

SKRIPSI

**ANALISIS PEMILIHAN PORTOFOLIO MENGGUNAKAN
PENDEKATAN RATAAN-VARIANSI DAN ENTROPI**



ELBERT LOUIS

NPM: 6161801024

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN SAINS
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
2022**

FINAL PROJECT

**ANALYSIS OF PORTFOLIO SELECTION USING
MEAN-VARIANCE AND ENTROPY APPROACH**



Elbert Louis

NPM: 6161801024

**DEPARTMENT OF MATHEMATICS
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY AND SCIENCES
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PEMILIHAN PORTOFOLIO MENGGUNAKAN PENDEKATAN RATAAN-VARIANSI DAN ENTROPI

Elbert Louis

NPM: 6161801024

Bandung, 19 Januari 2022

Menyetujui,

Pembimbing 1



Farah Kristiani, Ph.D.

Pembimbing 2



Liem Chin, M.Si.

Ketua Tim Penguji



Prof. Dr. Julius Dharma Lesmono

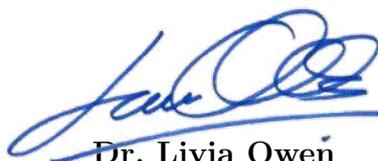
Anggota Tim Penguji



Dr. Daniel Salim

Mengetahui,

Ketua Program Studi



Dr. Livia Owen

PERNYATAAN

Dengan ini saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

ANALISIS PEMILIHAN PORTOFOLIO MENGGUNAKAN PENDEKATAN RATAAN-VARIANSI DAN ENTROPI

adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung segala risiko dan sanksi yang dijatuhkan kepada saya, apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non-formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini.

Dinyatakan di Bandung,
Tanggal 19 Januari 2022



Elbert Louis
NPM: 6161801024

ABSTRAK

Perkembangan teknologi yang sangat pesat meningkatkan minat masyarakat untuk berinvestasi. Kesuksesan dalam berinvestasi dapat dilihat melalui pertumbuhan aset pada portofolio. Meskipun begitu, tidak semua investasi memberikan imbal hasil yang positif. Oleh karena itu, terdapat beberapa cara dalam pembentukan portofolio, salah satunya menggunakan model optimasi portofolio. Model optimasi portofolio pertama kali ditemukan oleh Harry Markowitz yang menggunakan pendekatan rata-rata-variansi atau dikenal dengan istilah *Mean-Variance Portfolio Optimization* (MVPO). Meskipun begitu, model ini masih memiliki beberapa kekurangan sehingga akan diperbaiki menggunakan pendekatan entropi, yaitu model *Return Entropy Portfolio Optimization* (REPO). Metode yang digunakan untuk menyelesaikan kedua model adalah *Augmented Lagrangian*. Pembentukan portofolio yang optimal tidak memperbolehkan adanya *short selling* sesuai regulasi yang ada di Indonesia. Pada skripsi ini, data harga saham yang diterapkan pada model ini berasal dari indeks LQ45 dan memiliki kapitalisasi pasar terbesar untuk masing-masing sektor. Dalam pembentukan portofolio yang optimal, model REPO memberikan tingkat pengembalian yang lebih tinggi dibandingkan model MVPO. Selain itu, portofolio pada model REPO tidak terlalu sensitif terhadap parameter toleransi risiko dan lebih terdiversifikasi dibandingkan model MVPO. Model REPO juga tidak memiliki asumsi distribusi pada saham sehingga terbukti lebih optimal.

Kata-kata kunci: Optimasi Portofolio, Model MVPO, Model REPO, Metode *Augmented Lagrangian*

ABSTRACT

The rapid development of technology has increased public interest in investing. The success of investing can be seen through the assets' growth in the portfolio. However, not all investments are profitable. Therefore, there are many ways to build a portfolio, one of them is by modeling an optimized portfolio. The portfolio optimization model was first discovered by Harry Markowitz, which uses the mean-variance approach or known as the Mean-Variance Portfolio Optimization (MVPO). Even so, this model still has several shortcomings, so it will be improved using the entropy approach, namely the Return Entropy Portfolio Optimization (REPO). The method used to solve the optimization problems is called augmented Lagrangian. According to Indonesian regulations, short selling is prohibited in the portfolio construction. In this final project, we use the stock price data from LQ45 index which has the largest market capitalization for each sector. In the portfolio optimization, the REPO model provide a higher rate of return than the MVPO model. Furthermore, the REPO model is less sensitive to risk tolerance parameters and more diversified than the MVPO model. Lastly, the REPO model does not use any distribution assumptions on stocks return. Therefore, the REPO model is more optimal.

