertujuan untuk data hasil peramalan agar lebih mudah dipahami. Formulasi denormalisasi disajikan pada persamaan (22).

$$X_i = X'_i(X_{max} - X_{min}) + X_{min} \quad (22)$$

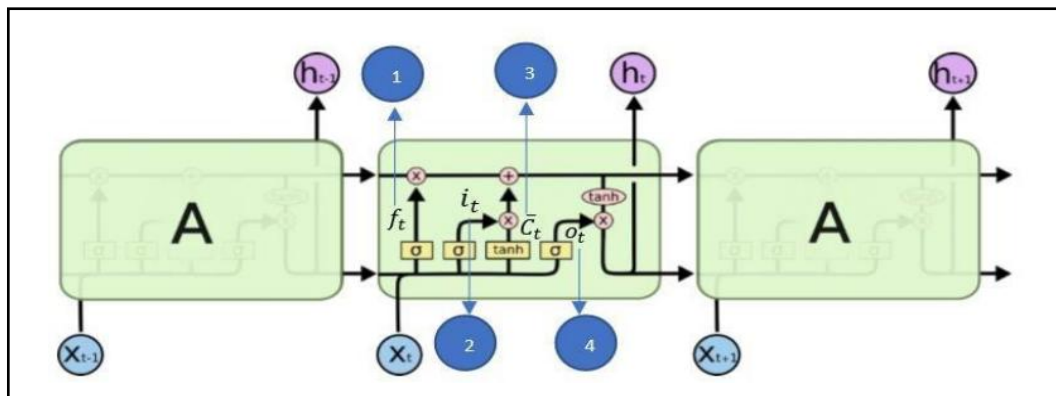
Keterangan:

- X_i = Nilai data aktual ke- i
- X'_i = Nilai hasil normalisasi
- X_{min} = Nilai minimum dari data awal
- X_{max} = Nilai maksimum dari data awal

2.13 Long Short-Term Memory (LSTM)

Menurut Nur dkk, (2023) *Long Short-Term Memory* (LSTM) merupakan pengembangan dari jenis jaringan *Recurrent Neural Network* (RNN). LSTM memiliki kemampuan untuk menyimpan pola data deret waktu dan menangani informasi dalam jangka panjang, sehingga mampu memberikan peramalan yang stabil serta efektif.

LSTM memiliki struktur *gates* yang dilalui untuk menyaring informasi serta untuk mempertahankan dan memperbaharui keadaan *memory cell*. Struktur LSTM terdapat *gates memory cell* yang dirancang untuk membaca, menyimpan dan memperbaharui informasi data, seperti yang digambarkan pada Gambar 5.



Sumber: Yotenka & Huda (2020)

Gambar 5. Struktur LSTM

Pada Gambar 5 menunjukkan proses dari struktur LSTM untuk memproses data dengan *memory* yang lebih panjang. Struktur LSTM memiliki *memory block* untuk menentukan nilai yang akan dipilih sebagai output relevan terhadap input yang diberikan. Menurut Khumaidi dan Nirmala (2022) struktur LSTM diantaranya sebagai berikut:

a. Forget gate

Forget gate (f_t) digunakan untuk menentukan informasi yang harus dihapus dari *cell state* dengan menggunakan fungsi *sigmoid*. *Forget gate* akan memproses h_{t-1} dan x_t sebagai input. Data x_t (vektor input x dalam *timestep* t) dan h_{t-1} sebagai vektor *hidden state* dalam *timestep* sebelumnya $t-1$. Output yang dihasilkan berupa angka 0 sampai 1 pada *cell state*.

Formulasi *forget gate* disajikan pada persamaan (23).

$$f_t = \sigma(W_f \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_f) \quad (23)$$

Keterangan:

f_t	=	<i>Forget gate t</i>
σ	=	Fungsi <i>sigmoid</i>
W_f	=	Nilai <i>weight</i> untuk <i>forget gate</i>
h_{t-1}	=	Nilai <i>output</i> sebelum <i>order</i> ke t
x_t	=	Nilai <i>input</i> pada <i>order t</i>
b_f	=	Nilai bias pada <i>forget gate</i>

Pada penentuan *gate* diperlukan *weight* sebagai parameter selama pelatihan. *Weight* untuk menentukan terhadap besarnya pengaruh suatu *input* atau *hidden state*, serta terhadap keputusan yang dibuat oleh *neuron*. Formulasi *weight* disajikan pada persamaan (24).

$$W = \left(-\frac{1}{\sqrt{n}}, \frac{1}{\sqrt{n}}\right) \quad (24)$$

Keterangan:

W	=	Nilai <i>weight</i>
n	=	Jumlah peubah

b. *Input gate*

Input gate i_t adalah memutuskan informasi baru yang akan disimpan di *cell state*. Pada langkah *input gate* terdapat dua bagian yang menjadi permulaan dengan menggunakan fungsi aktivasi *sigmoid*. Formulasi *input gate* disajikan pada persamaan (25).

$$i_t = \sigma(W_i \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_i) \quad (25)$$

Keterangan:

i_t	=	<i>Input gate t</i>
W_i	=	Nilai <i>weight</i> untuk <i>input gate</i>
b_t	=	Nilai bias pada <i>input gate t</i>

Langkah berikutnya *cell gate* yang membentuk kandidat dengan nilai baru. Pada langkah ini *cell gate* akan terjadi proses pergantian *memory cell* yang baru. Formulasi *cell gate* disajikan pada persamaan (26).

$$\bar{C}_t = \tanh(W_C \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_C) \quad (26)$$

Keterangan:

- \bar{C}_t = Nilai baru yang dapat ditambahkan ke *cell state t*
- W_C = Nilai *weight* untuk *cell state*
- b_C = Nilai bias pada *cell state*

Langkah berikutnya memperbaharui nilai *cell state* lama C_{t-1} menjadi *cell state* baru C_t . Nilai *cell state* baru diperoleh dari penggabungan nilai yang berada di *forget gate* serta *input gate*. Formulasi *cell state* baru disajikan pada persamaan (27).

$$C_t = f_t \cdot C_{t-1} + i_t \cdot \bar{C}_t \quad (27)$$

Keterangan:

- C_t = *Cell state t*
- C_{t-1} = *Cell state* sebelum *order* ke t
- \bar{C}_t = Nilai baru yang dapat ditambahkan ke *cell state t*

c. *Output gate*

Output gate (o_t) bertujuan untuk mengontrol banyaknya nilai yang berada di dalam *memory cell*. *Output gate* berperan mengeluarkan informasi yang relevan dari memori jangka panjang. Persamaan *output gate* dapat diformulasikan sebagai berikut.

$$o_t = \sigma(W_o \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_o) \quad (28)$$

Keterangan:

- o_t = *Output gate t*
- W_o = Nilai *weight* untuk *output gate*
- b_o = Nilai bias pada *output gate*

Langkah berikutnya setelah diperoleh nilai *output gate*, kemudian digunakan sebagai nilai keluaran *hidden state*. Hasil *hidden state* menempatkan *cell state* melalui *tanh* dengan mengalikan *output gate*. Persamaan *Hidden state* dapat diformulasikan sebagai berikut.

$$h_t = o_t \cdot \tanh(C_t) \quad (29)$$

Keterangan:

h_t = Nilai *output order t*

o_t = *Output gate t*

C_t = *Cell state t*

2.14 Komponen dan Parameter *Long Short-Term Memory (LSTM)*

Komponen dari *Long Short-Term Memory (LSTM)* memiliki beberapa parameter. Parameter dapat dilakukan sebelum melatih model. Adapun tujuannya digunakan untuk mencari hasil terbaik. Menurut Ningrum dkk, (2021) terdapat beberapa komponen dan parameter dalam LSTM, sebagai berikut:

a. *Optimizer*

Optimizer digunakan untuk meningkatkan akurasi model. *Optimizer* terdapat berbagai variasi yang dapat digunakan untuk melatih LSTM diantaranya, *adaptive moment estimation (ADAM)*, *adaptive gradient (AdaGrad)*, *namad*, *adadelta*, *adamax*, *root mean square propagation (RMSProp)*. *Optimizer Adam* yang populer digunakan untuk melatih model LSTM. *Optimizer Adam* memiliki keunggulan gabungan antara *adagrad* dan *RMSProp*.

b. *Learning rate*

Learning rate merupakan proses pelatihan yang digunakan untuk memperbaharui bobot hingga diperoleh nilai *error* terkecil. *Learning rate* menggunakan rentang dari nilai parameter berkisar pada 0 hingga 1.

c. *Layer dan neuron*

Layer merupakan sebuah lapisan tersembunyi. *Layer* dapat digunakan satu lapisan, namun dapat mencoba menggunakan dua atau lebih lapisan dalam

menyelesaikan masalah. *Neuron* memiliki kemampuan untuk menyimpan informasi dalam jangka waktu yang lama.

d. *Epoch* dan *batch size*

Epoch merupakan salah satu parameter yang seluruh datanya sudah melalui proses pelatihan dari sistem jaringan. *Batch size* merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan banyaknya jumlah sampel pada sistem jaringan.

e. *Action function*

Action function digunakan sebagai penentu *neuron* akan diaktifkan atau tidak. *Activation Function* tersedia pada library keras yaitu *tanh*, *sigmoid*, ReLu, *softplus*, dan *softsign*.

2.15 Evaluasi Hasil Peramalan

Pembentukan evaluasi dari metode *Long Short-Term Memory* (LSTM) merupakan pembentukan model terbaik untuk harga saham optimal. Tahapan evaluasi ditentukan parameter terbaik yang dapat memberikan estimasi akurat, serta tingkat kebaikan dari model terhadap nilai sebenarnya (Carnegie dan Chairani, 2023).

2.15.1 Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) merupakan perhitungan dengan persentase *error* antara nilai dari data aktual dengan nilai hasil peramalannya. Suatu model dapat dikatakan model paling *fit* ketika memiliki metrik evaluasi terkecil. Persamaan evaluasi MAPE dengan rumus berikut (Gumelar dkk, 2022).

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \quad (30)$$

Keterangan :

- y_i = Data aktual pada periode ke i
- \hat{y}_i = Data ramalan pada periode ke i
- n = Banyaknya data

Evaluasi dengan pendekatan MAPE berguna untuk mengukur ketepatan pada hasil peramalan. Interpretasi nilai evaluasi MAPE dapat dibagi kedalam empat kriteria (Yoani dkk, 2023). Kategori *range* nilai MAPE disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kategori *Range* Nilai MAPE

<i>Range</i> MAPE	Kategori
< 10%	Kemampuan model peramalan yang sangat akurat
10% - 20%	Kemampuan model peramalan yang akurat
20% - 50%	Kemampuan model peramalan yang cukup akurat
>50%	Kemampuan model peramalan yang tidak akurat

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Data

Data penelitian ini digunakan dalam dua tahapan, tahapan pertama digunakan Model Indeks Tunggal pada saham *Blue Chip*. Tahapan kedua peramalan saham optimal terpilih dengan metode *Long Short-Term Memory* (LSTM). Pada Model Indeks Tunggal berupa data harga saham bulanan *Blue Chip*. Data Model Indeks Tunggal digunakan periode 01 Februari 2021 sampai 01 Februari 2024. Data ini digunakan 41 jenis harga saham sebanyak 37 data.

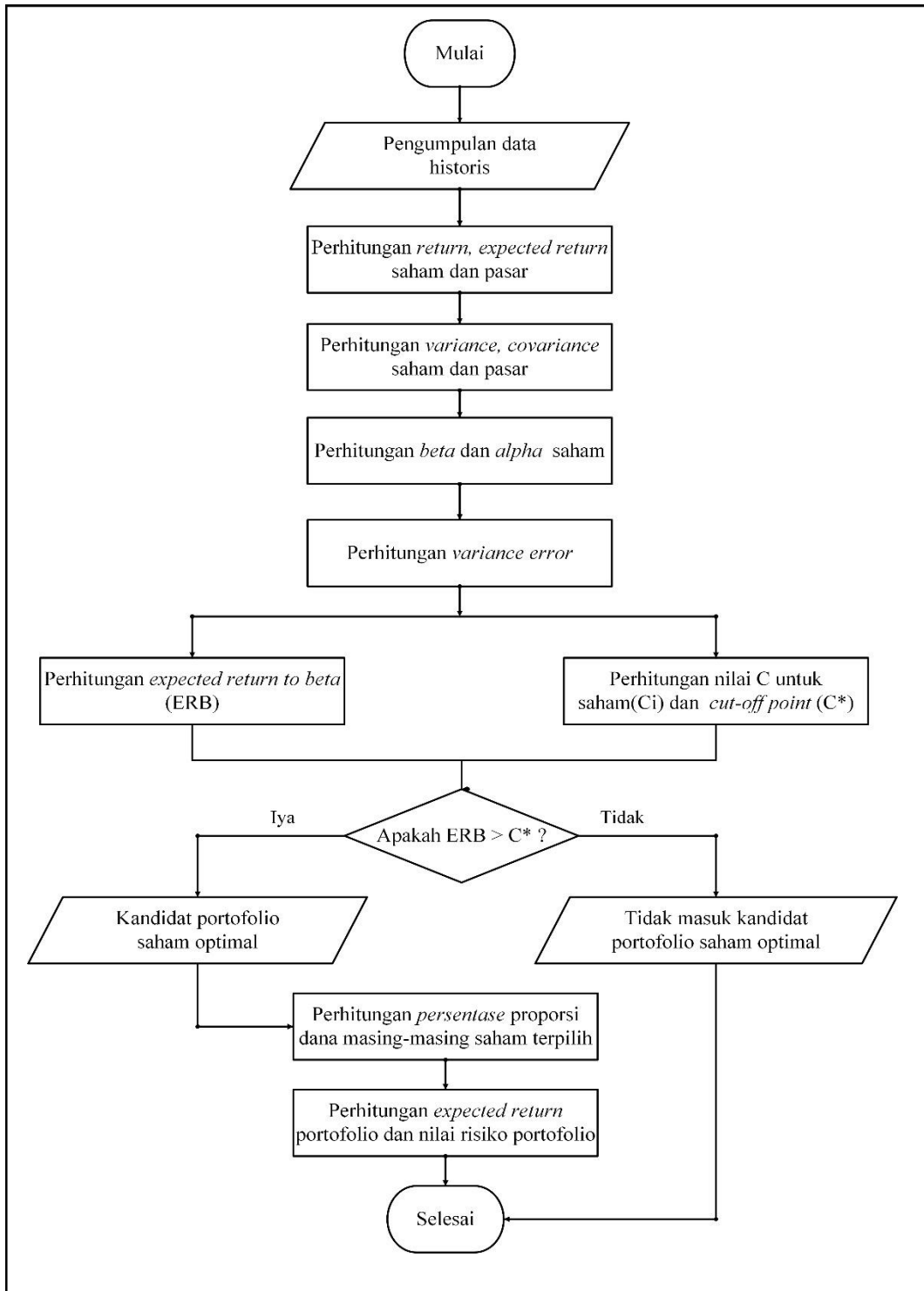
Tahapan kedua digunakan peramalan *Long Short-Term Memory* (LSTM). Data peramalan LSTM digunakan berupa harga saham harian optimal terpilih. Pada data peramalan digunakan periode 01 Februari 2021 sampai 29 Februari 2024. Data ini digunakan sebanyak 752 data. Data peramalan tersebut merupakan sebuah *big data*.

Data harga saham yang digunakan berupa data sekunder. Data tersebut diperoleh dalam situs resmi bursa efek Indonesia, yaitu www.finance.yahoo.com. Adapun data harga saham *Blue Chip* disajikan secara lengkap pada Lampiran 1 dan Lampiran 2.

3.2 Tahapan Penelitian

Rangkaian tahapan penelitian ini, secara garis besar terdiri dari dua tahapan penelitian. Adapun tahapan penelitian tersebut, yaitu pertama tahapan penelitian dengan Model Indeks Tunggal dalam menganalisis portofolio saham optimal. Kedua, tahapan peramalan pada saham terpilih. Adapun proses peramalan yang digunakan yaitu metode *Long Short-Term Memory* (LSTM). Model Indeks Tunggal dapat disajikan pada Gambar 6, serta untuk tahapan peramalan dengan metode LSTM disajikan pada Gambar 7.

3.2.1 Tahapan Penelitian dengan Model Indeks Tunggal



Gambar 6. Diagram Alir dengan Model Indeks Tunggal

Keterangan diagram alir pada Gambar 6 sebagai berikut:

1. Pengumpulan data

Data penelitian yang digunakan berupa data penutupan (*close*) harga saham bulanan *Blue Chip* pada 01 Februari 2021 sampai 01 Februari 2024, dengan 41 jenis saham sebanyak 37 data.

2. Perhitungan *return* saham, *expected return* saham, *return* pasar dan *expected return* pasar

Tahapan ini dilakukan proses perhitungan dari data penelitian pada tahapan (1). Adapun tahapannya sebagai berikut:

- a. Perhitungan *return* saham (R_{it}) digunakan persamaan (1).
- b. Hasil dari perhitungan persamaan (1) kemudian digunakan untuk perhitungan *expected return* saham ($E(R_i)$) menggunakan persamaan (2).
- c. Perhitungan *return* pasar (R_{mt}) digunakan persamaan (3).
- d. Hasil dari perhitungan persamaan (3) kemudian digunakan untuk perhitungan *expected return* pasar ($E(R_{mt})$) menggunakan persamaan (4).

3. Perhitungan *variance* saham, *variance* pasar, dan *covariance*

Tahapan ini dilakukan proses perhitungan dari data penelitian pada tahapan (2). Adapun tahapannya sebagai berikut:

- a. Perhitungan *variance* saham (σ_i^2) digunakan persamaan (5) dengan menggunakan hasil pada persamaan (1) dan (2).
- b. Perhitungan *variance* pasar (σ_m^2) digunakan persamaan (6) dengan menggunakan hasil pada persamaan (3) dan (4).
- c. Perhitungan *covariance* ($\sigma_{i,m}$) digunakan persamaan (7) dari masing-masing hasil pada persamaan (1), (2), (3), dan (4).

