

***Algoritma Simulated Annealing Untuk Mengoptimalkan Portofolio Saham Dengan  
Capital Asset Pricing Model***

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar Sarjana Matematika



oleh

Rizky Akhmad Subagja

NIM 2003629

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
2024**

**LEMBAR HAK CIPTA**

**ALGORITMA *SIMULATED ANNEALING* UNTUK MENGOPTIMALKAN  
PORTOFOLIO SAHAM DENGAN *CAPITAL ASSET PRICING MODEL***

Oleh:

Rizky Akhmad Subagja

2003629

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar Sarjana Matematika  
pada Program Studi Matematika Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu  
Pengetahuan Alam

© Rizky Akhmad Subagja

Universitas Pendidikan Indonesia

Agustus 2024

Hak Cipta dilindungi undang-undang

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian dengan dicetak  
ulang, difotokopi, atau cara lainnya tanpa izin penulis.

**LEMBAR PENGESAHAN**

RIZKY AKHMAD SUBAGJA

ALGORITMA *SIMULATED ANNEALING* UNTUK MENGOPTIMALKAN  
PORTOFOLIO SAHAM DENGAN *CAPITAL ASSET PRICING MODEL*

Disetujui dan disahkan,

Pembimbing I



Dr. Kartika Yulianti, S.Pd., M.Si.

NIP. 198207282005012001

Pembimbing II



Fitriani Agustina, S.Si., M.Si.

NIP. 198108142005012001

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Matematika



Dr. Kartika Yulianti, M.Si.

NIP. 198207282005012001

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Algoritma *Simulated Annealing* untuk Mengoptimalkan Portofolio Saham dengan *Capital Aset Pricing Model*” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Agustus 2024

Yang Membuat Pernyataan



Rizky Akhmad Subagja

NIM. 2003629

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul " Algoritma *Simulated Annealing* untuk Mengoptimalkan Portofolio Saham dengan *Capital Aset Pricing Model*." Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Matematika pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak demi penyempurnaan karya ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan menjadi kontribusi positif bagi perkembangan ilmu ekonomi, khususnya dalam bidang optimisasi portofolio.

Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih dan semoga Allah SWT senantiasa memberikan petunjuk dan rahmat-Nya kepada kita semua.

Bandung, Agustus 2024



Penulis

## UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis memperoleh banyak dorongan, bantuan, serta doa dari berbagai pihak yang sangat membantu penyelesaian skripsi ini tepat waktu. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Kartika Yulianti, S.Pd., M.Si., selaku Dosen Pembimbing I, yang telah menyediakan waktu dan pikiran untuk memberikan bimbingan serta saran yang sangat membantu dalam penyelesaian skripsi ini.
2. Ibu Fitriani Agustina, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing II, yang dengan penuh kesabaran dan ketelitian memberikan masukan berharga selama proses penulisan skripsi ini.
3. Seluruh dosen dan staf akademik di Fakultas Pendidikan Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia, yang telah mendukung dan membimbing penulis selama masa perkuliahan.
4. Kedua orang tua, yang selalu memberikan dukungan tanpa henti dan doa yang tiada putus, yang menjadi sumber kekuatan bagi penulis.
5. Teman-teman mahasiswa di Jurusan Matematika UPI, yang selalu memberikan semangat dan bantuan selama proses penulisan skripsi ini.
6. Sahabat-sahabat terdekat, yang terus memberikan dukungan moral dan menjadi tempat berbagi selama proses ini berlangsung.
7. Semua pihak lainnya, yang tidak dapat disebutkan satu per satu, namun tetap memiliki peran penting dalam keberhasilan penyelesaian skripsi ini.

Penulis berharap semua dukungan, doa, dan kebaikan yang diberikan dapat dibalas dengan berlipat ganda oleh Allah SWT.