Keywords: Portfolio Optimization, MVPO Model, REPO Model, Augmented Lagrangian Method

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan kasih-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi dengan judul "Analisis Pemilihan Portofolio Menggunakan Rataan-Variansi dan Entropi" ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Strata-1 Program Studi Matematika, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis selama proses perkuliahan dan penyusunan skripsi ini, di antaranya:

- Papa, Mama, Eric yang selalu mendoakan, mendukung, dan memotivasi penulis selama proses perkuliahan hingga tersusunnya skripsi ini,
- Ibu Farah Kristiani, Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan waktu, tenaga, serta pikiran untuk memberikan saran dan masukan kepada penulis,
- Bapak Liem Chin, M.Si. selaku dosen wali, koordinator skripsi, dan dosen pembimbing dari penulis yang telah membantu penulis dalam penyusunan rencana studi, membimbing, membagi ilmunya kepada penulis, dan memberikan waktu, tenaga, serta pikiran untuk memberikan saran dan masukan kepada penulis.
- Bapak Prof. Dr. Julius Dharma Lesmono dan Bapak Dr. Daniel Salim selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktu untuk menguji penulis, serta memberikan kritik, saran, dan masukan untuk skripsi ini,
- Seluruh dosen, tata usaha, dan prakarya FTIS yang memberikan dukungan dan bantuan selama penulis menjalani perkuliahan dan penulisan skripsi,
- Bapak Peter Mercurio, Ph.D. selaku penulis jurnal utama referensi penulis yang telah memberikan saran dan masukan untuk skripsi ini,
- Uncle Jo, Aunty Mega, dan keluarga yang telah mendukung, memotivasi, menyemangati, dan mengsi waktu luang penulis saat menyusun skripsi ini,
- Anya, sebagai sahabat yang telah mendukung, membantu, menemani, menghibur, mendengarkan keluh kesah, dan memberikan semangat kepada penulis dalam proses pembuatan skripsi dari awal hingga akhir,
- Bryan, sebagai sahabat yang telah mendukung, menemani, dan memberikan semangat kepada penulis saat menyusun skripsi ini,
- Felisha, sebagai sahabat yang telah mendukung, menyemangati, dan menghibur saat penulis merasa jenuh saat menyusun skripsi ini,
- Ata, Jelo, Felix, Ivander, Sheryl, dan Gezia yang telah memberi dukungan dan mewarnai kehidupan penulis selama perkuliahan,
- Andi, Cynthia, Lia, Chrystha, dan Io yang telah memberi dukungan dan menyemangati penulis saay menyusun skripsi ini,
- Valencia Sandra, Steven David, dan Yolana Daniela yang telah mewarnai perkuliahan dan mendengarkan keluh kesah penulis saat menyusun skripsi,
- Teman-teman JKT18: Audrey, Anya, Patrick, Kevin, Andrew, Vellina, Santo, Laurentco, Nadia, Mikhael, Bryan, Chihan, dan Felix yang telah menghibur dan menemani penulis semasa perkuliahan,
- Teman-teman Homework: Enrico F, Erick, Tommy, Thajeb, Louis, Enrico SR, dan Davin yang telah mendukung dan menyemangati penulis,
- Teman-teman the'odberry: Dorin, Cindy, Erica, Viona, dan Priscilla yang telah mendukung

dan menyemangati penulis.

- Teman-teman Senat Senut: Bla, Ce, Afi, Pontas, Felis, Andrew, Linda, Tif, Nandy, Brian, Andra, Bima, Mingshen, Chris, dan Dhira yang telah mewarnai masa perkuliahan penulis,
- Teman-teman Mat'18: Malvin, Odi, Cynthia, Adrian, Ane, Ilona, Jevil, Kwa, Rachel, Sergio, Celine, Vianca, dan lain-lain yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu.
- Teman-teman jurusan matematika baik kakak tingkat maupun adik tingkat yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu.
- Seluruh pihak yang mendoakan, memberikan dukungan, dan membantu penulis dalam penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna dan memiliki banyak kekurangan. Semua ini didasarkan atas keterbatasan yang dimiliki penulis. Namun demikian, penulis berharap karya ini dapat bermanfaat dan memberi wawasan baru bagi para pembaca, khususnya bagi pihak yang memiliki kepentingan atas skripsi ini.