4. Perhitungan *Alpha* (α_i) dan *Beta* (β_i) saham

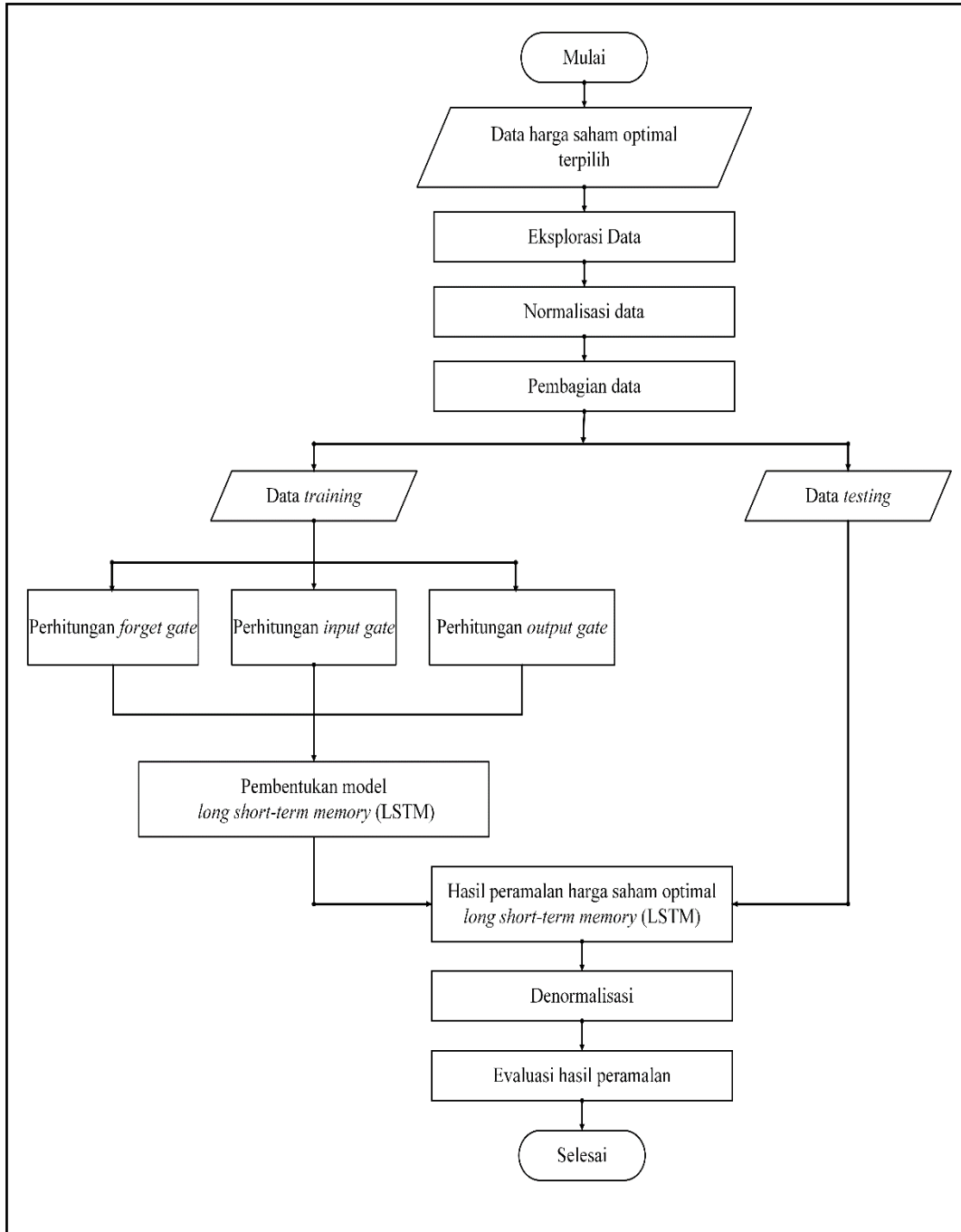
Tahapan selanjutnya dilakukan perhitungan *Alpha* saham (α_i) sebagai sebuah *intercept*. Perhitungan *Beta* saham (β_i) sebagai alat pengukur sistemik pada suatu saham terhadap risiko pasar. Adapun tahapannya sebagai berikut:

- a. Perhitungan *Beta* saham (β_i) digunakan persamaan (8) dengan menggunakan hasil perhitungan pada persamaan (7) dan (6).
- b. Perhitungan *Alpha* saham (α_i) digunakan persamaan (9) dengan menggunakan hasil perhitungan pada persamaan (2), (8), dan (4).

5. Perhitungan *variance error* (σ_{ei}^2)
 Tahapan selanjutnya dilakukan perhitungan *variance error* (σ_{ei}^2) untuk mengukur risiko kesalahan, dengan estimasi dari *expected return* menggunakan persamaan (10).
6. Perhitungan *Excess Return To Beta* (ERB)
 Pada tahapan ini dilakukan perhitungan ERB dengan menggunakan persamaan (11). Pada perhitungan ini digunakan selisih antara persamaan (2) dengan *return* aktiva bebas risiko, kemudian dibagi dengan persamaan (8). Adapun tahapan selanjutnya untuk dapat ditentukan kategori saham optimal dengan perhitungan sebagai berikut:
 - a. Perhitungan titik batasan (A_i) digunakan persamaan (12).
 - b. Perhitungan titik batasan (B_i) digunakan persamaan (13).
 - c. Perhitungan *cut-off rate* (C_i) digunakan persamaan (14). Setelah dilakukan hasil perhitungan persamaan (14) dapat ditentukan kandidat saham optimal. Jika nilai ERB > C^* maka dapat dikategorikan sebagai kandidat saham optimal. Jika nilai ERB < C^* maka dapat dikategorikan sebagai bukan kandidat saham optimal.
7. Perhitungan *persentase* proporsi dana saham optimal
 - a. Perhitungan proporsi saham optimal (Z_i) digunakan persamaan (15).
 - b. Perhitungan *persentase* proporsi saham optimal (W_i) digunakan persamaan (16) dengan perhitungan masing-masing saham optimal dari hasil persamaan (15) dibagi dengan nilai keseluruhan dari persamaan (15).
8. Perhitungan *expected return* portofolio dan nilai risiko portofolio
 Pada tahapan ini untuk mengukur *return* setiap saham optimal dalam portofolio serta mengetahui risiko portofolio saham optimal. Adapun tahapannya sebagai berikut:
 - a. Perhitungan *Alpha* portofolio (α_p) dapat digunakan dengan persamaan (17).
 - b. Perhitungan *Beta* portofolio (β_p) dapat digunakan dengan persamaan (18).
 - c. Perhitungan *expected return* portofolio ($E(R_p)$) dapat digunakan persamaan (19). Pada perhitungan ini menggunakan persamaan (17), (18), dan (4).
 - d. Perhitungan risiko portofolio (σ_p^2) dapat digunakan dengan persamaan (20).

3.2.2 Tahapan Peramalan *Long Short-Term Memory* (LSTM)

Diagram alir tahapan peramalan menggunakan *Long Short-Term Memory* (LSTM) ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram Alir *Long Short-Term Memory* (LSTM)

Keterangan diagram alir tahapan penelitian pada Gambar 7 sebagai berikut:

1. Data harga saham terpilih

Data penelitian yang digunakan berupa data harian harga saham optimal terpilih yakni saham dari Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI). Data saham BMRI pada periode 01 Februari 2021 sampai 29 Februari 2024 sebanyak 752 data.

2. Eksplorasi data

Pada tahapan ini dilakukan untuk analisis data harga saham harian sebagai data peramalan dalam bentuk plot.

3. Normalisasi data

Pada tahap ini dilakukan normalisasi data untuk mengubah data aktual menjadi bentuk data *input*, dengan menggunakan persamaan (21).

4. Pembagian data *training* dan data *testing*

Pada tahapan berikutnya dilakukan pembagian data dengan dibagi kedalam proporsi 70% data *training* 30% data *testing*.

5. Pembentukan model *Long Short-Term Memory* (LSTM)

Pada tahap ini dilakukan pembentukan model *Long Short-Term Memory* (LSTM). LSTM digunakan data *training* untuk mendapatkan hasil terbaik. Struktur model LSTM diperhitungkan yang berbetuk sebuah *gates*. Struktur tersebut sebagai berikut:

a. Perhitungan *forget gate* digunakan persamaan (23).

b. Perhitungan *weight* digunakan persamaan (24).

c. Perhitungan *input gate* digunakan persamaan (25).

i. Perhitungan *cell gate* digunakan persamaa (26).

ii. Perhitungan *cell state* digunakan persamaan (27).

d. Perhitungan *output gate* digunakan persamaan (28).

i. Perhitungan nilai *output* digunakan persamaan (29)

6. Hasil peramalan harga saham optimal *Long Short-Term Memory* (LSTM)

Pada tahap ini dihasilkan peramalan data kinerja harian harga saham optimal terpilih. Pada tahap ini diperoleh dari data *testing* serta hasil peramalan LSTM.

7. Denormalisasi data

Pada tahap ini dilakukan untuk mengubah kembali menjadi data aktual dengan menggunakan denormalisasi. Adapun diformulasikan dengan persamaan (22).

8. Evaluasi hasil peramalan

Setelah dilakukan proses peramalan, tahapan selanjutnya dilakukan proses evaluasi kinerja peramalan tersebut. Hasil evaluasi menunjukkan akurasi dari kinerja peramalan tersebut. Penentuan akurasi peramalan berdasarkan dengan menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Adapun diformulasikan dengan persamaan (30). Hasil perhitungan tersebut menjadi tolak ukur keakuratan model *Long Short-Term Memory* (LSTM).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

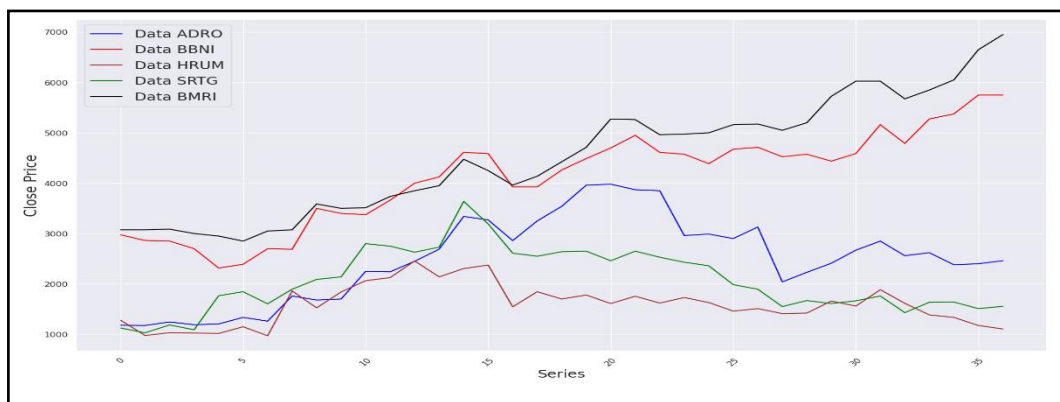
Pada penelitian ini dilakukan dua tahapan penelitian, yaitu tahapan penelitian saham optimal menggunakan Model Indeks Tunggal, serta kinerja harga saham optimal terpilih menggunakan peramalan *Long Short-Term Memory* (LSTM).

4.1 Tahapan Penelitian Model Indeks Tunggal

Tahapan penelitian pada penentuan portofolio saham optimal dengan menggunakan Model Indeks Tunggal. Pada tahapan ini dilakukan pembentukan portofolio saham yang optimal.

4.1.1 Deskripsi Data Model Indeks Tunggal

Data dalam penelitian ini berupa saham *Blue Chip*. Data historis yang digunakan untuk Model Indeks Tunggal berupa harga penutupan saham bulanan sebanyak 41 saham. Periode harga saham bulanan yang digunakan pada 01 Februari 2021 sampai dengan 01 Februari 2024. Data saham dan data harga saham *Blue Chip* dapat pada Lampiran 1 dan Lampiran 2. Harga pasar dan *return* aktiva bebas risiko (R_{br}) terdapat pada Lampiran 3. Adapun plot harga saham penutupan *Blue Chip* disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Harga Saham Penutupan *Blue Chip*

Berdasarkan Gambar 8 menunjukkan harga saham penutupan *Blue Chip* memiliki data yang berfluktuasi, sehingga mengalami kenaikan dan penurunan harga saham.

4.1.2 Perhitungan *Return* dan *Expected Return* Saham dan Pasar

Perhitungan *return* saham dan pasar terhadap tingkat kinerja saham ataupun pasar. Perhitungan selanjutnya *expected return* saham dan pasar dilakukan untuk sebagai tingkat keuntungan terhadap suatu masing-masing saham ataupun pasar. Pada perhitungan *return* dan *expected return* saham dan pasar sebagai berikut:

a. Perhitungan *return* saham (R_{it})

Pada perhitungan *return* saham dengan menggunakan 41 jenis saham yang sebanyak 37 data bulanan. Adapun diilustrasikan data harga saham dari Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI) disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Harga Saham Bank Mandiri (Persero) Tbk

No	Tanggal	Data Saham BMRI
1	1 Februari 2021	3075
2	1 Maret 2021	3075
3	1 April 2021	3087,5
4	1 Mei 2021	3000
5	1 Juni 2021	2950
6	1 Juli 2021	2850
7	1 Agustus 2021	3050
8	1 September 2021	3075
9	1 Oktober 2021	3587,5
:	:	:
36	1 Januari 2021	6650
37	1 Februari 2021	6950

Dalam perhitungan *return* untuk Tabel 2 digunakan persamaan (1). Berdasarkan Tabel 2 ini ditentukan harga saham sekarang disimbolkan P_t dan harga saham dari periode sebelumnya disimbolkan P_{t-1} .

Perhitungan *return* dari masing masing saham yang diilustrasikan dengan suatu saham yaitu pada saham Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI). Adapun perhitungannya sebagai berikut:

1. Perhitungan $R_{BMRI, Maret 2021}$

Perhitungan *return* saham BMRI pada Maret periode 2021 disimbolkan dengan $R_{BMRI, Maret 2021}$. Adapun perhitungannya digunakan persamaan (1). Hasil perhitungan *return* saham BMRI sebagai berikut :

$$R_{it} = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}}$$

$$R_{BMRI, Maret\ 2021} = \frac{P_{Maret\ 2021} - P_{Februari\ 2021}}{P_{Februari\ 2021}}$$

$$R_{BMRI, Maret\ 2021} = \frac{3075 - 3075}{3075} = 0$$

Berdasarkan hasil perhitungan $R_{BMRI, Maret\ 2021}$ diperoleh sebesar 0 (nol). Hasil perhitungan kinerja dari harga saham tidak mengalami peningkatan ataupun penurunan pada bulan Maret 2021.

2. Perhitungan $R_{BMRI, April\ 2021}$

Perhitungan *return* saham BMRI pada April periode 2021 disimbolkan dengan $R_{BMRI, April\ 2021}$. Adapun perhitungannya digunakan persamaan (1).

Hasil perhitungan *return* saham BMRI sebagai berikut :

$$R_{it} = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}}$$

$$R_{BMRI, April\ 2021} = \frac{P_{April\ 2021} - P_{Maret\ 2021}}{P_{Maret\ 2021}}$$

$$R_{BMRI, April\ 2021} = \frac{3087,5 - 3075}{3075} = 0,0041$$

Berdasarkan hasil perhitungan $R_{BMRI, April\ 2021}$ diperoleh sebesar 0,0041. Hasil perhitungan kinerja dari harga saham mengalami peningkatan kinerja sebesar 0,0041 pada bulan April 2021.

3. Perhitungan $R_{BMRI, Mei\ 2021}$

Perhitungan *return* BMRI pada Mei periode 2021 disimbolkan dengan $R_{BMRI, Mei\ 2021}$. Adapun perhitungannya digunakan persamaan (1). Hasil perhitungan *return* saham BMRI sebagai berikut :

$$R_{it} = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}}$$

$$R_{BMRI, Mei\ 2021} = \frac{P_{Mei\ 2021} - P_{April\ 2021}}{P_{April\ 2021}}$$

$$R_{BMRI, Mei\ 2021} = \frac{3000 - 3087,5}{3087,5} = -0,0283$$

Hasil perhitungan dari $R_{BMRI, Mei\ 2021}$ diperoleh sebesar -0,0283. Hasil tersebut berarti kinerja dari harga saham mengalami penurunan peningkatan kinerja sebesar -0,0283 pada bulan Mei 2021.

Tahapan selanjutnya perhitungan dari *expected return* saham yang diilustrasikan dengan saham Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI).

b. Perhitungan *expected return* saham $E(R_i)$

Pada perhitungan *expected return* saham dengan menggunakan 41 jenis saham yang sebanyak 37 data bulanan. Adapun hasil perhitungan *return* saham yang diilustrasikan data harga saham dari Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI) disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan *Return* Saham

No	Tanggal	$R_{BMRI\ t}$
1	1 Februari 2021	
2	1 Maret 2021	0
3	1 April 2021	0.004065
4	1 Mei 2021	-0.02834
5	1 Juni 2021	-0.01667
6	1 Juli 2021	-0.0339
7	1 Agustus 2021	0.070175
8	1 September 2021	0.008197
9	1 Oktober 2021	0.166667
⋮	⋮	⋮
36	1 Januari 2021	0.099174
37	1 Februari 2021	0.045113

Dalam hasil perhitungan *return* untuk Tabel 3 digunakan untuk tahapan selanjutnya dengan persamaan (2). Berdasarkan Tabel 3 ini ditentukan *return* saham yang disimbolkan R_{it} dan banyaknya data disimbolkan dengan n .