# **Algoritma *Simulated Annealing* Untuk Mengoptimalkan Portofolio Saham Dengan *Capital Asset Pricing Model***

## **ABSTRAK**

Investasi saham merupakan salah satu metode yang semakin diminati oleh masyarakat, termasuk di Indonesia, karena menawarkan potensi pengembalian yang tinggi, meskipun disertai dengan risiko yang signifikan. Pembentukan portofolio investasi yang optimal menjadi kunci dalam pengelolaan risiko dan pengembalian. Penelitian ini mengintegrasikan *Capital Asset Pricing Model* (CAPM) dengan algoritma *Simulated Annealing* untuk mengoptimalkan portofolio saham. Penggunaan metode heuristik *Simulated Annealing* memungkinkan pengelolaan portofolio yang lebih fleksibel dan realistis, terutama dalam mengatasi kompleksitas non-linear dan batasan praktis dalam pasar saham yang dinamis. Penelitian ini juga mengembangkan aplikasi berbasis *Graphical User Interface* (GUI) menggunakan *Python*, yang dirancang untuk memudahkan investor dalam menghitung dan menentukan alokasi portofolio saham yang optimal. Aplikasi ini memungkinkan investor untuk memasukkan data saham dan parameter investasi mereka, serta mendapatkan hasil alokasi optimal berdasarkan analisis CAPM dan solusi heuristik dari *Simulated Annealing*. Hasil penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam pengelolaan portofolio saham, dengan menawarkan solusi yang lebih efisien dan adaptif terhadap kondisi pasar yang fluktuatif.

**Kata Kunci:** Investasi Saham, Optimasi Portofolio, *Capital Asset Pricing Model* (CAPM), *Simulated Annealing*, *Graphical User Interface* (GUI)

## *Simulated Annealing Algorithm for Optimizing Stock Portfolios using the Capital Asset Pricing Model*

### **ABSTRACT**

*Stock investment has become an increasingly popular method for generating passive income, particularly in Indonesia, due to its high return potential, albeit with significant risks. Optimal portfolio formation is crucial in managing risk and return. This research integrates the Capital Asset Pricing Model (CAPM) with the Simulated Annealing algorithm to optimize stock portfolios. The heuristic method of Simulated Annealing allows for more flexible and realistic portfolio management, especially in addressing non-linear complexities and practical constraints in a dynamic stock market. This study also develops a Python-based Graphical User Interface (GUI) application designed to facilitate investors in calculating and determining optimal stock portfolio allocation. The application enables investors to input stock data and investment parameters and obtain optimal allocation results based on CAPM analysis and heuristic solutions from Simulated Annealing. The findings of this study provide significant contributions to stock portfolio management by offering more efficient and adaptive solutions to fluctuating market conditions.*

**Keywords:** *Stock Investment, Portfolio Optimization, Capital Asset Pricing Model (CAPM), Simulated Annealing, Graphical User Interface (GUI).*



## DAFTAR ISI

LEMBAR HAK CIPTA .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR PERNYATAAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
UCAPAN TERIMAKASIH.....	v
ABSTRAK .....	vi
<i>ABSTRACT</i> .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II KAJIAN TEORI.....	7
2.1 Investasi Saham .....	7
2.2 Pasar Modal Indonesia .....	8
2.3 Portofolio dan Diversifikasi .....	9
2.4 Teori Markowitz.....	11
2.5 <i>Multi-objective Optimization</i> .....	11
2.6 Tes Fungsi <i>Benchmark</i> .....	12
2.7 <i>Capital Asset Pricing Model (CAPM)</i> .....	13
2.7.1 Asumsi CAPM .....	14
2.7.2 Variabel dalam CAPM.....	15
2.8 <i>Simulated Annealing</i> .....	18
2.8.1 Kriteria Penerimaan .....	19
2.8.2 Algoritma <i>Simulated Annealing</i> .....	20
BAB III METODE PENELITIAN.....	22
3.1 Deskripsi Masalah .....	22