Bandung, Januari 2022

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika Pembahasan	3
2 LANDASAN TEORI	5
2.1 Teori Portofolio	5
2.2 Pendekatan Rataan-Variansi	8
2.2.1 Model Optimasi Portofolio	8
2.2.2 Kekurangan Model Portofolio Menggunakan Model MVPO	8
2.3 Uji Normalitas	9
2.3.1 Uji Anderson-Darling	9
2.3.2 Uji Jarque-Bera	9
2.4 Pendekatan Entropi	10
2.4.1 Entropi Shannon	10
2.4.2 Pembentukan Fungsi Objektif	12
2.4.3 Model Optimasi Portofolio	13
2.5 Optimasi Nonlinear	13
2.6 Metode <i>Augmented Lagrangian</i>	13
2.7 Indeks Diversifikasi	14
3 METODE PENYELESAIAN MASALAH OPTIMASI PORTOFOLIO	17
3.1 Metode Penyelesaian Model MVPO dan Model REPO	17
3.2 Algoritma <i>Augmented Lagrangian</i>	19
3.3 Algoritma Perhitungan	19
3.3.1 Pembentukan Portofolio Optimal Menggunakan Model MVPO	19
3.3.2 Pembentukan Portofolio Optimal Menggunakan Model REPO	20
3.3.3 Algoritma <i>Augmented Lagrangian</i>	20
4 HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Data Saham	21
4.2 Pembentukan Model Portofolio	22
4.2.1 Model Portofolio Optimal	23

4.2.2	Pembentukan <i>Efficient Frontier</i>	24
4.2.3	Tingkat Pengembalian Portofolio dengan Periode Berbeda	25
4.3	Kekurangan Model MVPO yang Diperbaiki oleh Model REPO	27
5	KESIMPULAN DAN SARAN	31
5.1	Kesimpulan	31
5.2	Saran Pengembangan	31
	DAFTAR REFERENSI	33

DAFTAR GAMBAR

3.1	Ilustrasi <i>Efficient Frontier</i>	18
4.1	Proporsi Dana pada Model MVPO	23
4.2	Proporsi Dana pada Model REPO	23
4.3	<i>Efficient Frontier</i> untuk Risiko dan Tingkat Pengembalian Portofolio	24
4.4	Perbandingan Tingkat Pengembalian Portofolio Mingguan Kedua Model Periode 1 Januari 2021 hingga 19 November 2021	25
4.5	Tingkat Pengembalian Mingguan Saham Periode 1 Januari 2021 hingga 19 November 2021	26
4.6	Perbandingan Portofolio pada model MVPO untuk ψ yang berbeda	28
4.7	Perbandingan Portofolio pada model REPO untuk ψ yang berbeda	29

DAFTAR TABEL

4.1	Tabel Rata-Rata Tingkat Pengembalian dan Variansi Saham Mingguan	22
4.2	Partisi Tingkat Pengembalian Saham Mingguan	22
4.3	Perbandingan Fungsi Objektif dan Ekspektasi Tingkat Pengembalian	23
4.4	Perbandingan Keunggulan Performansi Model MVPO vs Model REPO	26
4.5	Perbandingan Ekspektasi Hasil Investasi Kedua Model	26
4.6	Perbandingan Indeks Diversifikasi	27
4.7	Variasi Model MVPO dengan Profil Risiko yang Berbeda	27
4.8	Variasi Model REPO dengan Profil Risiko yang Berbeda	28
4.9	Uji Normalitas Tingkat Pengembalian Saham	30

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang sangat pesat tentunya membawa dampak positif bagi masyarakat. Masyarakat diberi kemudahan dalam berbagai hal, mulai dari transportasi, komunikasi, dan sebagainya. Akan tetapi, seiring berkembangnya teknologi, kebutuhan masyarakat semakin meningkat. Sebagian besar masyarakat sudah menyadari bahwa menabung di bank saja tidaklah cukup karena uangnya akan mengalami penurunan daya beli akibat inflasi. Oleh karena itu, mereka mulai berinvestasi dalam berbagai instrumen keuangan, contohnya deposito, obligasi, saham, reksa dana, dan lain-lain. Dengan demikian, investor sudah mulai diminati masyarakat. Menurut data dari Kustodian Sentral Efek Indonesia (KSEI), banyak investor khususnya di pasar modal per tanggal 29 Desember 2020 naik lebih dari 50% jika dibandingkan dengan akhir tahun 2019¹.

Perkembangan teknologi juga sangat membantu masyarakat dalam mencari informasi mengenai investasi, khususnya di pasar modal. Meskipun begitu, tidak semua perusahaan yang diinvestasikan akan memberikan imbal hasil yang positif. Oleh karena itu, investor perlu melakukan analisis perusahaan melalui laporan keuangan yang diterbitkan setiap tiga bulan. Analisis yang cukup terkenal di pasar modal adalah analisis fundamental dan analisis teknikal. Analisis fundamental merupakan analisis saham yang didasarkan oleh kinerja dan valuasi perusahaan, sedangkan analisis teknikal merupakan analisis saham yang didasarkan pada data historis saham. Kedua teknik analisis memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing.