Perhitungan *expected return* dari masing masing saham yang diilustrasikan dengan satu saham yaitu pada saham Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI). Adapun perhitungannya sebagai berikut:

$$E(R_i) = \frac{\sum_{t=1}^n R_{it}}{n}$$

$$E(R_{BMRI}) = \frac{R_{Maret\ 2021} + R_{April\ 2021} + R_{Mei\ 2021} + \dots + R_{Februari\ 2024}}{36}$$

$$E(R_{BMRI}) = \frac{0 + 0,0041 + (-0,0283) + \dots + (0,0451)}{36} = 0,0243$$

Pada perhitungan *expected return* dari saham BMRI diperoleh sebesar 0,0243 yang artinya tingkat keuntungan yang diharapkan pada saham BMRI sebesar 0,0243. Pada hasil perhitungan *return* dan *expected return* dari masing-masing saham disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. *Return dan Expected Return Saham*

No	Kode Saham	R_i	$E(R_i)$	No	Kode Saham	R_i	$E(R_i)$
1	ACES	-0,4210	-0,0117	22	INDY	0,2290	0,0064
2	ADRO	1,0539	0,0293	23	INKP	-0,3284	-0,0091
3	AKRA	1,0289	0,0286	24	INTP	-0,2265	-0,0063
4	AMRT	1,1764	0,0327	25	ITMG	1,0714	0,0298
5	ANTM	-0,4965	-0,0138	26	KLBF	0,0645	0,0018
6	ARTO	-0,2291	-0,0064	27	MAPI	1,0961	0,0304
7	ASII	0,0681	0,0019	28	MDKA	0,1513	0,0042
8	BBCA	0,4049	0,0112	29	MEDC	0,9796	0,0272
9	BBNI	0,7771	0,0216	30	PGAS	-0,0730	-0,0020
10	BBRI	0,2777	0,0077	31	PTBA	0,1562	0,0043
11	BBTN	-0,3961	-0,0110	32	SCMA	-0,7416	-0,0206
12	BMRI	0,8757	0,0243	33	SIDO	-0,3443	-0,0096
13	BRIS	-0,0017	-0,00005	34	SMGR	-0,3606	-0,0100
14	BRPT	0,1978	0,0055	35	SRTG	0,7046	0,0196
15	CPIN	-0,1987	-0,0055	36	TBIG	-0,0184	-0,0005
16	EMTK	-1,0159	-0,0282	37	TLKM	0,1787	0,0050
17	EXCL	0,2041	0,0057	38	TOWR	-0,2690	-0,0075
18	GGRM	-0,4098	-0,0114	39	TPIA	1,1269	0,0313
19	HRUM	0,4371	0,0121	40	UNTR	0,2010	0,0056
20	ICBP	0,3606	0,0100	41	UNVR	-0,6612	-0,0184
21	INDF	0,0794	0,0022				

Berdasarkan Tabel 4, jumlah *return* dan *expected return* saham di atas yang memiliki *expected return* saham bernilai positif terdapat 24 saham. Saham dengan nilai *expected return* bernilai positif terdapat pada saham berikut, yakni ADRO, AKRA, AMRT, ASII, BBCA, BBNI, BBRI, BMRI, BRPT, EXCL, HRUM, IVBP, INDF, INDY, ITMG, KLBF, MAPI, MDKA, MEDC, PTBA, SRTG, TLKM, TPIA, dan UNTR. Hasil *expected return* 24 saham tertinggi berada pada saham sumber alfaria trijaya Tbk (AMRT) sebesar 0,0327 yang artinya kemungkinan untuk memberikan keuntungan tertinggi bagi para investor. Nilai *expected return* saham terendah berada pada saham Kalbe Farma Tbk (KLBF) sebesar 0,0018.

c. Perhitungan *return* pasar (R_{mt})

Pada perhitungan *return* pasar dari data Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) sebanyak 37 data bulanan. Adapun *return* pasar yang diilustrasikan data Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Data Harga Pasar IHSG

No	Tanggal	$IHSG_t$
1	1 Februari 2021	6241,80
2	1 Maret 2021	5985,522
3	1 April 2021	5995,616
4	1 Mei 2021	5947,463
5	1 Juni 2021	5985,489
6	1 Juli 2021	6070,039
7	1 Agustus 2021	6150,299
8	1 September 2021	6286,943
9	1 Oktober 2021	6591,346
⋮	⋮	⋮
36	1 Januari 2021	7207,941
37	1 Februari 2021	7335,545

Pada data harga pasar IHSG Tabel 5 digunakan persamaan (3). Berdasarkan Tabel 5 ini ditentukan harga pasar sekarang disimbolkan $IHSG_t$ dan harga pasar dari periode sebelumnya disimbolkan $IHSG_{t-1}$.

Perhitungan *return* dari pasar yang diilustrasikan dengan data Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG). Adapun perhitungannya sebagai berikut:

1. Perhitungan $R_{m, \text{Maret 2021}}$

Perhitungan *return* pasar yakni dengan diilustrasikan Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG). Perhitungan *return* pasar pada Maret periode 2021 disimbolkan dengan $R_{m, \text{Maret 2021}}$. Adapun perhitungannya digunakan persamaan (3). Hasil perhitungannya *return* pasar sebagai berikut :

$$R_{mt} = \frac{IHSG_t - IHSG_{t-1}}{IHSG_{t-1}}$$

$$R_{m, \text{Maret 2021}} = \frac{IHSG_{\text{Maret 2021}} - IHSG_{\text{Februari 2021}}}{IHSG_{\text{Februari 2021}}}$$

$$R_{m, \text{Maret 2021}} = \frac{5985,52 - 6241,80}{6241,80} = -0,0411$$

Hasil perhitungan dari $R_{m, \text{Maret } 2021}$ diperoleh sebesar -0,0411. Hasil tersebut berarti mengalami penurunan kinerja dari IHSG sebesar -0,0411.

2. Perhitungan $R_{m, \text{April } 2021}$

Perhitungan *return* pasar yakni dengan diilustrasikan Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG). Perhitungan *return* pasar pada April periode 2021 disimbolkan dengan $R_{m, \text{April } 2021}$. Adapun perhitungannya digunakan persamaan (3). Hasil perhitungannya *return* pasar sebagai berikut :

$$R_{mt} = \frac{IHSG_t - IHSG_{t-1}}{IHSG_{t-1}}$$

$$R_{m, \text{April } 2021} = \frac{IHSG_{\text{April } 2021} - IHSG_{\text{Maret } 2021}}{IHSG_{\text{Maret } 2021}}$$

$$R_{m, \text{April } 2021} = \frac{5995,62 - 5985,52}{5985,52} = 0,0017$$

Hasil perhitungan dari $R_{m, \text{April } 2021}$ diperoleh sebesar 0,0017. Hasil tersebut berarti mengalami kenaikan kinerja dari IHSG sebesar 0,0017.

3. Perhitungan $R_{m, \text{Mei } 2021}$

Perhitungan *return* pasar yakni dengan diilustrasikan Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG). Perhitungan *return* pasar pada Mei periode 2021 disimbolkan dengan $R_{m, \text{Mei } 2021}$. Adapun perhitungannya digunakan persamaan (3). Hasil perhitungannya *return* pasar sebagai berikut :

$$R_{mt} = \frac{IHSG_t - IHSG_{t-1}}{IHSG_{t-1}}$$

$$R_{m, \text{Mei } 2021} = \frac{IHSG_{\text{Mei } 2021} - IHSG_{\text{April } 2021}}{IHSG_{\text{April } 2021}}$$

$$R_{m, \text{Mei } 2021} = \frac{5995,62 - 5985,52}{5985,52} = -0,0080$$

Hasil perhitungan dari $R_{m, \text{Mei } 2021}$ diperoleh sebesar -0,0080. Hasil tersebut berarti mengalami penurunan kinerja IHSG sebesar -0,0080.

d. Perhitungan *expected return* pasar $E(R_m)$

Pada perhitungan *expected return* pasar dari data Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) sebanyak 37 data bulanan. Adapun *return* pasar yang dapat

diilustrasikan dengan data Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. *Return* Pasar

No	Tanggal	R_{mt}
1	1 Februari 2021	
2	1 Maret 2021	-0,04106
3	1 April 2021	0,001686
4	1 Mei 2021	-0,00803
5	1 Juni 2021	0,006394
6	1 Juli 2021	0,014126
7	1 Agustus 2021	0,013222
8	1 September 2021	0,022217
9	1 Oktober 2021	0,048418
⋮	⋮	⋮
36	1 Januari 2021	-0,00892
37	1 Februari 2021	0,017703

Berdasarkan hasil perhitungan *return* pasar pada Tabel 6, tahapan selanjutnya dapat digunakan persamaan (4). Berdasarkan Tabel 6 ini *return* pasar yang disimbolkan R_{mt} dan banyaknya data disimbolkan dengan n .

Perhitungan *expected return* pasar yang diilustrasikan dengan data Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG). Adapun perhitungannya sebagai berikut:

$$E(R_m) = \frac{\sum_{t=1}^n R_{mt}}{n}$$

$$E(R_{IHSG}) = \frac{R_{m,Maret\ 2021} + R_{m,April\ 2021} + R_{m,Mei\ 2021} + \dots + R_{m,Februari\ 2024}}{36}$$

$$E(R_{IHSG}) = \frac{-0,04106 + 0,00169 + (-0,0080) + \dots + 0,01770}{36} = 0,0048$$

Seluruh hasil perhitungan *return* saham dan *expected return* pasar dapat disajikan pada Lampiran 4. Pada perhitungan *expected return* pasar IHSG diperoleh sebesar 0,0048 yang artinya tingkat keuntungan yang diharapkan pada pasar sebesar 0,0048.

4.1.3 Perhitungan *Variance* Saham, *Variance* Pasar dan *Covariance*

Perhitungan *variance* saham dan *variance* pasar untuk tingkat risiko dari saham dan pasar dalam portofolio. Pada perhitungan *covariance* antar *return* saham dan *return* pasar sebagai kecenderungan saham dan pasar bergerak bersama.

Perhitungan *variance* saham dan *variance* pasar serta *covariance* antar *return* saham dan *return* pasar sebagai berikut:

a. Perhitungan *Variance* Saham (σ_i^2)

Pada perhitungan *variance* saham dengan menggunakan 24 jenis saham yang sebanyak 36 data bulanan. Adapun diilustrasikan data hasil *return* saham dan *expected return* saham pada Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI) disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Perhitungan *Return* Saham BMRI

No	Tanggal	Kode Saham	R_{it}
1	1 Maret 2021	BMRI	0
2	1 April 2021		0,004065
3	1 Mei 2021		-0,02834
4	1 Juni 2021		-0,01667
5	1 Juli 2021		-0,0339
6	1 Agustus 2021		0,070175
7	1 September 2021		0,008197
8	1 Oktober 2021		0,166667
:	:		:
36	1 Januari 2021		0,099174
37	1 Februari 2021		0,045113

Berdasarkan hasil perhitungan *return* saham BMRI pada Tabel 7, serta hasil perhitungan *expected return* BMRI sebesar 0,0243. Adapun tahapan selanjutnya digunakan persamaan (5). Berdasarkan tabel ditentukan *variance* saham yang disimbolkan σ_i^2 dan banyaknya data disimbolkan dengan n .

Adapun *variance* saham yang diilustrasikan data harga saham dari Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI) disajikan formulasi sebagai berikut.

$$\sigma_i^2 = \frac{\sum_{t=1}^{36} (R_{it} - E(R_i))^2}{36}$$

$$\sigma_{BMRI}^2 = \frac{(R_{Maret\ 2021} - E(R_{BMRI}))^2 + \dots + (R_{Februari\ 2024} - E(R_{BMRI}))^2}{36}$$

$$\sigma_{BMRI}^2 = \frac{(0 - 0,0243)^2 + \dots + (0,0451 - 0,0243)^2}{36}$$

$$\sigma_{BMRI}^2 = \frac{0,1061}{36} = 0,0029$$

Hasil perhitungan yang diperoleh pada perhitungan menunjukkan tingkat *variance* saham BMRI sebesar 0,0029 yang artinya tingkat risiko dari saham BMRI sebesar 0,0029. Adapun hasil perhitungan *variance* saham masing-masing saham disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. *Variance* Saham

No	Kode Saham	<i>Variance</i> Saham(σ_i^2)	No	Kode Saham	<i>Variance</i> Saham(σ_i^2)
1	ADRO	0,0173	13	INDF	0,0017
2	AKRA	0,0081	14	INDY	0,0195
3	AMRT	0,0134	15	ITMG	0,0154
4	ASII	0,0047	16	KLBF	0,0025
5	BBCA	0,0019	17	MAPI	0,0109
6	BBNI	0,0065	18	MDKA	0,0167
7	BBRI	0,0034	19	MEDC	0,0291
8	BMRI	0,0029	20	PTBA	0,0109
9	BRPT	0,0144	21	SRTG	0,0244
10	EMTK	0,0241	22	TLKM	0,0026
11	HRUM	0,0397	23	TPIA	0,0253
12	ICBP	0,0041	24	UNTR	0,0105

Berdasarkan Tabel 8 hasil *variance* saham tertinggi terdapat pada saham HRUM sebesar 0,0397 yang artinya saham HRUM memiliki risiko sebesar 3,97%. Nilai *variance* saham terendah terdapat pada saham INDF sebesar 0,0017 yang artinya saham INDF memiliki risiko sebesar 1,7%. Semakin besar *variance* saham menandakan semakin besar adanya penyimpangan antara *return* dan *expected return*, yang artinya semakin besar risiko dari saham tersebut. Investor dalam menanam modal disarankan memilih saham dengan *variance* saham terendah.

b. Perhitungan *variance* pasar (σ_m^2)

Pada perhitungan *variance* pasar dengan menggunakan 24 jenis saham yang sebanyak 36 data bulanan. Adapun diilustrasikan data hasil *return* pasar dan *expected return* pasar pada Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI) disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Perhitungan *Return* Pasar

No	Tanggal	Kode Saham	R_{mt}
1	1 Maret 2021	BMRI	-0,04106
2	1 April 2021		0,001686
3	1 Mei 2021		-0,00803
4	1 Juni 2021		0,006394
5	1 Juli 2021		0,014126
6	1 Agustus 2021		0,013222
7	1 September 2021		0,022217
8	1 Oktober 2021		0,048418
⋮	⋮		⋮
36	1 Januari 2021		-0,00892
37	1 Februari 2021		0,017703

Berdasarkan hasil perhitungan *return* pasar pada Tabel 9, serta hasil perhitungan *expected return* pasar sebesar 0,0048. Adapun tahapan selanjutnya digunakan persamaan (6). Berdasarkan tabel diatas *variance* pasar yang disimbolkan σ_m^2 dan banyaknya data disimbolkan dengan n .

Adapun *variance* pasar dapat diilustrasikan data harga saham dari Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI) disajikan menggunakan formulasi sebagai berikut.

$$\sigma_m^2 = \frac{\sum_{t=1}^{36} (R_{mt} - E(R_m))^2}{36}$$

$$\sigma_{IHSG}^2 = \frac{(R_{Maret\ 2021} - E(R_{IHSG}))^2 + \dots + (R_{Februari\ 2024} - E(R_{IHSG}))^2}{36}$$

$$\sigma_{IHSG}^2 = \frac{(-0,0411 - 0,0048)^2 + \dots + (0,0177 - 0,0048)^2}{36}$$

$$\sigma_{IHSG}^2 = \frac{0,01878}{36} = 0,00052$$

Berdasarkan hasil perhitungan *variance* pasar diperoleh sebesar 0,00052. Hasil *variance* pasar yang diperoleh menunjukkan tingkat risiko dari pasar (IHSG) sebesar 0,00052.

c. Perhitungan *Covariance* ($\sigma_{i,m}$)

Pada perhitungan *covariance* dengan menggunakan 24 jenis saham yang sebanyak 36 data bulanan. Adapun diilustrasikan data hasil *return* saham dan *return* pasar pada Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI) disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Perhitungan *Return* Saham dan *Return* Pasar

No	Tanggal	Kode Saham	R_{it}	R_{mt}
1	1 Maret 2021	BMRI	0	-0,04106
2	1 April 2021		0,004065	0,001686
3	1 Mei 2021		-0,02834	-0,00803
4	1 Juni 2021		-0,01667	0,006394
5	1 Juli 2021		-0,0339	0,014126
6	1 Agustus 2021		0,070175	0,013222
7	1 September 2021		0,008197	0,022217
8	1 Oktober 2021		0,166667	0,048418
⋮	⋮		⋮	⋮
36	1 Januari 2021		0,099174	-0,00892
37	1 Februari 2021		0,045113	0,017703

Berdasarkan hasil perhitungan *return* saham dan *return* pasar pada Tabel 10. Adapun tahapan selanjutnya digunakan persamaan (7). Adapun *covariance* dapat disimbolkan $\sigma_{i,m}$ dan banyaknya data disimbolkan dengan n .

Perhitungan *covariance* yang diilustrasikan dengan data harga saham dari Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI) disajikan formulasi sebagai berikut.

$$\sigma_{i,m} = \frac{\sum_{t=1}^{36} (R_{it} - E(R_i)) (R_{mt} - E(R_m))}{36}$$

$$\sigma_{BMRI,IHSG} = \frac{((R_{Maret\ 2021} - E(R_{BMRI})) (R_{m, Maret\ 2021} - E(R_{IHSG})) + \dots + ((R_{Februari\ 2024} - E(R_{BMRI})) (R_{m, Februari\ 2024} - E(R_{IHSG})))}{36}$$

$$\sigma_{BMRI,IHSG} = \frac{((0 - 0,024)(-0,041 - 0,0048) + \dots + ((0,045 - 0,024)(0,017 - 0,0048))}{36}$$

$$\sigma_{BMRI,IHSG} = \frac{0,0011 + \dots + 0,00025}{36} = \frac{0,02627}{36} = 0,00073$$

Hasil perhitungan *covariance* dapat disajikan pada Lampiran 5 dan Lampiran 6. Hasil *covariance* yang diperoleh dari saham BMRI sebesar 0,00073. Hasil perhitungan *covariance* antara *return* saham dan *return* pasar pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil *Covariance* Antara *Return* Saham dan *Return* Pasar

TANGGAL	<i>Covariance</i>						
	MDKA	SRTG	ADRO	INDY	ITMG	...	INDF
03/01/2021	0,01120	0,00477	0,00154	0,00199	0,00427	...	0,00406
04/01/2021	0,00067	0,00040	0,00009	0,00003	0,00003	...	0,00004
05/01/2021	0,00034	0,00128	0,00094	0,00130	0,00075	...	0,00037
06/01/2021	0,00014	0,00098	0,00003	0,00001	0,00011	...	0,00005
07/01/2021	0,00002	0,00024	0,00074	0,00044	0,00154	...	0,00017
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
02/01/2024	0,00145	0,00013	0,00006	0,00065	0,00055	...	0,00008
Σ	0,06792	0,05045	0,04475	0,04031	0,03971	...	0,01466
$\sigma_{i,m}$	0,00189	0,00140	0,00124	0,00112	0,00110	...	0,00041

Pada Tabel 11 menunjukkan saham yang memiliki nilai *covariance* tertinggi berada pada saham merdeka copper gold Tbk (MDKA) sebesar 0,00189. Saham yang memiliki nilai *covariance* terendah berada pada saham indofood sukses makmur Tbk (INDF) sebesar 0,00041.