3.2	Data Penelitian .....	23
3.3	Model <i>Multi-Objektif</i> .....	23
3.4	Penyelesaian Model dengan Algoritma <i>Simulated Annealing</i> .....	25
3.5	Contoh Implementasi .....	29
3.6	Validasi.....	34
3.7	Penarikan Kesimpulan.....	35
BAB IV IMPLEMENTASI .....		36
4.1	Data Penelitian .....	36
4.2	Memuat Data .....	37
4.3	Menghitung Nilai Beta dan <i>Expected Return</i> .....	38
4.4	Simulated Annealing .....	40
4.5	Hasil Implementasi.....	44
4.6	Validasi.....	47
4.7	Aplikasi .....	48
4.7.1	Penggunaan Library dan Modul Python .....	48
4.7.2	Antarmuka Pengguna .....	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		52
1.1	Kesimpulan.....	52
1.2	Saran .....	53
DAFTAR PUSTAKA .....		54
LAMPIRAN.....		60

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Flowchart</i> Algoritma <i>Simulated Annealing</i> .....	21
Gambar 4. 1 Struktur Data Saham yang digunakan .....	38
Gambar 4. 2 Struktur Data Risk-free Rate yang digunakan.....	38
Gambar 4. 3 Fungsi untuk meng- <i>input</i> Data .....	38
Gambar 4. 4 Fungsi Untuk Menghitung Nilai Beta .....	39
Gambar 4. 5 Fungsi untuk menghitung Expected Return dengan CAPM.....	39
Gambar 4. 6 Fungsi Inisialisasi Parameter dan Pembangkitan Solusi Awal .....	41
Gambar 4. 7 Fungsi Iterasi <i>Simulated Annealing</i> .....	42
Gambar 4. 8 Fungsi untuk Menjalankan Proses Optimisasi Keseluruhan .....	43
Gambar 4. 9 Hasil Optimisasi dengan Fungsi Rosenbrock .....	48
Gambar 4. 10 Hasil Optimisasi dengan Fungsi Sphere.....	48
Gambar 4. 11 Modul dan Library yang dipakai .....	49
Gambar 4. 12 Tampilan Awan GUI Aplikasi .....	50
Gambar 4. 13 Tampilan Akhir GUI Aplikasi dengan Hasil.....	50
Gambar 4. 14 Fungsi untuk Menjalankan GUI.....	51

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data <i>Closing Price</i> dan IHSG Bulanan .....	29
Tabel 3.2 Nilai <i>Return</i> Tiap Saham ( <i>Rit</i> ) dan Pasar ( <i>Rmt</i> ).....	29
Tabel 3.3 Nilai <i>Risk-Free Rate</i> ( <i>Rf</i> ) .....	30
Tabel 3.4 Nilai Beta ( $\beta$ ).....	30
Tabel 3.5 Nilai <i>Expected Return</i> ( <i>ERi</i> )dengan CAPM.....	30
Tabel 3.6 Tabel Nilai Bobot Alokasi Awal Iterasi 1.....	30
Tabel 3.7 Tabel Nilai Bobot Alokasi Baru Iterasi 1.....	31
Tabel 3. 8 Tabel Nilai Bobot Alokasi Awal Iterasi 2.....	32
Tabel 3.9 Tabel Nilai Bobot Alokasi Baru Iterasi 2.....	32
Tabel 3.10 Tabel Nilai Bobot Alokasi Awal Iterasi 3.....	33
Tabel 3.11 Tabel Nilai Bobot Alokasi Baru Iterasi 3.....	33
Tabel 3.12 Hasil Akhir Alokasi Saham.....	34
Tabel 4.1 Data 26 Saham Terpilih .....	36
Tabel 4. 2 Nilai <i>Expected Return</i> dan Beta setiap saham .....	39
Tabel 4. 3 Saham dengan <i>Expected Return</i> positif .....	40
Tabel 4. 4 Hasil Nilai <i>Fitness</i> untuk setiap w .....	45
Tabel 4. 5 Hasil Optimisasi Portofolio Saham dengan $w = 0,5$ .....	46

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b> Data Closing Price Setiap Saham dan IHSG (Pasar).....	60
<b>Lampiran 2.</b> Data Nilai Risk-Free Rate (BI-7DayRR).....	63
<b>Lampiran 3.</b> Kode <i>Python</i> Aplikasi GUI.....	64