Analisis teknikal lebih fokus terhadap harga dari sebuah saham. Pada umumnya, analisis teknikal bertujuan untuk investasi jangka pendek, yaitu kurang dari 1 tahun. Berbeda dengan analisis teknikal, analisis fundamental mempelajari kinerja fundamental perusahaan yang bertujuan untuk investasi jangka menengah hingga panjang, yaitu lebih dari 1 tahun. Kekurangan dari analisis teknikal yaitu tidak memperhatikan kondisi ekonomi, politik, dan fundamental dari sebuah perusahaan². Analisis fundamental lebih mengarah pada saham dengan valuasi murah atau *undervalued*. Akan tetapi, saham dengan valuasi murah belum tentu akan naik dalam jangka pendek karena faktor eksternal seperti sentimen dan kebijakan pemerintah³.

Kesuksesan dalam berinvestasi dapat dilihat melalui pertumbuhan aset pada portofolio. Semakin besar imbal hasil yang diperoleh, maka semakin besar keuntungannya. Selain menggunakan analisis fundamental dan teknikal, portofolio juga dapat dibentuk menggunakan model optimasi portofolio. Pemilihan portofolio dapat dilakukan sesuai dengan profil investor, misalnya meminimumkan risiko portofolio. Lalu, investor dapat membagi dana investasi ke dalam berbagai instrumen keuangan yang berbeda. Masing-masing instrumen investasi memiliki profil risiko yang berbeda-beda. Hal ini yang disebut sebagai diversifikasi portofolio.

Diversifikasi penting untuk meminimalkan kerugian pada saat berinvestasi karena apabila salah satu instrumen keuangan sedang mengalami penurunan, instrumen keuangan lain dapat menutup ke-

¹<https://www.idx.co.id/berita/press-release-detail/?emitenCode=1444>, diakses pada tanggal 19 November 2021

²<https://www.investopedia.com/terms/t/technicalanalysis.asp>, diakses pada tanggal 19 Januari 2022

³<https://www.investopedia.com/terms/f/fundamentalanalysis.asp>, diakses pada tanggal 19 Januari 2022

rugian dari keuntungannya. Model optimasi yang menerapkan diversifikasi pertama kali dikemukakan oleh Markowitz pada tahun 1952 (lihat [1]). Model ini menggunakan pendekatan rata-rata-variansi yang lebih dikenal dengan istilah “*Mean-Variance Portfolio Optimization (MVPO)*”. Model ini bertujuan untuk mencari komposisi portofolio dengan tingkat pengembalian tertinggi serta risiko yang rendah dengan memperhatikan variansi, kovariansi dan ekspektasi tingkat pengembalian dari suatu portofolio. Dalam teori ini, diasumsikan investor dapat menentukan tingkat pengembalian pada portofolio [1].

Model MVPO sudah mengalami perkembangan dan perbaikan seiring berjalannya waktu dengan penerapan beberapa metode. Contohnya adalah metode *multi-factor pricing model*, metode *bootstrap*, dan metode Bayesian [2]. Metode *multi-factor pricing model* menghasilkan ekspektasi tingkat pengembalian dengan memanfaatkan pemodelan menggunakan regresi linear dengan mempertimbangkan beberapa faktor seperti harga, bunga, dan faktor-faktor lainnya [3]. Metode *bootstrap* memanfaatkan pengulangan perhitungan dengan sampel data (*resampling*) yang berbeda-beda untuk mendapat kesimpulan. Metode Bayesian menggunakan definisi peluang bersyarat untuk menaksir ekspektasi tingkat pengembalian dan variansi saham. Hasil taksiran metode *bootstrap* menghasilkan portofolio yang mempunyai tingkat pengembalian tinggi dan mempunyai risiko tinggi, sedangkan metode Bayesian cenderung menghasilkan portofolio yang mempunyai tingkat pengembalian rendah dan mempunyai risiko rendah [4]. Meskipun begitu, baik model MVPO maupun pengembangannya masih memiliki kekurangan, yaitu tingkat pengembalian saham diasumsikan berdistribusi normal. Pada kenyataannya, tingkat pengembalian saham belum tentu berdistribusi normal.