4.1.4 Perhitungan *Beta* dan *Alpha* Saham

Pada perhitungan *beta* digunakan sebagai pengukur risiko dari suatu saham terhadap risiko pasar. Pada perhitungan *alpha* menunjukkan besarnya tidak dipengaruhi *return* saham. Perhitungan *beta* dan *alpha* dari masing-masing saham sebagai berikut:

a. Perhitungan *beta* (β_i)

Pada perhitungan *beta* dengan menggunakan 24 jenis saham yang sebanyak 36 data bulanan. Adapun tahapan selanjutnya digunakan persamaan (8). Perhitungan *beta* yang disimbolkan β_i . Adapun *beta* yang diilustrasikan data harga saham dari Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI) disajikan formulasi sebagai berikut.

$$\beta_i = \frac{\sigma_{i,m}}{\sigma_m^2}$$

$$\beta_{BMRI} = \frac{0,00073}{0,00052} = 1,3989$$

Hasil perhitungan *beta* dari saham BMRI sebesar 1,3989 yang menunjukkan memiliki koefisien lebih dari satu. Nilai *beta* tersebut yang artinya saham BMRI peka terhadap perubahan pasar atau memiliki risiko lebih tinggi di atas risiko pasar, sehingga saham BMRI termasuk saham yang agresif.

b. Perhitungan *alpha* (α_i)

Pada perhitungan *alpha* menggunakan 24 jenis saham yang sebanyak 36 data bulanan. Perhitungan *alpha* disimbolkan α_i . Adapun tahapan selanjutnya digunakan persamaan (9). Perhitungan *alpha* saham yang disimbolkan α_i . Adapun *alpha* saham yang diilustrasikan data harga saham dari Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI) sebagai berikut.

$$\alpha_i = E(R_i) - (\beta_i \cdot E(R_m))$$

$$\alpha_{BMRI} = 0,0243 - (1,3989 \cdot 0,0048) = 0.0177$$

Nilai *alpha* menunjukkan keuntungan individual yang tidak dipengaruhi oleh perubahan pasar. Hasil dari *alpha* saham BMRI diperoleh sebesar 0,0177. Perhitungan *beta* dan *alpha* dengan *microsoft excel* menggunakan rumus *slope* dan rumus *intercept*. Hasil perhitungan tersebut disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. *Beta dan Alpha Saham*

No	Kode Saham	Beta (β_i)	Alpha (α_i)	No	Kode Saham	Beta (β_i)	Alpha (α_i)
1	ADRO	2,3830	0,0179	13	INDF	-0,7809	0,0059
2	AKRA	0,9546	0,0240	14	INDY	2,1466	-0,0038
3	AMRT	1,0402	0,0277	15	ITMG	2,1150	0,0197
4	ASII	1,7180	-0,0063	16	KLBF	0,0945	0,0013
5	BBCA	1,1544	0,0058	17	MAPI	0,5327	0,0279
6	BBNI	2,0198	0,0120	18	MDKA	3,6177	-0,0130
7	BBRI	1,2018	0,0020	19	MEDC	1,7681	0,0188
8	BMRI	1,3989	0,0177	20	PTBA	1,8438	-0,0044
9	BRPT	1,2434	-0,0004	21	SRTG	0,8756	-0,0142
10	EMTK	3,1327	-0,0431	22	TLKM	1,1518	-0,0005
11	HRUM	2,0875	0,0022	23	TPIA	0,9826	0,0266
12	ICBP	-0,6431	0,0131	24	UNTR	1,8236	-0,0031

Pada Tabel 12 menunjukkan nilai *beta* tertinggi berada pada saham merdeka copper gold Tbk (MDKA) sebesar 3.6177 dengan nilai *alpha* sebesar -0,0130. Nilai

beta terendah pada saham indofood sukses makmur Tbk (INDF) sebesar -0,7809 dengan nilai *alpha* sebesar 0,0059.

4.1.5 Perhitungan *Variance Error*

Perhitungan *variance error* dari masing-masing saham menunjukkan memiliki risiko yang unik atau tidak sistematis dari suatu saham. Perhitungan *variance error* dapat menggunakan persamaan (10). Perhitungan *variance error* dari masing-masing saham misalkan pada saham Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI).

$$\sigma_{ei}^2 = \beta_i^2 \cdot \sigma_m^2 + \sigma_i^2$$

$$\sigma_{e,BMRI}^2 = (1,3989)^2 \cdot 0,00052 + 0,0029 = 0,0040$$

Hasil perhitungan *variance error* di atas diperoleh sebesar 0,0040. *Variance error* menjadi sebuah risiko yang terjadi diluar pasar, sehingga adanya faktor yang menyebabkan kecenderungan semua saham bergerak bersama. Hasil perhitungan *variance error* saham disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. *Variance Error* Dari Masing-Masing Saham

No	Kode Saham	<i>Variance Error</i>	No	Kode Saham	<i>Variance Error</i>
1	ADRO	0,0202	13	INDF	0,0021
2	AKRA	0,0086	14	INDY	0,0219
3	AMRT	0,0140	15	ITMG	0,0178
4	ASII	0,0062	16	KLBF	0,0025
5	BBCA	0,0026	17	MAPI	0,0110
6	BBNI	0,0087	18	MDKA	0,0235
7	BBRI	0,0041	19	MEDC	0,0308
8	BMRI	0,0040	20	PTBA	0,0126
9	BRPT	0,0152	21	SRTG	0,0282
10	EXCL	0,0091	22	TLKM	0,0033
11	HRUM	0,0419	23	TPIA	0,0258
12	ICBP	0,0043	24	UNTR	0,0122

Berdasarkan Tabel 13 saham dalam portofolio yang memiliki nilai *variance error* tertinggi diperoleh pada saham Bank Jago Tbk (ARTO) sebesar 0,0557 dan nilai *variance error* terendah diperoleh pada saham indofood sukses makmur Tbk (INDF) sebesar 0,0021.

4.1.6 Perhitungan *Excess Return to Beta* (ERB)

Perhitungan *excess return to beta* (ERB) digunakan *return* aktiva bebas risiko (R_{br}). *Return* aktiva bebas risiko (R_{br}) diperoleh dari BI rate selama 01 Februari 2021 sampai 01 Februari 2024 dapat disajikan pada Lampiran 3.

Langkah selanjutnya, perhitungan *excess return to beta* (ERB) dengan menggunakan persamaan (11). Perhitungan ERB dari masing-masing saham misalkan pada saham Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI).

$$ERB = \frac{E(R_i) - R_{br}}{\beta_i}$$

$$ERB = \frac{E(R_{BMRI}) - R_{br}}{\beta_{BMRI}}$$

$$ERB = \frac{0,0243 - 0,0038}{1,3989} = 0,0147$$

Hasil perhitungan ERB dari saham BMRI di atas diperoleh sebesar 0,0147. Saham-saham yang memiliki nilai ERB bernilai positif memiliki peluang menjadi kandidat saham dalam portofolio optimal. Perhitungan *Excess Return To Beta* (ERB) menunjukkan hubungan *return* dan risiko dari masing-masing saham. Hasil perhitungan ERB disajikan pada Tabel 14.

Tabel 14. Hasil Perhitungan *Excess Return to Beta* (ERB)

No	Kode	ERB	No	Kode	ERB
1	ADRO	0,0107	13	INDF	0,0021
2	AKRA	0,0259	14	INDY	0,0012
3	AMRT	0,0277	15	ITMG	0,0123
4	ASII	-0,0011	16	KLBF	-0,0214
5	BBCA	0,0064	17	MAPI	0,0500
6	BBNI	0,0088	18	MDKA	0,0001
7	BBRI	0,0032	19	MEDC	0,0132
8	BMRI	0,0147	20	PTBA	0,0003
9	BRPT	0,0014	21	SRTG	0,0059
10	EMTK	-0,0102	22	TLKM	0,0010
11	HRUM	0,0040	23	TPIA	0,0280
12	ICBP	-0,0096	24	UNTR	0,0010

Berdasarkan Tabel 14 menunjukkan nilai ERB yang tertinggi diperoleh pada saham Mitra Adiperkasa Tbk (MAPI) sebesar 0,0500, sedangkan untuk nilai ERB terendah pada saham Kalbe Farma Tbk (KLBF) sebesar -0.0214. Perhitungan

di atas terdapat 20 saham yang bernilai ERB positif, serta 4 saham yang bernilai ERB negatif.

4.1.7 Perhitungan *Cut-Off Rate* (C_i) dan *Cut-Off Point* (C^*)

Perhitungan *Cut-Off Point* (C^*) dapat dilakukan penyederhanaan dengan beberapa komponen perhitungan A_i , B_i , dan C_i . *Cut-Off Point* (C^*) membutuhkan sebuah pembatas dalam menentukan batas nilai ERB. Perhitungan A_i , B_i , dan C_i dari masing-masing saham sebagai berikut:

a. Perhitungan A_i

Pada perhitungan A_i menggunakan 24 jenis saham yang sebanyak 36 data bulanan. Adapun diilustrasikan data harga saham dari Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI) menggunakan persamaan (12), sebagai berikut.

$$A_i = \frac{[E(R_i) - R_{br}] \cdot \beta_i}{\sigma_{ei}^2}$$

$$A_{BMRI} = \frac{[E(R_{BMRI}) - R_{br}] \cdot \beta_{BMRI}}{\sigma_{e,BMRI}^2}$$

$$A_{BMRI} = \frac{[0,0243 - 0,0038] \cdot 1,3989}{0,0040} = 7,2292$$

b. Perhitungan B_i

Pada perhitungan B_i menggunakan 24 jenis saham yang sebanyak 36 data bulanan. Adapun diilustrasikan data harga saham dari Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI) menggunakan persamaan (13), sebagai berikut.

$$B_i = \frac{\beta_i^2}{\sigma_{ei}^2}$$

$$B_{BMRI} = \frac{\beta_{BMRI}^2}{\sigma_{e,BMRI}^2}$$

$$B_{BMRI} = \frac{1,3989^2}{0,0040} = 493,0408$$

c. Perhitungan *cut-off rate* (C_i)

Pada perhitungan *cut-off rate* menggunakan 24 jenis saham yang sebanyak 36 data bulanan. Perhitungan *cut-off rate* disimbolkan C_i . Adapun diilustrasikan

data harga saham dari Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI) menggunakan persamaan (14), sebagai berikut.

$$C_i = \frac{\sigma_m^2 \cdot A_i}{1 + \sigma_m^2 \cdot B_i}$$

$$C_{BMRI} = \frac{\sigma_{IHSG}^2 \cdot A_{BMRI}}{1 + \sigma_{IHSG}^2 \cdot B_{BMRI}}$$

$$C_{BMRI} = \frac{0,00052 \cdot 7,2292}{1 + 0,00052 \cdot 493,0408} = 0,0030$$

Hasil perhitungan A_i dan B_i dilakukan untuk perhitungan C_i . Nilai dari C_i saham BMRI sebesar 0,0030, yang dapat menjadi penentu titik batasan suatu saham dapat dikategorikan kandidat ataupun bukan kandidat saham optimal. Hasil perhitungan A_i , B_i , dan C_i disajikan pada Tabel 15.

Tabel 15. Hasil Perhitungan A_i , B_i , dan C_i

Kode Saham	A_i	B_i	C_i	Kode Saham	A_i	B_i	C_i
ADRO	2,9987	280,6584	0,0014	INDF	0,6101	296,0479	0,0003
AKRA	2,7579	106,3047	0,0014	INDY	0,2498	210,4514	0,0001
AMRT	2,1430	77,2298	0,0011	ITMG	3,0899	251,8530	0,0014
ASII	-0,5312	475,0750	-0,0002	KLBF	-0,0766	3,5787	-0,00004
BBCA	3,2644	506,8790	0,0013	MAPI	1,2853	25,7087	0,0007
BBNI	4,1386	470,3074	0,0017	MDKA	0,0601	556,7254	0,0000
BBRI	1,1374	350,4069	0,0005	MEDC	1,3454	101,6639	0,0007
BMRI	7,2292	493,0408	0,0030	PTBA	0,0766	268,7606	0,0000
BRPT	0,1375	101,7101	0,0001	SRTG	1,5020	256,0994	0,0007
EMTK	-3,4345	335,8656	-0,0015	TLKM	0,4032	403,2583	0,0002
HRUM	0,4145	103,8951	0,0002	TPIA	1,0462	37,3932	0,0005
ICBP	-0,9284	96,2538	-0,0005	UNTR	0,2642	272,0418	0,0001

Berdasarkan Tabel 15 nilai *cut-off rate* (C_i) tertinggi diperoleh pada saham Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI) sebesar 0,0030. Nilai C_i tertinggi tersebut menjadi nilai *Cut-Off Point* (C^*). Nilai C^* digunakan sebagai penentuan saham yang menjadi kandidat ataupun bukan kandidat saham optimal.

Saham yang memiliki nilai *excess return to beta* (ERB) lebih besar sama dengan C^* menjadi kandidat saham optimal, sedangkan C^* lebih besar dari ERB bukan kandidat saham optimal. Hasil keputusan disajikan pada Tabel 16.

Tabel 16. Hasil Keputusan Saham Optimal

Kode Saham	ERB	C*	Keputusan
ADRO	0,0107	0,0030	Kandidat Saham Optimal
AKRA	0,0259	0,0030	Kandidat Saham Optimal
AMRT	0,0277	0,0030	Kandidat Saham Optimal
ASII	-0,0011	0,0030	Bukan Kandidat Saham Optimal
BBCA	0,0064	0,0030	Kandidat Saham Optimal
BBNI	0,0088	0,0030	Kandidat Saham Optimal
BBRI	0,0032	0,0030	Kandidat Saham Optimal
BMRI	0,0147	0,0030	Kandidat Saham Optimal
BRPT	0,0014	0,0030	Bukan Kandidat Saham Optimal
EMTK	-0,0102	0,0030	Bukan Kandidat Saham Optimal
HRUM	0,0040	0,0030	Kandidat Saham Optimal
ICBP	-0,0096	0,0030	Bukan Kandidat Saham Optimal
INDF	0,0021	0,0030	Bukan Kandidat Saham Optimal
INDY	0,0012	0,0030	Bukan Kandidat Saham Optimal
ITMG	0,0123	0,0030	Kandidat Saham Optimal
KLBF	-0,0214	0,0030	Bukan Kandidat Saham Optimal
MAPI	0,0500	0,0030	Kandidat Saham Optimal
MDKA	0,0001	0,0030	Bukan Kandidat Saham Optimal
MEDC	0,0132	0,0030	Kandidat Saham Optimal
PTBA	0,0003	0,0030	Bukan Kandidat Saham Optimal
SRTG	0,0059	0,0030	Kandidat Saham Optimal
TLKM	0,0010	0,0030	Bukan Kandidat Saham Optimal
TPIA	0,0280	0,0030	Kandidat Saham Optimal
UNTR	0,0010	0,0030	Bukan Kandidat Saham Optimal

Berdasarkan Tabel 16 saham yang termasuk kandidat saham optimal terdapat 13 saham yaitu saham ADRO, AKRA, AMRT, BBCA, BBNI, BBRI, BMRI, HRUM, ITMG, MAPI, MEDC, SRTG, dan TPIA.

4.1.8 Perhitungan *Persentase* Proporsi Saham Optimal Terpilih

Perhitungan *persentase* proporsi saham optimal terpilih untuk menentukan besar proporsi dana yang dialokasikan saham optimal terpilih. Perhitungan *persentase* proporsi saham optimal sebagai berikut:

a. Perhitungan proporsi saham (Z_i)

Perhitungan proporsi saham (Z_i) digunakan untuk memperlihatkan proporsi saham optimal. Perhitungan proporsi saham dapat menggunakan persamaan (15). Adapun perhitungan diilustrasikan saham Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI) disajikan pada Tabel 17.

Tabel 17. Perhitungan Proporsi Saham

Kode saham	β_i	σ_{ei}^2	ERB	C^*
ADRO	2,3830	0,0202	0,0107	0,0030
AKRA	0,9546	0,0086	0,0259	0,0030
AMRT	1,0402	0,0140	0,0277	0,0030
BBCA	1,1544	0,0026	0,0064	0,0030
BBNI	2,0198	0,0087	0,0088	0,0030
BBRI	1,2018	0,0041	0,0032	0,0030
BMRI	1,3989	0,0040	0,0147	0,0030
HRUM	2,0875	0,0419	0,0040	0,0030
ITMG	2,1150	0,0178	0,0123	0,0030
MAPI	0,0279	0,0110	0,0500	0,0030
MEDC	0,0188	0,0308	0,0132	0,0030
SRTG	0,8756	0,0282	0,0059	0,0030
TPIA	0,9826	0,0258	0,0280	0,0030

Dalam perhitungan untuk proporsi saham pada Tabel 17 digunakan persamaan (15). Berdasarkan tabel ini ditentukan proporsi saham yang disimbolkan Z_i . Adapun proporsi saham yang diilustrasikan data harga saham dari Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI) sebagai berikut.

$$Z_i = \frac{\beta_i}{\sigma_{ei}^2} (ERB - C^*)$$

$$Z_{BMRI} = \frac{\beta_{BMRI}}{\sigma_{e,BMRI}^2} (ERB - C^*)$$

$$Z_{BMRI} = \frac{1,3989}{0,0040} (0,0147 - 0,0030) = 4,1106$$

Hasil perhitungan Z_i dari saham BMRI sebesar 4,1106. Hasil perhitungan Z_i yang berarti saham BMRI memiliki proporsi saham sebesar 4,1106.

b. Perhitungan *persentase* proporsi saham (W_i)

Perhitungan *persentase* proporsi saham digunakan untuk memperlihatkan *persentase* proporsi saham optimal. Perhitungan ini disimbolkan W_i . Perhitungan proporsi saham dapat menggunakan persamaan (16). Adapun perhitungan diilustrasikan saham Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI) disajikan pada Tabel 18.

Tabel 18. Hasil Perhitungan Proporsi Saham

Kode Saham	Z_i
ADRO	0,9052
AKRA	2,5550
AMRT	1,8374
BBCA	1,5108
BBNI	1,3506
BBRI	0,0719
BMRI	4,1106
HRUM	0,0493
ITMG	1,1038
MAPI	2,2681
MEDC	0,5884
SRTG	0,2731
TPIA	0,9506

Berdasarkan perhitungan *persentase* proporsi saham dari hasil proporsi saham pada Tabel 18. Perhitungan *persentase* proporsi saham digunakan persamaan (16). Berdasarkan tabel ini ditentukan proporsi saham yang disimbolkan W_i . Adapun proporsi saham yang diilustrasikan data harga saham dari Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI) sebagai berikut.

$$W_i = \frac{Z_i}{\sum Z_i}$$
$$W_{BMRI} = \frac{Z_{BMRI}}{\sum Z_i}$$
$$W_{BMRI} = \frac{4,1106}{10,5092} = 0,3911$$

Hasil perhitungan *persentase* proporsi saham (W_i) dari saham BMRI sebesar 0,3911. Penentuan layak ataupun tidak sebuah saham optimal dapat ditentukan dengan *persentase* proporsi dari masing-masing saham optimal terpilih. Perhitungan proporsi saham optimal terpilih sebagai *persentase*

proporsi dana yang optimal dari masing-masing saham. Perhitungan hasil proporsi saham dan *persentase* proporsi saham optimal disajikan pada Tabel 19.