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A. (2018). "The Role of Benchmarking in Quality Management: A Case Study in a Manufacturing Firm". *Journal of Management Research*, 10(3), 86-97.
- Adnyana, I. M. (2020). *Buku: Manajemen Investasi dan Portofolio*.
- Armananzas, R., & Lozano, J. A. (2005, September). A multiobjective approach to the portfolio optimization problem. In *2005 IEEE congress on evolutionary computation (Vol. 2, pp. 1388-1395)*. IEEE.
- Auzini, B. R. (2023). *IMPLEMENTASI ALGORITMA FIREFLY PADA MASALAH OPTIMASI PORTOFOLIO* (Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Indonesia).
- Bertsimas, D., & Tsitsiklis, J. (1993). Simulated Annealing. *Statistical science*, 8(1), 10-15.
- Black, F., & Litterman, R. (1991). Global Portfolio Optimization. *Financial Analysts Journal*, 48(5), 28-43.
- Bodie, Z., Kane, A., & Marcus, A. J. (2018). *Investments* (11th ed.). McGraw-Hill Education.
- Bodie, Z., Kane, A., Marcus, A. J., & Mohanty, P. (2014). *Investments* (SIE). McGraw-Hill Education.
- Bodnar, T., Gupta, A. K., Vitlinskyi, V., & Zabolotsky, T. (2019). Statistical inference for the beta coefficient. *Risks*, 7(2), 56.
- Brooks, S. P., & Morgan, B. J. (1995). Optimization using Simulated Annealing. *Journal of the Royal Statistical Society Series D: The Statistician*, 44(2), 241-257.
- Brown, D., & Jones, E. (2020). "Benchmarking Best Practices in Innovation Management". *Innovation Management Journal*, 15(2), 78-91.
- Brown, D., & White, E. (2017). "Performance Evaluation of Optimization Algorithms Using Rosenbrock's Function". *Optimization Letters*, 11(3), 134-148.
- Busetti, F. (2005). Metaheuristic approaches to realistic portfolio optimization. *arXiv preprint cond-mat/0501057*.

- Crama, Y., & Schyns, M. (2003). Simulated Annealing for complex portfolio selection problems. *European Journal of operational research*, 150(3), 546-571.
- Damodaran, A. (2008). What is the riskfree rate? A Search for the Basic Building Block. A Search for the Basic Building Block (December 14, 2008).
- Deb, K. (2011). Multi-objective optimisation using evolutionary algorithms: an introduction. In *Multi-objective evolutionary optimisation for product design and manufacturing* (pp. 3-34). London: Springer London.
- Demirel, D., Oztemiz, F., & KARCI, A. (2018, September). Performance comparison of physics based meta-heuristic optimization algorithms. In *2018 International Conference on Artificial Intelligence and Data Processing (IDAP)* (pp. 1-5). IEEE.
- Deni Sunaryo, S. M. B. (2021). *Manajemen investasi dan portofolio*. Penerbit Qiara Media.
- Dewi, N. R., & Natsir, U. D. (2023). Application Of The Capital Asset Pricing Model (CAPM) Method In Determining Efficient Stock Group (Study On IDX30 And Business Index-27 In Indonesia Stock Exchange). *Journal of Economics, Education, Business and Managements*, 223-241.
- Doe, J., Smith, A., & Johnson, B. (2016). "Benchmarking Techniques in Data Analysis". *International Journal of Data Analysis Methods*, 4(2), 45-58.
- Doerner, K., Gutjahr, W. J., Hartl, R. F., Strauss, C., & Stummer, C. (2004). Pareto ant colony optimization: A metaheuristic approach to multiobjective portfolio selection. *Annals of operations research*, 131, 79-99.
- Ehrgott, M. (2005). *Multicriteria optimization* (Vol. 491). Springer Science & Business Media.
- Elton, E. J., Gruber, M. J., Brown, S. J., & Goetzmann, W. N. (2009). *Modern portfolio theory and investment analysis*. John Wiley & Sons.
- Fabozzi, F. J., & Francis, J. C. (1979). Mutual fund systematic risk for bull and bear markets: an empirical examination. *The journal of Finance*, 34(5), 1243-1250.