Oleh karena itu, akan digunakan model lain untuk menutupi kekurangan pada model MVPO, salah satunya adalah menggunakan pendekatan entropi. Terdapat beberapa jenis entropi, yaitu: entropi Shannon, entropi Renyi, entropi Yager, dan lain-lain. Entropi yang digunakan pada skripsi adalah entropi Shannon, yang merupakan konsep dasar dari teori entropi. Salah satu model yang menggunakan entropi Shannon adalah model “*Return Entropy Portfolio Optimization*” (REPO) yang dikemukakan oleh Mercurio pada tahun 2020 (lihat [5]). Entropi menunjukkan ketidakpastian dari suatu kejadian. Berbeda dengan metode sebelumnya, model REPO tidak menggunakan asumsi distribusi pada tingkat pengembalian saham sehingga lebih ideal dalam menentukan portofolio yang optimal.

Pembentukan model portofolio baik model MVPO maupun model REPO melibatkan masalah optimasi multiobjektif. Terdapat banyak cara untuk menyelesaikan masalah optimasi multiobjektif, salah satunya adalah menggunakan algoritma evolusioner. Akan tetapi, algoritma evolusioner menggunakan terlalu banyak parameter yang tentunya sangat berpengaruh pada hasil optimasi. Ditambah lagi, algoritma evolusioner membutuhkan waktu yang lama saat menyelesaikan masalah optimasi sehingga kurang efektif untuk digunakan [6]. Oleh karena itu, metode yang digunakan adalah metode *augmented Lagrangian*. Metode ini mengubah dua fungsi objektif menjadi satu dengan sebuah parameter toleransi risiko yang merupakan profil risiko investor [7]. Metode ini menggunakan perhitungan numerik, artinya iterasi akan berhenti apabila telah mencapai suatu kriteria tertentu.

Pada skripsi ini, akan dibahas penerapan model MVPO dan REPO dengan menggunakan saham Indonesia yang diambil dari indeks LQ45. Pada kedua model akan dicari hasil optimasi menggunakan model MVPO dan REPO. Selanjutnya, akan dilakukan perbandingan antara risiko portofolio dan ekspektasi tingkat pengembalian portofolio kedua model menggunakan kurva *efficient frontier*. Dengan menggunakan solusi yang diperoleh pada kedua model, akan dilakukan simulasi tingkat pengembalian portofolio. Terakhir, beberapa kekurangan dari model MVPO akan ditunjukkan dan diperbaiki oleh model REPO.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang akan dibahas pada skripsi ini adalah:

1. Apa kekurangan model portofolio menggunakan model MVPO?

2. Bagaimana membentuk portofolio yang optimal menggunakan pendekatan model REPO?
3. Bagaimana perbandingan portofolio yang dibentuk dengan menggunakan model MVPO dan REPO?

1.3 Tujuan

Tujuan penulisan skripsi ini adalah:

1. Membahas kekurangan model MVPO.
2. Menguraikan metode untuk mengestimasi tingkat pengembalian yang optimal dengan menggunakan model REPO.
3. Menganalisis perbandingan model MVPO dan REPO.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam skripsi ini adalah:

1. Aset yang diinvestasikan hanya berbentuk saham.
2. Dividen dari saham tidak diperhitungkan.
3. *Short selling* tidak diperbolehkan.

1.5 Sistematika Pembahasan

Skripsi ini terbagi menjadi 5 bab, yaitu:

- **Bab 1: Pendahuluan**

Bab ini merupakan bagian pengantar yang memaparkan secara umum mengenai hal-hal yang akan disampaikan pada bab selanjutnya. Bab ini terdiri atas lima subbab, yaitu latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, dan sistematika pembahasan.

- **Bab 2: Landasan Teori**

Bab ini akan membahas teori dasar dalam optimasi portofolio yang diikuti oleh model portofolio menggunakan pendekatan rata-rata-variansi dan entropi. Bab ini juga akan membahas optimasi nonlinear dan metode *augmented Lagrangian* yang digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi. Terakhir, akan dibahas indeks diversifikasi portofolio untuk mengukur diversifikasi pada model.

- **Bab 3: Metode Penyelesaian Masalah Optimasi Portofolio**

Bab ini akan membahas pembentukan portofolio menggunakan model MVPO dan REPO. Bab ini juga akan membahas perhitungan numerik pada metode *augmented Lagrangian*, serta algoritma perhitungannya.

- **Bab 4: Hasil dan Pembahasan**

Bab ini akan membahas teknik pengambilan data saham, lalu akan dibentuk portofolio menggunakan model MVPO dan REPO. Selain itu, juga dicari tingkat pengembalian portofolio menggunakan periode yang berbeda menggunakan portofolio pada model MVPO dan REPO. Terakhir, akan dibahas perbaikan model MVPO menggunakan model REPO.

- **Bab 5: Kesimpulan dan Saran**

Bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh beserta saran untuk penelitian lebih lanjut mengenai topik ini.