Tabel 19. Proporsi Saham Optimal Terpilih

Kode Saham	Z_i	W_i	Proporsi (%)
ADRO	0,9052	0,0861	8,61
AKRA	2,5550	0,2431	24,31
AMRT	1,8374	0,1748	17,48
BBCA	1,5108	0,1438	14,38
BBNI	1,3506	0,1285	12,85
BBRI	0,0719	0,0068	0,68
BMRI	4,1106	0,3911	39,11
HRUM	0,0493	0,0047	0,47
ITMG	1,1038	0,1050	10,50
MAPI	2,2681	0,2158	21,58
MEDC	0,5884	0,0560	5,60
SRTG	0,2731	0,0260	2,60
TPIA	0,9506	0,0905	9,05

Berdasarkan Tabel 19 menunjukkan *persentase* proporsi saham optimal tertinggi berada pada saham BMRI sebesar 39,11%, sedangkan *persentase* proporsi dana saham terendah berada pada saham HRUM sebesar 0,47%. Saham dengan *persentase* proporsi saham yang tertinggi dapat menjadi saham yang dipilih investor.

4.1.9 Perhitungan *Expected Return* dan Nilai Risiko Portofolio

Perhitungan *expected return* portofolio yang terlebih dahulu dilakukan perhitungan *alpha* dan *beta* portofolio. Perhitungan *alpha* dan *beta* untuk mengetahui risiko dalam sebuah portofolio. Perhitungan *expected return* portofolio sebagai tingkat pengembalian dana saham dalam portofolio optimal. Perhitungan risiko portofolio menunjukkan kerugian investor dari pendapatan yang diharapkan. Perhitungan *expected return* risiko dengan portofolio dan optimal sebagai berikut:

a. Perhitungan *alpha* portofolio (α_p)

Perhitungan *alpha* portofolio disimbolkan α_p . Perhitungan *alpha* portofolio dapat menggunakan persamaan (17). Adapun perhitungan untuk *alpha* portofolio disajikan pada Tabel 20.

Tabel 20. Perhitungan untuk *Alpha* Portofolio

Kode Saham	W_i	α_i
ADRO	0,0861	0,0179
AKRA	0,2431	0,0240
AMRT	0,1748	0,0277
BBCA	0,1438	0,0058
BBNI	0,1285	0,0120
BBRI	0,0068	0,0020
BMRI	0,3911	0,0177
HRUM	0,0047	0,0022
ITMG	0,1050	0,0197
MAPI	0,2158	0,0197
MEDC	0,0560	0,0188
SRTG	0,0260	-0,0142
TPIA	0,0905	0,0266

Berdasarkan perhitungan untuk *alpha* portofolio pada Tabel 20. Perhitungan *alpha* portofolio digunakan persamaan (17). Berdasarkan tabel ini ditentukan *alpha* portofolio yang disimbolkan α_p . Adapun perhitungan *alpha* portofolio yang formulasikan sebagai berikut.

$$\alpha_p = \sum_{i=1}^n W_i \cdot \alpha_i$$

$$\alpha_p = (W_{ADRO} \cdot \alpha_{ADRO}) + (W_{AKRA} \cdot \alpha_{AKRA}) + \dots + (W_{TPIA} \cdot \alpha_{TPIA})$$

$$\alpha_p = (0,0861 \times 0,0179) + (0,2431 \times 0,0240) + \dots + (0,0905 \times 0,0266) = 0,0415$$

Berdasarkan perhitungan *alpha* portofolio keuntungan pada portofolio sebesar 0,0415. Hasil dari *alpha* portofolio diperoleh sebesar 0,0415.

b. Perhitungan *beta* portofolio (β_p)

Perhitungan *beta* portofolio disimbolkan β_p . Perhitungan *beta* portofolio dapat menggunakan persamaan (18). Adapun perhitungan untuk *beta* portofolio disajikan pada Tabel 21.

Tabel 21. Perhitungan untuk *Beta* Portofolio

Kode Saham	W_i	β_i
ADRO	0,0861	2,3830
AKRA	0,2431	0,9546
AMRT	0,1748	1,0402
BBCA	0,1438	1,1544
BBNI	0,1285	2,0198
BBRI	0,0068	1,2018
BMRI	0,3911	1,3989
HRUM	0,0047	2,0875
ITMG	0,1050	2,1150
MAPI	0,2158	0,5327
MEDC	0,0560	1,7681
SRTG	0,0260	0,8756
TPIA	0,0905	0,9826

Berdasarkan perhitungan untuk *beta* portofolio pada Tabel 21. Perhitungan *beta* portofolio digunakan persamaan (18). Berdasarkan tabel ini ditentukan *alpha* portofolio yang disimbolkan α_p . Adapun perhitungan *beta* portofolio yang formulasikan sebagai berikut.

$$\beta_p = \sum_{i=1}^n W_i \cdot \beta_i$$

$$\beta_p = (W_{ADRO} \cdot \beta_{ADRO}) + (W_{AKRA} \cdot \beta_{AKRA}) + \dots + (W_{TPIA} \cdot \beta_{TPIA})$$

$$\beta_p = (0,0861 \times 2,3830) + (0,2431 \times 0,9546) + \dots + (0,0905 \times 0,9826) = 2,4765$$

Hasil perhitungan *alpha* portofolio sebesar 0,0415 dan untuk *beta* portofolio sebesar 2,4765. Risiko portofolio diperlukan sebagai referensi investor. Langkah selanjutnya perhitungan *expected return* portofolio.

c. Perhitungan *expected return* portofolio ($E(R_p)$)

Perhitungan *expected return* portofolio disimbolkan $E(R_p)$. Perhitungan *expected return* portofolio digunakan persamaan (19). Adapun perhitungan untuk *beta* portofolio disajikan pada Tabel 22.

Tabel 22. Perhitungan untuk *Expected Return* Portofolio

Kode Saham	α_i	β_i
ADRO	0,0179	2,3830
AKRA	0,0240	0,9546
AMRT	0,0277	1,0402
BBCA	0,0058	1,1544
BBNI	0,0120	2,0198
BBRI	0,0020	1,2018
BMRI	0,0177	1,3989
HRUM	0,0022	2,0875
ITMG	0,0197	2,1150
MAPI	0,0197	0,5327
MEDC	0,0188	1,7681
SRTG	-0,0142	0,8756
TPIA	0,0266	0,9826

Berdasarkan *expected return* portofolio pada Tabel 22. Perhitungan *expected return* portofolio digunakan persamaan (19). Berdasarkan tabel ini ditentukan *expected return* portofolio yang disimbolkan $E(R_p)$. Adapun perhitungan *beta* portofolio yang formulasikan sebagai berikut.

$$E(R_p) = \alpha_p + \beta_p \cdot E(R_m)$$

$$E(R_p) = 0,0415 + 2,4765 \cdot 0,0048 = 0,0533$$

Hasil perhitungan *expected return* portofolio sebesar 0,0533 yang artinya investor dapat mengharapkan pengembalian portofolio sebesar 5,33%. Langkah selanjutnya perhitungan risiko dari portofolio.

d. Perhitungan risiko portofolio (σ_p^2)

Perhitungan risiko portofolio (σ_p^2) dapat menggunakan persamaan (20) sebagai berikut.

$$\sigma_p^2 = \beta_p^2 \cdot \sigma_m^2 + \left(\sum_{t=1}^n W_i \cdot \sigma_{ei}^2 \right)^2$$

$$\sigma_p^2 = \beta_p^2 \cdot \sigma_m^2 + ((W_{ADRO} \cdot \sigma_{e,ADRO}^2)^2 + (W_{AKRA} \cdot \sigma_{e,AKRA}^2)^2 + \dots)$$

$$\sigma_p^2 = 2,4765^2 \times 0,02284^2 + (0,0861 \times 0,0202)^2 + (0,2431 \times 0,0086)^2 + \dots = 0,0176$$

Perhitungan *expected return* dan risiko portofolio sebagai proporsi dana yang optimal dari masing-masing saham. Hasil perhitungan proporsi saham optimal disajikan pada Tabel 23.

Tabel 23. Hasil Perhitungan *Alpha* dan *Beta* Portofolio

Kode Saham	α_p	β_p
ADRO	0,00155	0,20524
AKRA	0,00584	0,23209
AMRT	0,00485	0,18187
BBCA	0,00083	0,16596
BBNI	0,00154	0,25958
BBRI	0,00001	0,00822
BMRI	0,00691	0,54717
HRUM	0,00001	0,00979
ITMG	0,00207	0,22213
MAPI	0,00602	0,11497
MEDC	0,00105	0,09900
SRTG	0,00018	0,06983
TPIA	0,00241	0,08887
Σ	0,0415	2,4765

Berdasarkan Tabel 23 hasil *expected return* portofolio optimal sebesar 0,0533. Hasil dari risiko portofolio optimal sebesar 0,0176. Nilai dari *expected return* portofolio lebih besar dari *expected return* pasar.

Pembentukan portofolio optimal menjadi salah satu cara diversifikasi bagi para investor untuk dapat mengurangi risiko investasi. Hasil dari saham optimal dengan menggunakan Model Indeks Tunggal diperoleh saham optimal. Saham yang dipilih berdasarkan *persentase* proporsi saham optimal tertinggi. *Persentase* proporsi saham optimal tertinggi berada pada saham Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI).

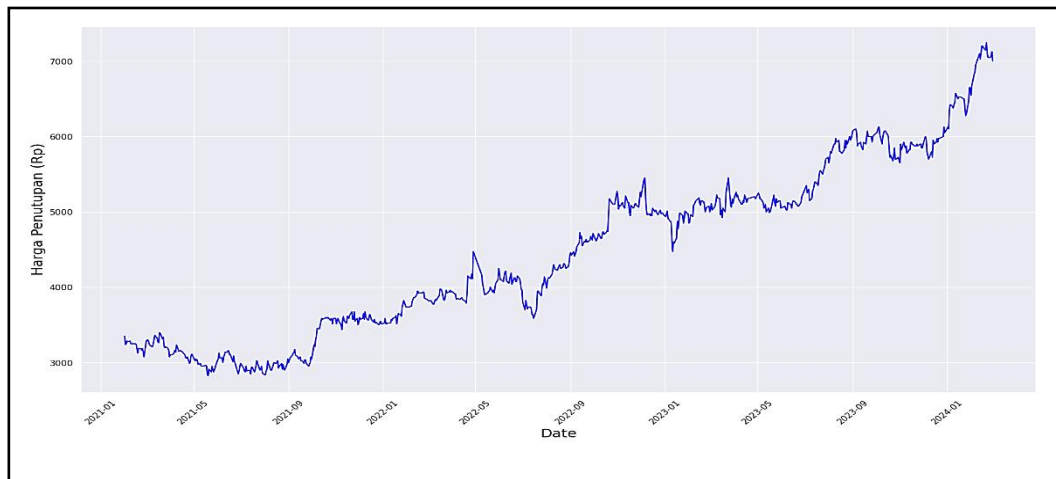
Tahapan berikutnya, setelah diperoleh hasil analisis portofolio saham optimal berupa peramalan kinerja harga saham dengan metode *Long Short-Term Memory* (LSTM) . Pada tahapan ini diramalkan kinerja harga saham optimal dari saham Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI).

4.2 Tahapan Penelitian *Long Short Term Memory* (LSTM)

Tahapan penelitian ini dilakukan peramalan harga saham harian Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI). Pada tahapan ini dengan menggunakan peramalan *Long Short Term Memory* (LSTM). Data saham BMRI disajikan pada Lampiran 7.

4.2.1 Eksplorasi Data

Pada penelitian ini digunakan data harga saham harian Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI). Data tersebut dibentuk kedalam data *time series*. Adapun data *time series* tersebut disajikan dalam bentuk plot pada Gambar 9.



Gambar 9. Harga Penutupan Saham BMRI

Berdasarkan Gambar 9 menunjukkan data harga penutupan saham BMRI berfluktuasi secara *trend*, sehingga mengalami mengalami kenaikan dan penurunan dalam kinerja harga saham tersebut. Adapun seperti pada Tahun 2021 terjadi penurunan harga saham BMRI, setelah itu kembali mengalami kenaikan. Adapun deskripsi data harga saham harian Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI) disajikan pada Tabel 24.

Tabel 24. Deskripsi data harga saham harian BMRI

Deskripsi Data	<i>Close</i>
<i>count</i>	752
<i>mean</i>	4455,75
<i>std</i>	1115,35
<i>min</i>	2825
<i>max</i>	7250

Berdasarkan Tabel 24 menunjukkan data harga saham harian Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI). Nilai minimum dalam data sebesar 2825 yang artinya data minimum yang dimiliki dalam data sebesar 2825. Pada data harga saham harian BMRI digunakan *training* digunakan 70% data dan data *testing* digunakan 30% data.

4.2.2 Normalisasi Data

Normalisasi data digunakan untuk meminimalkan *error* dalam data. Normalisasi data dilakukan dengan mengubah data aktual menjadi nilai dengan *range* interval [0,1]. Adapun data harga saham dari Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI) disajikan pada Tabel 25.

Tabel 25. Data Saham Harian Penutupan BMRI

No	Tanggal	Close
1	1 Februari 2021	3350
2	2 Februari 2021	3237,5
3	3 Februari 2021	3250
⋮	⋮	⋮
752	29 Februari 2024	7000

Berdasarkan Tabel 25 menunjukkan data harga saham harian penutupan BMRI. Pada tabel ini ditentukan data aktual sekarang disimbolkan X_i , data aktual maksimal yang disimbolkan X_{max} , dan data aktual minimal disimbolkan X_{min} . Adapun perhitungan untuk normalisasi data dapat menggunakan persamaan (21).

$$X'_i = \frac{X_i - X_{min}}{X_{max} - X_{min}}$$

$$X'_{1 \text{ Februari } 2021} = \frac{3350 - 2825}{7250 - 2825} = 0,11844$$

Hasil perhitungan normalisasi pada periode 01 Februari 2021 yang diperoleh sebesar 0,11844. Hasil perhitungan normalisasi data dari saham BMRI disajikan pada Tabel 26.

Tabel 26. Normalisasi Data Saham BMRI

No	Tanggal	Data Aktual	Normalisasi
1	01 Februari 2021	3350	0,11864
2	02 Februari 2021	3237,5	0,09322
3	03 Februari 2021	3250	0,09604
4	04 Februari 2021	3287,5	0,10452
⋮	⋮	⋮	⋮
752	29 Februari 2024	7000	0,94350

Berdasarkan Tabel 26 menunjukkan hasil dari normalisasi data harga penutupan saham BMRI digunakan *min-max scaler*. Hasil tersebut dapat digunakan untuk mempercepat proses membuat skala data dalam rentang nilai yang sama.

4.2.3 Pembagian Data

Pembagian data dilakukan kinerja dari LSTM. Pada pembagian data terbagi kedalam dua data, yakni data *training* dan data *testing*. Pada pembagian data *training* digunakan 70% data dan data *testing* digunakan 30% data. Data *training* dengan metode LSTM dapat terbentuk suatu model yang akan diuji performasinya dengan data *testing*. Proses tersebut diulang terus-menerus hingga mendapatkan model terbaik. Adapun terbentuk plot dalam pembagian data *training* dan data *testing* disajikan pada Gambar 10.



Gambar 10. Plot Pembagian Data *Training* dan Data *Testing*

Berdasarkan Gambar 10 menunjukkan plot pembagian data antara data *training* dan data *testing*. Pada Gambar tersebut pada data *training* disajikan pada

plot berwarna biru, sedangkan plot berwarna merah sebagai data *testing*. Plot tersebut pembagian data berdasarkan harga penutupan saham optimal.

4.2.4 Long Short-Term Memory (LSTM)

Proses *Long Short-Term Memory* (LSTM) diawali dengan menentukan parameter nilai *weight* pada setiap *gate* LSTM. Nilai *weight* tersebut dengan menggunakan banyaknya data yang digunakan dalam proses LSTM. Perhitungan *weight* dapat menggunakan persamaan (24) sebagai berikut.

$$W = \left(-\frac{1}{\sqrt{n}}, \frac{1}{\sqrt{n}}\right)$$

$$W = \left(-\frac{1}{\sqrt{752}}, \frac{1}{\sqrt{752}}\right) = (-0,03647 ; 0,03647)$$

Nilai *weight* diinisiasikan dengan jangkauan (-0,03647 ; 0,03647). Nilai *weight* sebagai nilai yang akan digunakan dalam perhitungan *gates*. Perhitungan model LSTM berdasarkan struktur *gates* untuk mempertahankan dan memperbaharui keadaan *memory cell* sebagai berikut:

a. Perhitungan *forget gate* (f_t)

Perhitungan *forget gate* (f_t) untuk menentukan informasi yang harus dihapus dari *cell state*. *Forget gate* akan memproses dengan fungsi *sigmoid*. Perhitungan *forget gate* dapat menggunakan persamaan (23) sebagai berikut.

$$f_t = \sigma(W_f \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_f)$$

$$f_t = \sigma([0,03647 \times 0,11864 + 0,03647 \times 0,11864] + 1) = \sigma(1,00865)$$

$$f_t = 0,73276$$

Hasil perhitungan nilai dari *forget gate* diperoleh sebesar 0,73276. Tahapan selanjutnya dilakukan perhitungan *input gate*.

b. Perhitungan *input gate* (i_t)

Perhitungan *input gate* (i_t) dengan kata lain *hidden state* untuk memutuskan informasi baru yang disimpan di *cell state*. Pada perhitungan *input gate* menggunakan fungsi aktivasi *sigmoid*. Perhitungan *input gate* dapat menggunakan persamaan (25) sebagai berikut.

$$i_t = \sigma(W_i \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_i)$$

$$i_t = \sigma([0,03647 \times 0,11864 + 0,03647 \times 0,11864] + 0,5) = \sigma(0,50865)$$

$$i_t = 0,62449$$

Hasil perhitungan nilai dari *input gate* diperoleh sebesar 0,62449. Pada *input gate* terdapat proses lanjutan untuk membentuk *cell state* baru. Adapun perhitungan *cell state* baru sebagai berikut:

1. Perhitungan *cell gate* (\bar{C}_t)

Perhitungan *cell gate* (\bar{C}_t) digunakan untuk membentuk kandidat nilai baru. *cell gate* menggunakan fungsi tanh. Perhitungan *cell gate* dapat menggunakan persamaan (26) sebagai berikut.

$$\bar{C}_t = \tanh(W_c \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_c)$$

$$\bar{C}_t = \tanh([0,03647 \times 0,11864 + 0,03647 \times 0,11864] + 0)$$

$$\bar{C}_t = \tanh(0,0086530) = 0,0086528$$

Hasil perhitungan nilai dari *cell gate* atau diperoleh sebesar 0,0086528. Pada *cell gate* atau kandidat *cell state* baru dapat dilanjutkan untuk membentuk *cell state*.

2. Perhitungan *cell state* (C_t)

Perhitungan *cell state* (C_t) dengan menjumlahkan perkalian *forget gate* dan *cell state* sebelumnya, kemudian perkalian *input gate* dengan kandidat *cell state* baru. Perhitungan *cell state* dapat menggunakan persamaan (27) sebagai berikut.

$$C_t = f_t \cdot C_{t-1} + i_t \cdot \bar{C}_t$$

$$C_t = 0,73276 \times 0 + 0,62449 \times 0,0086528 = 0,00540$$

Hasil perhitungan nilai dari *cell state* diperoleh sebesar 0,00540. *Cell state* menjadikan informasi lebih baik.

c. Perhitungan *output gate* (o_t)

Perhitungan *output gate* (o_t) untuk mengontrol banyaknya nilai yang berada di dalam *memory cell*. *Output gate* menggunakan fungsi aktivasi *sigmoid*. Perhitungan *output gate* dapat menggunakan persamaan (28) sebagai berikut.

$$o_t = \sigma(W_o \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_o)$$

$$o_t = \sigma([0,03647 \times 0,11864 + 0,03647 \times 0,11864] + 0,1)$$

$$o_t = \sigma(0,10865) = 0,52714$$

Hasil perhitungan nilai dari *output gate* diperoleh sebesar 0,52714. Nilai *output gate* akan digunakan sebagai nilai akhir *output* dari dengan menggunakan fungsi *tanh* dari *cell state*. Perhitungan akhir dari *hidden state* dapat menggunakan persamaan (29) yang diformulasikan sebagai berikut.

$$h_t = o_t \cdot \tanh(C_t)$$

$$h_t = 0,52714 \times \tanh(0,00540) = 0,00285$$

Hasil perhitungan nilai dari akhir dari *output* diperoleh sebesar 0,00285. Nilai dari akhir dari *output* dapat digunakan untuk peramalan.

4.2.5 Model Long Short-Term Memory (LSTM)

Proses pelatihan model dari *Long Short-Term Memory* (LSTM) diawali dengan penentuan parameter nilai bobot tiap *gate* LSTM. Pada proses pelatihan model LSTM digunakan jangka waktu yang lama (*neuron*) digunakan sebanyak 50 unit. Pada masing-masing *layer* ketika dijumlahkan memperoleh total parameter sebanyak 71.051. Tahapan selanjutnya dilakukan *fitting* pada model data *training*. *Fitting* model berdasarkan data *training* data dapat disajikan pada Tabel 27.

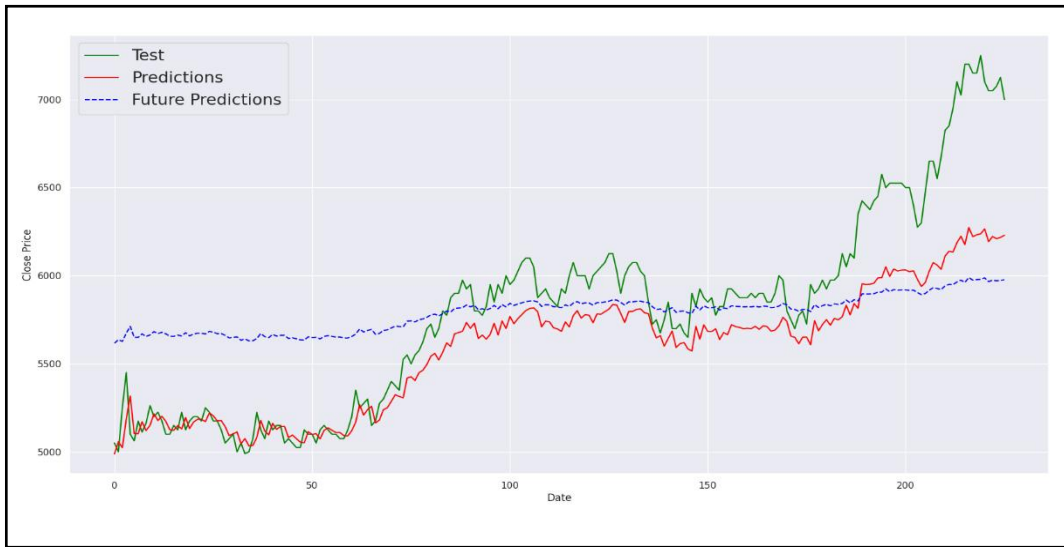
Tabel 27. *Fitting* Model Berdasarkan Data *Training*

Data Training	Epochs	Timesteps	Batch Size	Nilai Loss
70%	100	60	32	0,0208
70%	100	60	64	0,0225
70%	100	60	128	0,0272

Berdasarkan Tabel 27 menunjukkan *batch size* 32 terkecil yang artinya parameter ini digunakan jumlah sampel dalam data *training*. Pada nilai *loss* yang dimiliki terkecil sebesar 0,0208 yang artinya kurang dari satu menunjukkan rata-rata kesalahan dalam peramalan relatif kecil.

4.2.6 Hasil Peramalan *Long Short-Term Memory* (LSTM)

Peramalan dengan menggunakan *Long Short-Term Memory* (LSTM) didapatkan dengan pembagian data terbaik. Adapun dengan menggunakan *neuron* 50, *epoch* sebanyak 100, dan *optimizer* Adam. Plot data aktual dengan data peramalan disajikan pada Gambar 11.



Gambar 11. Plot Data Aktual Dengan Data Peramalan

Pada Gambar 11 menunjukkan model yang terbentuk menghasilkan *output* data aktual dengan data peramalan. Pada plot berwarna hijau menunjukkan hasil data *testing*. Hasil dari plot berwarna merah dan biru memiliki bentuk plot hampir sama dengan plot data *testing*, sehingga dapat memiliki akurasi yang baik. Adapun hasil peramalan berdasarkan data *testing* disajikan pada Tabel 28.

Tabel 28. Hasil Peramalan Dari Data *Testing*

No	Nilai Aktual	Hasil Peramalan
0	5050	5058,43
1	5000	5047,07
2	5250	5029,73
3	5450	5015,22
4	5100	5014,57
⋮	⋮	⋮
224	7125	6662,95
225	7000	6641,06

Berdasarkan Tabel 28 menunjukkan hasil peramalan berdasarkan data *testing*. Adapun hasil data *testing* dijadikan sebagai peramalan untuk satu hari

kedepan. Hasil peramalan menunjukkan cenderung lebih rendah daripada nilai aktual sehingga adanya *underestimation* dari hasil peramalan.

4.2.7 Denormalisasi Data

Proses denormalisasi digunakan untuk mengembalikan nilai data yang telah memperoleh hasil peramalan. Proses denormalisasi data untuk membandingkan antara data hasil peramalan dengan data data aktual. Adapun hasil denormalisasi data disajikan pada Tabel 29.

Tabel 29. Hasil Denormalisasi Data

Data ke-	Normalisasi	Denormalisasi
1 Februari 2021	0,118644	5943,687
2 Februari 2021	0,09322	5928,9043
3 Februari 2021	0,096045	5924,1113
4 Februari 2021	0,10452	5939,7554
5 Februari 2021	0,101695	5979,983
⋮	⋮	⋮
29 Februari 2024	0,94350	6303,906

Berdasarkan Tabel 29 menunjukkan hasil denormalisasi data. Hasil denormalisasi kembali menjadi bentuk data aktual hasil dari peramalan. Adapun hasil denormalisasi digunakan untuk perbandingan antara hasil peramalan kinerja harga saham BMRI dengan harga aktual dari saham BMRI.

4.2.8 Evaluasi Hasil Peramalan

Pada nilai *error* yang diperoleh dalam peramalan dapat menggunakan evaluasi peramalan. Evaluasi hasil peramalan digunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) pada saham BMRI diperoleh 4,23%. Hasil tersebut memiliki tingkat *error* kecil yang artinya memiliki peramalan menjadi sangat akurat. Hal ini dapat diperoleh peramalan kinerja harga saham dengan performa terbaik, sehingga diperoleh hasil peramalan peramalan pada tanggal 01 Maret 2024 menunjukkan kinerja harga saham Rp 6.894,574.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis Model Indeks Tunggal dan peramalan harga saham optimal terpilih dengan *Long Short-Term Memory* (LSTM), dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil analisis Model Indeks Tunggal menunjukkan bahwa saham optimal dari 41 saham *Blue Chip* terdapat 13 saham optimal. Berdasarkan 13 saham optimal tersebut, diperoleh saham yang paling optimal yaitu saham Bank Mandiri (Persero) Tbk atau BMRI. Hal tersebut ditunjukkan dengan *persentase* proporsi saham tertinggi yaitu sebesar 39,11%.
2. Hasil peramalan dengan *Long Short-Term Memory* (LSTM) pada saham paling optimal yang terpilih (BMRI), pada satu hari kedepan yaitu 01 Maret 2024 diperoleh Rp 6.893,574.
3. Akurasi peramalan dengan *Long Short-Term Memory* (LSTM) pada saham BMRI sangat baik. Hal ini ditunjukkan dengan hasil evaluasi peramalan berdasarkan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), sebesar 4,23%.

5.2 Saran

Berdasarkan penemuan penelitian, adapun saran yang dapat dikembangkan berdasarkan penelitian ini, antara lain:

1. Data harga saham penutupan yang digunakan pada Model Indeks Tunggal dapat dilakukan *update* data dan menggunakan lebih banyak jenis harga saham. Hal tersebut dapat menjadi pertimbangan dalam memperoleh saham yang optimal bagi para investor.
2. Jangkauan waktu peramalan dapat diperpanjang sehingga dapat lebih terlihat peramalannya dalam jangka waktu kedepan.
3. Metode peramalan dapat disesuaikan dengan kondisi data sehingga dapat ditemukan hasil peramala terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, S., Huda, M., Chasanah, S. I., Mursyidah, H., Ikhsan, F., Susilo, S., Firmansyah, A., Fauzi, R., Boy, K. D. V. 2022. Implementasi Model Indeks Tunggal Dalam Pembentukan Portofolio Optimal Pada Saham Syariah Mes Bumn 17 Periode New Normal. *Journal of Mathematics Education and Science*. **5(2)**: 157-163. <https://doi.org/10.32665/james.v5i2.563>
- Ardianto, T., Suhaedi, D., Sukarsih, I. 2019. Peramalan Jumlah Pasien Poli Umum di RSUD Pantura M.A. Sentot Menggunakan Metode Arima. Seminar Penelitian Sivitas Akademika Unisba (SPeSIA). Bandung, Indonesia, Februari.
- Budiman, J., Limgestu, R., Alvin., Nopry., Sugianto, I. T. 2023. Perilaku Keputusan Investasi Investor Pasar Saham Indonesia. *Jurnal Ilmiah Akuntansi Dan Keuangan*. **5(9)**: 3518-3526.
- Carnegie, M. D. A., Chairani, C. 2023. Perbandingan Long Short Term Memory (LSTM) dan Gated Recurrent Unit (GRU) Untuk Memprediksi Curah Hujan. *Jurnal Media Informatika Budidarma*. **7(3)**: 1022-1032. <http://dx.doi.org/10.30865/mib.v7i3.6213>
- Dewi, D. 2019. Pengaruh Laba Bersih Terhadap Harga Saham Pt. Media Nusantara Citra Tbk. *Jurnal Penelitian Ekonomi Akuntansi (JENSI)*. **3(1)**: 74-85. <https://doi.org/10.33060/jensi.v3i1.1866>
- Gumelar, F., Adha, F. Z., Rafi, F. A., Pontoh, R. S. 2022. Peramalan Harga Saham Bank BUMN Indonesia Menggunakan Long Short-Term Memory (LSTM). *BIAStatistics Journal of Statistics Theory and Application*. <https://doi.org/10.1234/bias.v2022i1.152>
- Gunadi, N. L. D. S., Widyatama, J. 2021. Perhitungan Sebagai Seorang Investor Saham Atas Besaran Pajak Yang Harus Dibayarkan Kepada Negara. *Jurnal Locus Delicti*. **2(1)**: 13-23. <https://doi.org/10.23887/jld.v2i1.455>
- Hana, A., Ambardi., Novida, I. 2024. Analisis Pengaruh Sosial Media, Risk Perception dan Literasi Keuangan Terhadap Keputusan Investasi di Pasar Modal Pada Kalangan Milineal. *Jurnal Maneksi*. **13(1)**: 216-225. <https://doi.org/10.31959/jm.v13i1>
- Huda, M., Abdullah, S., Chasanah, I. U., Mursyidah, H., Ikhsan, F., Susilo, S., Sukandar, R. S. 2022. Analisis Pembentukan Portofolio Optimal Saham-Saham JII30 Dengan Model Indeks Tunggal Periode New-Normal. *Jurnal Derivat*. **9(1)**: 32-46. <http://dx.doi.org/10.31316/j.derivat.v9i1.2758>

- Juanda, B., Junaidi. 2021. *Ekonometrika Deret Waktu*. 1st edition. Bogor: IPB Press.
- Khumaidi, A., Nirmala, I. K. 2022. *Algoritma Long Short Term Memory Dengan Hyperparameter Tuning: Prediksi Penjualan Produk*. Deepublish. Sleman: Cv Budi Utama.
- Mingka, M. F., Lubis, R. S. 2023. Analisis Portofolio Saham Optimal Dengan Metode Markowitz Dan Model Indeks Tunggal Pada Saham Perbankan Bursa Efek Indonesia. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*. **4(2)**: 709-727. <http://dx.doi.org/10.46306/lb.v4i2.322>
- Mulyati, S., Murni, A. 2018. Analisis Investasi Dan Penentuan Portofolio Saham Optimal Dengan Metode Indeks Tunggal (Studi Empiris Pada Idx 30 Yang Terdaftar Di Di Bursa Efek Indonesia Periode Agustus 2017-Januari 2018). *Jurnal Akuntansi dan Keuangan*. **6(2)**: 129-138. <https://doi.org/10.29103/jak.v6i2.1831>
- Ningrum, A. A., Syarif, I., Gunawan, A. I., Satriyanto, E., Muchtar, R. 2021. Algoritma Deep Learning-Lstm Untuk Memprediksi Umur Transformator. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*. **8(3)**: 539-548. <http://dx.doi.org/10.25126/jtiik.201743299>
- Nur, I. M., Nugrahanto, R., Fauzi, F. 2023. Cryptocurrency Price Prediction: A Hybrid Long Short-Term Memory Model With Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity. *BAREKENG: Journal of Mathematics and Its Applications*. **17(3)**:1575-1584. <https://doi.org/10.30598/barekengvol17iss3pp1575-1584>
- Paningrum, D. 2022. *Buku Referensi Investasi Pasar Modal*. 1st edition. Kediri: Lembaga Chakra Brahmanda Lentera.
- Permata, N. 2023. What Is Time Series Data And How To Analyze It Effectively. <https://mostly.ai/blog/times-series> [diakses 03 Juli 2024]
- Pramesti, D. D., Novitasari, D. C. R., Setiawan, F., Khaulasari, H. 2022. Long Short Term Memory (Lstm) For Predicting Velocity and Direction Sea Surface Current On Bali Strait. *Barekeng: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*. **16(2)**: 451-462. <https://doi.org/10.30598/barekengvol16iss2pp451-462>
- Pratiwi, R. A. I. 2023. Analisis Pembentukan Portofolio Optimal Menggunakan Model Indeks Tunggal pada Indeks ESG Quality 45 IDX KEHATI. *Jurnal Bahtera Inovasi*. **7(1)**: 83-94.
- Priyantono, V. R. A., Maruddani, D. A. I., Utami, I. T. 2023. Analisis Portofolio Optimal Menggunakan Model Indeks Tunggal Dan Pengukuran Value At Risk Dengan Simulasi Monte Carlo. *Jurnal Gaussian*. **12(2)**: 158-165. <https://doi.org/10.14710/j.gauss.12.2.158-165>

- Sawitri, N. P. Y. R., Sudiyani, N. N., Putri, I. G. 2023. Peningkatan Keputusan Investasi Saham Melalui Pendapatan Dan Literasi Keuangan. *Jurnal Ekonomi*. **28(2)**: 216–233. <https://doi.org/10.24912/je.v28i2.1435>
- Setyawan, W. N. 2017. Metode Markowitz Untuk Menentukan Portofolio Optimal Pada Perusahaan Retail Di BEI. *Jurnal Ilmu dan Riset Manajemen*. **6(2)**: 1-22.
- Seventeen, W. L., Shinta, S. D. 2021. Pengaruh Economic Value Added dan return On Equity (ROE) Terhadap Harga Saham pada perusahaan Investasi yang Terdaftar Di BEI Tahun 2016-2019. *Jurnal Akuntansi Unihaz*. **4(1)**: 138-146.
- Silalahi, V. I., Nugraha., Sari, M., Fajar, N. H. 2022. Analisis Single Index Model dalam Membentuk Portofolio Optimal pada Saham Perusahaan Jakarta Islamic Index (JII) Periode 2016-2020. *Jurnal Manajemen dan Bisnis*. **14(2)**: 203-220. <http://dx.doi.org/10.35448/jmb.v14i2.13876>
- Suherman, G., Firdaus, M. I. 2021. Indikator Ekonomi Regional dan Perilaku Investor di Jawa Barat. *Jurnal Riset Ilmu Ekonomi*. **1(2)**: 63-70. <http://dx.doi.org/10.23969/jrie.v1i2.12>
- Sumarjaya, I. Wayan. 2016. Modul Analisis Deret Waktu (MA633530). Universitas Udayana, Bali.
- Thirida, Z., Widyasari. A. 2023. Masuki Usia 26 Tahun, KSEI Siap Implementasikan 3 Rencana Strategis. *Siaran Pers*, 27 Desember, p. 3.
- Wahyuningsih, V. I., Montolalu, C. E. J. C., Manurung, T. 2021. Model Indeks Tunggal dalam Pembentukan Portofolio Optimal Sebelum dan Saat Pandemi Covid-19 Terhadap Saham LQ-45. *Jurnal Matematika dan Aplikasi*. **10(1)**: 24-30.
- Wijayanti, L. N., Kartikasari, M. D. 2023. Application Of Singular Spectrum Analysis Methodin Forecasting Indonesia Composite Data. *BAREKENG: Journal of Mathematics and Its Applications*. **17(1)**: 513-526. <https://doi.org/10.30598/barekengvol17iss1pp0513-0526>
- Wulandari, T. 2021. Analisis Pengaruh Varian dan Tingkat Suku Bunga Terhadap Return Saham Studi pada perusahaan IDX30 BEI. *Journal Management*. **20(3)**: 235-247. <http://dx.doi.org/10.33557/mbia.v20i3.1512>
- Yoani, A., Sediono., Mardianto, M. F. F., Pusporani, E. 2023. Prediksi Jumlah Kejadian Banjir Bulanan di Indonesia Berdasarkan Analisis Long Short Term Memory. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*. **7(4)**: 1663-1672. <https://doi.org/10.33379/gtech.v7i4.3346>

- Yotenka, R., Huda, F. F. E. 2020. Implementasi Long Short-Term Memory Pada Harga Saham Perusahaan Perkebunan Di Indonesia. *Jurnal UJMC (Unisda Journal of Mathematics and Computer Science)*. **6(1)**: 9-18. <https://doi.org/https://doi.org/10.52166/ujmc.v6i01.1927>
- Yudhawan, D. H. 2020. Implementasi Support Vector Regression Untuk Peramalan Harga Saham Perusahaan Pertambangan Di Indonesia. Skripsi. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Zulfiani, R. 2018. Analisis Pembentukan Portofolio Optimal Dengan Menggunakan Model Indeks Tunggal Pada Investasi Saham. Skripsi. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, Makassar.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Daftar Saham *Blue Chip*

Kode Saham	Nama Saham	Kode	Nama Saham
ACES	Ace Hardware Indonesia Tbk	INDY	Indika Energy Tbk
ADRO	Adaro Energy Indonesia Tbk	INKP	Indah Kiat Pulp & Paper Tbk
AKRA	AKR Corporindo Tbk	INTP	Indocement Tunggul Prakarsa Tbk
AMRT	Sumber Alfaria Trijaya Tbk	ITMG	Indo Tambangraya Megah Tbk
ANTM	Aneka Tambang Tbk	KLBF	Kalbe Farma Tbk
ARTO	Bank Jago Tbk	MAPI	Mitra Adiperkasa Tbk
ASII	Astra International Tbk	MDKA	Merdeka Copper Gold Tbk
BBCA	Bank Central Asia Tbk	MEDC	Medco Energi Internasional Tbk
BBNI	Bank Negara Indonesia (Persero) Tbk	PGAS	Perusahaan Gas Negara (Persero) Tbk
BBRI	Bank Rakyat Indonesia (Persero) Tbk	PTBA	Bukit Asam Tbk
BBTN	Bank Tabungan Negara (Persero) Tbk	SCMA	Surya Citra Media Tbk
BMRI	Bank Mandiri (Persero) Tbk	SIDO	Industri Jamu dan Farmasi Sido Muncul Tbk
BRIS	Bank Syariah Indonesia Tbk	SMGR	Semen Indonesia (Persero) Tbk
BRPT	Barito Pacific Tbk	SRTG	Saratoga Investama Sedaya Tbk
CPIN	Charoen Pokphand Indonesia Tbk	TBIG	Tower Bersama Infrastructure Tbk
EMTK	Elang Mahkota Teknologi Tbk	TLKM	Telkom Indonesia (Persero) Tbk
EXCL	XL Axiata Tbk	TOWR	Sarana Menara Nusantara Tbk
GGRM	Gudang Garam Tbk	TPIA	Chandra Asri Petrochemical Tbk
HRUM	Harum Energy Tbk	UNTR	United Tractors Tbk
ICBP	Indofood CBP Sukses Makmur Tbk	UNVR	Unilever Indonesia Tbk
INDF	Indofood Sukses Makmur Tbk		

Lampiran 2. Data Harga Saham Penutupan *Blue Chip*

TANGGA L	1 ACES	2 ADRO	3 AKRA	4 AMRT	5 ANTM	6 ARTO	7 ASII
02/01/2021	1525	1180	674	1020	2840	8293,2	5400
03/01/2021	1525	1175	644	900	2250	9725	5275
04/01/2021	1480	1245	654	950	2490	10150	5500
05/01/2021	1495	1190	648	905	2450	12150	5250
06/01/2021	1250	1205	630	1250	2300	13625	4940
07/01/2021	1320	1335	720	1350	2520	17950	4720
08/01/2021	1390	1260	778	1350	2390	15175	5225
09/01/2021	1270	1760	872	1380	2290	15100	5500
10/01/2021	1410	1680	854	1195	2340	15500	6025
11/01/2021	1305	1700	794	1180	2300	15825	5775
12/01/2021	1280	2250	822	1215	2250	16000	5700
01/01/2022	1235	2240	730	1165	1770	16400	5475
02/01/2022	1070	2450	755	1090	2220	16175	5800
03/01/2022	1025	2690	910	1520	2440	14650	6575
04/01/2022	1045	3340	1070	1710	2600	11650	7575
05/01/2022	960	3270	1120	1820	2510	9375	7350
06/01/2022	770	2860	1030	2040	1800	9150	6625
07/01/2022	710	3250	1250	1875	1955	10575	6325
08/01/2022	720	3540	1200	2180	1990	8425	6975
09/01/2022	610	3960	1350	2390	1940	6600	6625
10/01/2022	565	3980	1560	2820	1845	5100	6650
11/01/2022	500	3870	1385	3090	1985	4590	6050
12/01/2022	496	3850	1400	2650	1985	3720	5700
01/01/2023	490	2960	1310	2830	2310	3210	6000
02/01/2023	505	2990	1385	2900	1990	2510	6100
03/01/2023	478	2900	1550	2880	2090	2420	6000
04/01/2023	450	3130	1620	2900	2100	2070	6750
05/01/2023	630	2040	1365	2640	1895	2380	6450
06/01/2023	675	2230	1420	2580	1950	3180	6775
07/01/2023	720	2410	1385	2700	1985	2910	6850
08/01/2023	730	2670	1400	2900	1990	2330	6450
09/01/2023	750	2850	1545	2960	1815	2020	6225
10/01/2023	800	2560	1490	2890	1705	1575	5775
11/01/2023	755	2620	1435	2870	1740	3200	5400
12/01/2023	720	2380	1475	2930	1705	2900	5650
01/01/2024	850	2400	1620	2650	1550	3210	5125
02/01/2024	830	2460	1620	2630	1410	3050	5325

TANGGAL	8	9	10	11	12	...	41
	BBCA	BBNI	BBRI	BBTN	BMRI	...	UNVR
02/01/2021	6710	2975	4710	2070	3075	...	7000
03/01/2021	6215	2862,5	4400	1720	3075	...	6575
04/01/2021	6405	2850	4050	1590	3087,5	...	6000
05/01/2021	6375	2700	4260	1635	3000	...	5850
06/01/2021	6025	2315	3940	1370	2950	...	4950
07/01/2021	5970	2390	3710	1315	2850	...	4220
08/01/2021	6550	2700	3572,7	1405	3050	...	4050
09/01/2021	7000	2687,5	3850	1420	3075	...	3950
10/01/2021	7475	3500	4250	1780	3587,5	...	4420
11/01/2021	7275	3400	4090	1710	3500	...	4480
12/01/2021	7300	3375	4110	1730	3512,5	...	4110
01/01/2022	7625	3662,5	4070	1690	3737,5	...	4030
02/01/2022	8050	4000	4550	1775	3850	...	3680
03/01/2022	7975	4125	4660	1715	3950	...	3660
04/01/2022	8125	4612,5	4870	1845	4475	...	3890
05/01/2022	7750	4587,5	4630	1700	4250	...	4730
06/01/2022	7250	3925	4150	1455	3962,5	...	4770
07/01/2022	7350	3925	4360	1470	4137,5	...	4510
08/01/2022	8200	4262,5	4340	1505	4425	...	4590
09/01/2022	8550	4487,5	4490	1485	4712,5	...	4830
10/01/2022	8800	4700	4650	1545	5275	...	4640
11/01/2022	9300	4950	4980	1535	5262,5	...	4800
12/01/2022	8550	4612,5	4940	1350	4962,5	...	4700
01/01/2023	8475	4575	4580	1360	4975	...	4660
02/01/2023	8750	4387,5	4670	1325	5000	...	4180
03/01/2023	8750	4675	4730	1225	5162,5	...	4350
04/01/2023	9050	4712,5	5100	1245	5175	...	4400
05/01/2023	9050	4525	5575	1280	5050	...	4530
06/01/2023	9150	4575	5425	1320	5200	...	4260
07/01/2023	9125	4437,5	5650	1315	5725	...	3850
08/01/2023	9175	4587,5	5550	1255	6025	...	3670
09/01/2023	8825	5162,5	5225	1220	6025	...	3740
10/01/2023	8750	4790	4960	1225	5675	...	3620
11/01/2023	8975	5275	5275	1295	5850	...	3650
12/01/2023	9400	5375	5725	1250	6050	...	3530
01/01/2024	9550	5750	5700	1305	6650	...	3100
02/01/2024	9700	5750	5850	1255	6950	...	3270

Lampiran 3. Data Harga Pasar dan *Return* Aktiva Bebas Risiko

TANGGAL	IHSG	R_{br}
02/01/2021	6241,796	3,50%
03/01/2021	5985,522	3,50%
04/01/2021	5995,616	3,50%
05/01/2021	5947,463	3,50%
06/01/2021	5985,489	3,50%
07/01/2021	6070,039	3,50%
08/01/2021	6150,299	3,50%
09/01/2021	6286,943	3,50%
10/01/2021	6591,346	3,50%
11/01/2021	6533,932	3,50%
12/01/2021	6581,482	3,50%
01/01/2022	6631,151	3,50%
02/01/2022	6888,171	3,50%
03/01/2022	7071,442	3,50%
04/01/2022	7228,914	3,50%
05/01/2022	7148,97	3,50%
06/01/2022	6911,582	3,50%
07/01/2022	6951,123	3,50%
08/01/2022	7178,59	3,75%
09/01/2022	7040,798	4,25%
10/01/2022	7098,89	4,75%
11/01/2022	7081,313	5,25%
12/01/2022	6850,619	5,50%
01/01/2023	6839,342	5,75%
02/01/2023	6843,239	5,75%
03/01/2023	6805,277	5,75%
04/01/2023	6915,716	5,75%
05/01/2023	6633,261	5,75%
06/01/2023	6661,879	5,75%
07/01/2023	6931,359	5,75%
08/01/2023	6953,26	5,75%
09/01/2023	6939,892	5,75%
10/01/2023	6752,211	6,00%
11/01/2023	7080,741	6,00%
12/01/2023	7272,797	6,00%
01/01/2024	7207,941	6,00%
02/01/2024	7335,545	6,00%

Lampiran 4. Data Return Saham (R_{it}) dan Return Pasar (R_{mt})

TANGGAL	1	2	3	4	5	6	7
	ACES	ADRO	AKRA	AMRT	ANTM	ARTO	ASII
03/01/2021	0,0000	-0,0042	-0,0445	-0,1176	-0,2077	0,1726	-0,0231
04/01/2021	-0,0295	0,0596	0,0155	0,0556	0,1067	0,0437	0,0427
05/01/2021	0,0101	-0,0442	-0,0092	-0,0474	-0,0161	0,1970	-0,0455
06/01/2021	-0,1639	0,0126	-0,0278	0,3812	-0,0612	0,1214	-0,0590
07/01/2021	0,0560	0,1079	0,1429	0,0800	0,0957	0,3174	-0,0445
08/01/2021	0,0530	-0,0562	0,0806	0,0000	-0,0516	-0,1546	0,1070
09/01/2021	-0,0863	0,3968	0,1208	0,0222	-0,0418	-0,0049	0,0526
10/01/2021	0,1102	-0,0455	-0,0206	-0,1341	0,0218	0,0265	0,0955
11/01/2021	-0,0745	0,0119	-0,0703	-0,0126	-0,0171	0,0210	-0,0415
12/01/2021	-0,0192	0,3235	0,0353	0,0297	-0,0217	0,0111	-0,0130
01/01/2022	-0,0352	-0,0044	-0,1119	-0,0412	-0,2133	0,0250	-0,0395
02/01/2022	-0,1336	0,0938	0,0342	-0,0644	0,2542	-0,0137	0,0594
03/01/2022	-0,0421	0,0980	0,2053	0,3945	0,0991	-0,0943	0,1336
04/01/2022	0,0195	0,2416	0,1758	0,1250	0,0656	-0,2048	0,1521
05/01/2022	-0,0813	-0,0210	0,0467	0,0643	-0,0346	-0,1953	-0,0297
06/01/2022	-0,1979	-0,1254	-0,0804	0,1209	-0,2829	-0,0240	-0,0986
07/01/2022	-0,0779	0,1364	0,2136	-0,0809	0,0861	0,1557	-0,0453
08/01/2022	0,0141	0,0892	-0,0400	0,1627	0,0179	-0,2033	0,1028
09/01/2022	-0,1528	0,1186	0,1250	0,0963	-0,0251	-0,2166	-0,0502
10/01/2022	-0,0738	0,0051	0,1556	0,1799	-0,0490	-0,2273	0,0038
11/01/2022	-0,1150	-0,0276	-0,1122	0,0957	0,0759	-0,1000	-0,0902
12/01/2022	-0,0080	-0,0052	0,0108	-0,1424	0,0000	-0,1895	-0,0579
01/01/2023	-0,0121	-0,2312	-0,0643	0,0679	0,1637	-0,1371	0,0526
02/01/2023	0,0306	0,0101	0,0573	0,0247	-0,1385	-0,2181	0,0167
03/01/2023	-0,0535	-0,0301	0,1191	-0,0069	0,0503	-0,0359	-0,0164
04/01/2023	-0,0586	0,0793	0,0452	0,0069	0,0048	-0,1446	0,1250
05/01/2023	0,4000	-0,3482	-0,1574	-0,0897	-0,0976	0,1498	-0,0444
06/01/2023	0,0714	0,0931	0,0403	-0,0227	0,0290	0,3361	0,0504
07/01/2023	0,0667	0,0807	-0,0246	0,0465	0,0179	-0,0849	0,0111
08/01/2023	0,0139	0,1079	0,0108	0,0741	0,0025	-0,1993	-0,0584
09/01/2023	0,0274	0,0674	0,1036	0,0207	-0,0879	-0,1330	-0,0349
10/01/2023	0,0667	-0,1018	-0,0356	-0,0236	-0,0606	-0,2203	-0,0723
11/01/2023	-0,0563	0,0234	-0,0369	-0,0069	0,0205	1,0317	-0,0649
12/01/2023	-0,0464	-0,0916	0,0279	0,0209	-0,0201	-0,0938	0,0463
01/01/2024	0,1806	0,0084	0,0983	-0,0956	-0,0909	0,1069	-0,0929
02/01/2024	-0,0235	0,0250	0,0000	-0,0075	-0,0903	-0,0498	0,0390

TANGGAL	8	9	10	11	12	...	41	IHSG
	BBCA	BBNI	BBRI	BBTN	BMRI	...	UNVR	
03/01/2021	-0,0738	-0,0378	-0,0658	-0,1691	0,0000	...	-0,0607	-0,0411
04/01/2021	0,0306	-0,0044	-0,0795	-0,0756	0,0041	...	-0,0875	0,0017
05/01/2021	-0,0047	-0,0526	0,0519	0,0283	-0,0283	...	-0,0250	-0,0080
06/01/2021	-0,0549	-0,1426	-0,0751	-0,1621	-0,0167	...	-0,1538	0,0064
07/01/2021	-0,0091	0,0324	-0,0584	-0,0401	-0,0339	...	-0,1475	0,0141
08/01/2021	0,0972	0,1297	-0,0370	0,0684	0,0702	...	-0,0403	0,0132
09/01/2021	0,0687	-0,0046	0,0776	0,0107	0,0082	...	-0,0247	0,0222
10/01/2021	0,0679	0,3023	0,1039	0,2535	0,1667	...	0,1190	0,0484
11/01/2021	-0,0268	-0,0286	-0,0376	-0,0393	-0,0244	...	0,0136	-0,0087
12/01/2021	0,0034	-0,0074	0,0049	0,0117	0,0036	...	-0,0826	0,0073
01/01/2022	0,0445	0,0852	-0,0097	-0,0231	0,0641	...	-0,0195	0,0075
02/01/2022	0,0557	0,0922	0,1179	0,0503	0,0301	...	-0,0868	0,0388
03/01/2022	-0,0093	0,0313	0,0242	-0,0338	0,0260	...	-0,0054	0,0266
04/01/2022	0,0188	0,1182	0,0451	0,0758	0,1329	...	0,0628	0,0223
05/01/2022	-0,0462	-0,0054	-0,0493	-0,0786	-0,0503	...	0,2159	-0,0111
06/01/2022	-0,0645	-0,1444	-0,1037	-0,1441	-0,0676	...	0,0085	-0,0332
07/01/2022	0,0138	0,0000	0,0506	0,0103	0,0442	...	-0,0545	0,0057
08/01/2022	0,1156	0,0860	-0,0046	0,0238	0,0695	...	0,0177	0,0327
09/01/2022	0,0427	0,0528	0,0346	-0,0133	0,0650	...	0,0523	-0,0192
10/01/2022	0,0292	0,0474	0,0356	0,0404	0,1194	...	-0,0393	0,0083
11/01/2022	0,0568	0,0532	0,0710	-0,0065	-0,0024	...	0,0345	-0,0025
12/01/2022	-0,0806	-0,0682	-0,0080	-0,1205	-0,0570	...	-0,0208	-0,0326
01/01/2023	-0,0088	-0,0081	-0,0729	0,0074	0,0025	...	-0,0085	-0,0016
02/01/2023	0,0324	-0,0410	0,0197	-0,0257	0,0050	...	-0,1030	0,0006
03/01/2023	0,0000	0,0655	0,0128	-0,0755	0,0325	...	0,0407	-0,0055
04/01/2023	0,0343	0,0080	0,0782	0,0163	0,0024	...	0,0115	0,0162
05/01/2023	0,0000	-0,0398	0,0931	0,0281	-0,0242	...	0,0295	-0,0408
06/01/2023	0,0110	0,0110	-0,0269	0,0313	0,0297	...	-0,0596	0,0043
07/01/2023	-0,0027	-0,0301	0,0415	-0,0038	0,1010	...	-0,0962	0,0405
08/01/2023	0,0055	0,0338	-0,0177	-0,0456	0,0524	...	-0,0468	0,0032
09/01/2023	-0,0381	0,1253	-0,0586	-0,0279	0,0000	...	0,0191	-0,0019
10/01/2023	-0,0085	-0,0722	-0,0507	0,0041	-0,0581	...	-0,0321	-0,0270
11/01/2023	0,0257	0,1013	0,0635	0,0571	0,0308	...	0,0083	0,0487
12/01/2023	0,0474	0,0190	0,0853	-0,0347	0,0342	...	-0,0329	0,0271
01/01/2024	0,0160	0,0698	-0,0044	0,0440	0,0992	...	-0,1218	-0,0089
02/01/2024	0,0157	0,0000	0,0263	-0,0383	0,0451	...	0,0548	0,0177

Lampiran 5. Perhitungan Antar *Return* Saham dan *Return* Pasar

	1	2	3	4	5	6	7
TANGGAL	ACES	ADRO	AKRA	AMRT	ANTM	ARTO	ASII
03/01/2021	0.0117	-0.0335	-0.0731	-0.1503	-0.1940	0.1790	-0.0250
04/01/2021	-0.0178	0.0303	-0.0131	0.0229	0.1205	0.0501	0.0408
05/01/2021	0.0218	-0.0735	-0.0378	-0.0800	-0.0023	0.2034	-0.0473
06/01/2021	-0.1522	-0.0167	-0.0564	0.3485	-0.0474	0.1278	-0.0609
07/01/2021	0.0677	0.0786	0.1143	0.0473	0.1094	0.3238	-0.0464
08/01/2021	0.0647	-0.0855	0.0520	-0.0327	-0.0378	-0.1482	0.1051
09/01/2021	-0.0746	0.3676	0.0922	-0.0105	-0.0280	0.0014	0.0507
10/01/2021	0.1219	-0.0747	-0.0492	-0.1667	0.0356	0.0329	0.0936
11/01/2021	-0.0628	-0.0174	-0.0988	-0.0452	-0.0033	0.0273	-0.0434
12/01/2021	-0.0075	0.2943	0.0067	-0.0030	-0.0079	0.0174	-0.0149
01/01/2022	-0.0235	-0.0337	-0.1405	-0.0738	-0.1995	0.0314	-0.0414
02/01/2022	-0.1219	0.0645	0.0057	-0.0971	0.2680	-0.0074	0.0575
03/01/2022	-0.0304	0.0687	0.1767	0.3618	0.1129	-0.0879	0.1317
04/01/2022	0.0312	0.2124	0.1472	0.0923	0.0794	-0.1984	0.1502
05/01/2022	-0.0696	-0.0502	0.0181	0.0316	-0.0208	-0.1889	-0.0316
06/01/2022	-0.1862	-0.1547	-0.1089	0.0882	-0.2691	-0.0176	-0.1005
07/01/2022	-0.0662	0.1071	0.1850	-0.1136	0.0999	0.1621	-0.0472
08/01/2022	0.0258	0.0600	-0.0686	0.1300	0.0317	-0.1969	0.1009
09/01/2022	-0.1411	0.0894	0.0964	0.0637	-0.0113	-0.2103	-0.0521
10/01/2022	-0.0621	-0.0242	0.1270	0.1472	-0.0352	-0.2209	0.0019
11/01/2022	-0.1034	-0.0569	-0.1408	0.0631	0.0897	-0.0936	-0.0921
12/01/2022	0.0037	-0.0344	-0.0177	-0.1751	0.0138	-0.1832	-0.0597
01/01/2023	-0.0004	-0.2604	-0.0929	0.0352	0.1775	-0.1307	0.0507
02/01/2023	0.0423	-0.0191	0.0287	-0.0079	-0.1247	-0.2117	0.0148
03/01/2023	-0.0418	-0.0594	0.0906	-0.0396	0.0640	-0.0295	-0.0183
04/01/2023	-0.0469	0.0500	0.0166	-0.0257	0.0186	-0.1383	0.1231
05/01/2023	0.4117	-0.3775	-0.1860	-0.1223	-0.0838	0.1561	-0.0463
06/01/2023	0.0831	0.0639	0.0117	-0.0554	0.0428	0.3425	0.0485
07/01/2023	0.0784	0.0514	-0.0532	0.0138	0.0317	-0.0785	0.0092
08/01/2023	0.0256	0.0786	-0.0177	0.0414	0.0163	-0.1929	-0.0603
09/01/2023	0.0391	0.0381	0.0750	-0.0120	-0.0741	-0.1267	-0.0368
10/01/2023	0.0784	-0.1310	-0.0642	-0.0563	-0.0468	-0.2139	-0.0742
11/01/2023	-0.0446	-0.0058	-0.0655	-0.0396	0.0343	1.0381	-0.0668
12/01/2023	-0.0347	-0.1209	-0.0007	-0.0118	-0.0063	-0.0874	0.0444
01/01/2024	0.1922	-0.0209	0.0697	-0.1282	-0.0771	0.1133	-0.0948
02/01/2024	-0.0118	-0.0043	-0.0286	-0.0402	-0.0765	-0.0435	0.0371

TANGGAL	8	9	10	11	12	...	41	IHSG
	BBCA	BBNI	BBRI	BBTN	BMRI	...	UNVR	
03/01/2021	-0,0850	-0,0594	-0,0735	-0,1581	-0,0243	...	-0,0423	-0,0458
04/01/2021	0,0193	-0,0260	-0,0873	-0,0646	-0,0203	...	-0,0691	-0,0031
05/01/2021	-0,0159	-0,0742	0,0441	0,0393	-0,0527	...	-0,0066	-0,0128
06/01/2021	-0,0662	-0,1642	-0,0828	-0,1511	-0,0410	...	-0,1355	0,0016
07/01/2021	-0,0204	0,0108	-0,0661	-0,0291	-0,0582	...	-0,1291	0,0094
08/01/2021	0,0859	0,1081	-0,0447	0,0794	0,0459	...	-0,0219	0,0085
09/01/2021	0,0575	-0,0262	0,0699	0,0217	-0,0161	...	-0,0063	0,0175
10/01/2021	0,0566	0,2807	0,0962	0,2645	0,1423	...	0,1374	0,0437
11/01/2021	-0,0380	-0,0502	-0,0454	-0,0283	-0,0487	...	0,0319	-0,0135
12/01/2021	-0,0078	-0,0289	-0,0028	0,0227	-0,0208	...	-0,0642	0,0025
01/01/2022	0,0333	0,0636	-0,0174	-0,0121	0,0397	...	-0,0011	0,0028
02/01/2022	0,0445	0,0706	0,1102	0,0613	0,0058	...	-0,0685	0,0340
03/01/2022	-0,0206	0,0097	0,0165	-0,0228	0,0016	...	0,0129	0,0219
04/01/2022	0,0076	0,0966	0,0373	0,0868	0,1086	...	0,0812	0,0175
05/01/2022	-0,0574	-0,0270	-0,0570	-0,0676	-0,0746	...	0,2343	-0,0158
06/01/2022	-0,0758	-0,1660	-0,1114	-0,1331	-0,0920	...	0,0268	-0,0380
07/01/2022	0,0025	-0,0216	0,0429	0,0213	0,0198	...	-0,0361	0,0010
08/01/2022	0,1044	0,0644	-0,0123	0,0348	0,0452	...	0,0361	0,0280
09/01/2022	0,0314	0,0312	0,0268	-0,0023	0,0406	...	0,0707	-0,0240
10/01/2022	0,0180	0,0258	0,0279	0,0514	0,0950	...	-0,0210	0,0035
11/01/2022	0,0456	0,0316	0,0633	0,0045	-0,0267	...	0,0528	-0,0072
12/01/2022	-0,0919	-0,0898	-0,0157	-0,1095	-0,0813	...	-0,0025	-0,0373
01/01/2023	-0,0200	-0,0297	-0,0806	0,0184	-0,0218	...	0,0099	-0,0064
02/01/2023	0,0212	-0,0626	0,0119	-0,0257	-0,0193	...	-0,0846	-0,0042
03/01/2023	-0,0112	0,0439	0,0051	-0,0645	0,0082	...	0,0590	-0,0103
04/01/2023	0,0230	-0,0136	0,0705	0,0273	-0,0219	...	0,0299	0,0115
05/01/2023	-0,0112	-0,0614	0,0854	0,0391	-0,0485	...	0,0479	-0,0456
06/01/2023	-0,0002	-0,0105	-0,0346	0,0423	0,0054	...	-0,0412	-0,0004
07/01/2023	-0,0140	-0,0516	0,0338	0,0072	0,0766	...	-0,0779	0,0357
08/01/2023	-0,0058	0,0122	-0,0254	-0,0346	0,0281	...	-0,0284	-0,0016
09/01/2023	-0,0494	0,1038	-0,0663	-0,0169	-0,0243	...	0,0374	-0,0067
10/01/2023	-0,0197	-0,0937	-0,0584	0,0151	-0,0824	...	-0,0137	-0,0318
11/01/2023	0,0257	0,0797	0,0558	0,0681	0,0065	...	0,0267	0,0439
12/01/2023	0,0474	-0,0026	0,0776	-0,0237	0,0099	...	-0,0145	0,0224
01/01/2024	0,0160	0,0482	-0,0121	0,0550	0,0748	...	-0,1034	-0,0137
02/01/2024	0,0157	-0,0216	0,0186	-0,0273	0,0208	...	0,0732	0,0129

Lampiran 6. Covariance Antar Return Saham dan Return Pasar

TANGGAL	1	2	3	4	5	6	7
	ACES	ADRO	AKRA	AMRT	ANTM	ARTO	ASII
03/01/2021	-0,0005	0,0015	0,0033	0,0069	0,0089	-0,0082	0,0011
04/01/2021	0,0001	-0,0001	0,0000	-0,0001	-0,0004	-0,0002	-0,0001
05/01/2021	-0,0003	0,0009	0,0005	0,0010	0,0000	-0,0026	0,0006
06/01/2021	-0,0002	0,0000	-0,0001	0,0006	-0,0001	0,0002	-0,0001
07/01/2021	0,0006	0,0007	0,0011	0,0004	0,0010	0,0030	-0,0004
08/01/2021	0,0005	-0,0007	0,0004	-0,0003	-0,0003	-0,0013	0,0009
09/01/2021	-0,0013	0,0064	0,0016	-0,0002	-0,0005	0,0000	0,0009
10/01/2021	0,0053	-0,0033	-0,0021	-0,0073	0,0016	0,0014	0,0041
11/01/2021	0,0008	0,0002	0,0013	0,0006	0,0000	-0,0004	0,0006
12/01/2021	0,0000	0,0007	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
01/01/2022	-0,0001	-0,0001	-0,0004	-0,0002	-0,0006	0,0001	-0,0001
02/01/2022	-0,0041	0,0022	0,0002	-0,0033	0,0091	-0,0003	0,0020
03/01/2022	-0,0007	0,0015	0,0039	0,0079	0,0025	-0,0019	0,0029
04/01/2022	0,0005	0,0037	0,0026	0,0016	0,0014	-0,0035	0,0026
05/01/2022	0,0011	0,0008	-0,0003	-0,0005	0,0003	0,0030	0,0005
06/01/2022	0,0071	0,0059	0,0041	-0,0033	0,0102	0,0007	0,0038
07/01/2022	-0,0001	0,0001	0,0002	-0,0001	0,0001	0,0002	0,0000
08/01/2022	0,0007	0,0017	-0,0019	0,0036	0,0009	-0,0055	0,0028
09/01/2022	0,0034	-0,0021	-0,0023	-0,0015	0,0003	0,0050	0,0012
10/01/2022	-0,0002	-0,0001	0,0004	0,0005	-0,0001	-0,0008	0,0000
11/01/2022	0,0007	0,0004	0,0010	-0,0005	-0,0006	0,0007	0,0007
12/01/2022	-0,0001	0,0013	0,0007	0,0065	-0,0005	0,0068	0,0022
01/01/2023	0,0000	0,0017	0,0006	-0,0002	-0,0011	0,0008	-0,0003
02/01/2023	-0,0002	0,0001	-0,0001	0,0000	0,0005	0,0009	-0,0001
03/01/2023	0,0004	0,0006	-0,0009	0,0004	-0,0007	0,0003	0,0002
04/01/2023	-0,0005	0,0006	0,0002	-0,0003	0,0002	-0,0016	0,0014
05/01/2023	-0,0188	0,0172	0,0085	0,0056	0,0038	-0,0071	0,0021
06/01/2023	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0002	0,0000
07/01/2023	0,0028	0,0018	-0,0019	0,0005	0,0011	-0,0028	0,0003
08/01/2023	0,0000	-0,0001	0,0000	-0,0001	0,0000	0,0003	0,0001
09/01/2023	-0,0003	-0,0003	-0,0005	0,0001	0,0005	0,0008	0,0002
10/01/2023	-0,0025	0,0042	0,0020	0,0018	0,0015	0,0068	0,0024
11/01/2023	-0,0020	-0,0003	-0,0029	-0,0017	0,0015	0,0456	-0,0029
12/01/2023	-0,0008	-0,0027	0,0000	-0,0003	-0,0001	-0,0020	0,0010
01/01/2024	-0,0026	0,0003	-0,0010	0,0018	0,0011	-0,0015	0,0013
02/01/2024	-0,0002	-0,0001	-0,0004	-0,0005	-0,0010	-0,0006	0,0005
Σ	-0,0113	0,0447	0,0179	0,0195	0,0405	0,0365	0,0323
$\sigma_{i,m}$	-0,0003	0,0012	0,0005	0,0005	0,0011	0,0010	0,0009

TANGGAL	8	9	10	11	12	...	41
	BBCA	BBNI	BBRI	BBTN	BMRI	...	UNVR
03/01/2021	0,0039	0,0027	0,0034	0,0072	0,0011	...	0,0019
04/01/2021	-0,0001	0,0001	0,0003	0,0002	0,0001	...	0,0002
05/01/2021	0,0002	0,0009	-0,0006	-0,0005	0,0007	...	0,0001
06/01/2021	-0,0001	-0,0003	-0,0001	-0,0002	-0,0001	...	-0,0002
07/01/2021	-0,0002	0,0001	-0,0006	-0,0003	-0,0005	...	-0,0012
08/01/2021	0,0007	0,0009	-0,0004	0,0007	0,0004	...	-0,0002
09/01/2021	0,0010	-0,0005	0,0012	0,0004	-0,0003	...	-0,0001
10/01/2021	0,0025	0,0123	0,0042	0,0115	0,0062	...	0,0060
11/01/2021	0,0005	0,0007	0,0006	0,0004	0,0007	...	-0,0004
12/01/2021	0,0000	-0,0001	0,0000	0,0001	-0,0001	...	-0,0002
01/01/2022	0,0001	0,0002	0,0000	0,0000	0,0001	...	0,0000
02/01/2022	0,0015	0,0024	0,0037	0,0021	0,0002	...	-0,0023
03/01/2022	-0,0004	0,0002	0,0004	-0,0005	0,0000	...	0,0003
04/01/2022	0,0001	0,0017	0,0007	0,0015	0,0019	...	0,0014
05/01/2022	0,0009	0,0004	0,0009	0,0011	0,0012	...	-0,0037
06/01/2022	0,0029	0,0063	0,0042	0,0051	0,0035	...	-0,0010
07/01/2022	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	...	0,0000
08/01/2022	0,0029	0,0018	-0,0003	0,0010	0,0013	...	0,0010
09/01/2022	-0,0008	-0,0007	-0,0006	0,0001	-0,0010	...	-0,0017
10/01/2022	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0003	...	-0,0001
11/01/2022	-0,0003	-0,0002	-0,0005	0,0000	0,0002	...	-0,0004
12/01/2022	0,0034	0,0034	0,0006	0,0041	0,0030	...	0,0001
01/01/2023	0,0001	0,0002	0,0005	-0,0001	0,0001	...	-0,0001
02/01/2023	-0,0001	0,0003	0,0000	0,0001	0,0001	...	0,0004
03/01/2023	0,0001	-0,0005	-0,0001	0,0007	-0,0001	...	-0,0006
04/01/2023	0,0003	-0,0002	0,0008	0,0003	-0,0003	...	0,0003
05/01/2023	0,0005	0,0028	-0,0039	-0,0018	0,0022	...	-0,0022
06/01/2023	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	...	0,0000
07/01/2023	-0,0005	-0,0018	0,0012	0,0003	0,0027	...	-0,0028
08/01/2023	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	...	0,0000
09/01/2023	0,0003	-0,0007	0,0004	0,0001	0,0002	...	-0,0003
10/01/2023	0,0006	0,0030	0,0019	-0,0005	0,0026	...	0,0004
11/01/2023	0,0011	0,0035	0,0024	0,0030	0,0003	...	0,0012
12/01/2023	0,0011	-0,0001	0,0017	-0,0005	0,0002	...	-0,0003
01/01/2024	-0,0002	-0,0007	0,0002	-0,0008	-0,0010	...	0,0014
02/01/2024	0,0002	-0,0003	0,0002	-0,0004	0,0003	...	0,0009
Σ	0,0224	0,0379	0,0226	0,0344	0,0263		-0,0020
$\sigma_{i,m}$	0,0006	0,0011	0,0006	0,0010	0,0007		-0,0001

Lampiran 7. Data Harga Saham Penutupan Bank Mandiri (Persero) Tbk

Tanggal	Data Aktual
2/1/2021	3350
2/2/2021	3237,5
2/3/2021	3250
2/4/2021	3287,5
2/5/2021	3275
2/8/2021	3287,5
2/9/2021	3250
2/10/2021	3250
2/11/2021	3250
2/15/2021	3250
2/16/2021	3237,5
2/17/2021	3175
2/18/2021	3125
2/19/2021	3187,5
2/22/2021	3187,5
2/23/2021	3162,5
2/24/2021	3187,5
2/25/2021	3137,5
2/26/2021	3075
3/1/2021	3287,5
3/2/2021	3300
3/3/2021	3300
3/4/2021	3275
3/5/2021	3237,5
3/8/2021	3212,5
3/9/2021	3212,5
3/10/2021	3250
3/12/2021	3362,5
3/15/2021	3325
3/16/2021	3275
3/17/2021	3262,5
3/18/2021	3400
⋮	⋮
2/28/2024	7125
2/29/2024	7000