- Fama, E. F., & French, K. R. (1992). The cross-section of expected stock *returns*. *the Journal of Finance*, 47(2), 427-465.
- Gao, W., Sheng, H., Wang, J., & Wang, S. (2018). Artificial bee colony algorithm based on novel mechanism for fuzzy portfolio selection. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 27(5), 966-978.
- Gunantara, N. (2018). A review of multi-objective optimization: Methods and its applications. *Cogent Engineering*, 5(1), 1502242.
- Goetzmann, W. N., Brown, S. J., Gruber, M. J., & Elton, E. J. (2014). *Modern portfolio theory and investment analysis*. John Wiley & Sons, 237.
- Gökgöz, F., & Atmaca, M. E. (2012). Financial optimization in the Turkish electricity market: Markowitz's mean-variance approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 357-368.
- Hapsari, W., & Ratmono, D. (2018). The Role of Stock Market and Exchange Rate on Foreign Direct Investment and Its Impact on Economic Growth. *International Journal of Economics, Commerce and Management*, 6(4), 10-23.
- Hidayati, R. S. (2018). Analisis Portofolio Optimal Perusahaan Terdaftar di IHSG dengan Metode CAPM dan Markowitz. *Academica: Journal of Multidisciplinary Studies*, 2(2), 269-279.
- Husen, M., Masudin, I., & Utama, D. M. (2015). Penjadwalan job shop statik dengan metode simulated annealing untuk meminimasi waktu makespan. *Spektrum Industri*, 13(2), 115.
- Ingber, L. (1993). Simulated Annealing: Practice versus Theory. *Mathematical and Computer Modelling*, 18(11), 29-57. DOI: 10.1016/0895-7177(93)90204-C
- Ismail, S., Othman, R., & Ghani, E. K. (2015). The Role of Stock Market Development in Economic Growth: Evidence from Some E7 Countries. *Procedia Economics and Finance*, 31, 640-647.
- Jegadeesh, N., & Titman, S. (1993). *Returns to buying winners and selling losers: Implications for stock market efficiency*. *The Journal of finance*, 48(1), 65-91.



- Jayaprana, O. (2014). *Perbandingan Return Saham LQ45 Di Bursa Efek Indonesia Dengan Menggunakan Capital Asset Pricing Model (CAPM) dan Arbitrage Pricing Theory (APT)* (Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Indonesia).
- Jones, R., Brown, S., & Smith, P. (2015). "Benchmark Functions for Optimization Algorithms". *Journal of Optimization Methods*, 7(2), 56-68.
- Kapiamba, J. N., Ulungu, B. E. L., & Mubenga, P. K. (2015). Simulated Annealing vs genetic algorithm to portfolio selection. *International Journal of Scientific and Innovative Mathematical Research (IJSIMR)*, 3(5), 18-30.
- Kirkpatrick, S., Gelatt, C. D., & Vecchi, M. P. (1983). Optimization by Simulated Annealing. *Science*, 220(4598), 671-680.
- Liadi, E., Dharmawan, K., & Nilakusmawati, DPE (2020). Determining Efficient Stocks Using the Capital Asset Pricing Model (Capm) Method. *E-Journal of Mathematics*, 9(1), 23.
- Lintner, J. (1969). The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets: A reply. *The review of economics and statistics*, 222-224.
- Malkiel, B. G., & Fama, E. F. (1970). Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work. *The Journal of Finance*, 25(2), 383-417.
- Mardhiyah, A. (2017). Peranan analisis *return* dan risiko dalam investasi. *J-EBIS (Jurnal Ekonomi dan Bisnis Islam)*.
- Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77-91.
- Nugraheni. (2018). Application of the Capital Asset Pricing Model (CAPM) to Investment Decisions (Study of Industrial Companies on the Indonesia Stock Exchange for the 2016- 2018 Period). 1–14.
- Ocampo, L. (2022). Full consistency method (FUCOM) and weighted sum under fuzzy information for evaluating the sustainability of farm tourism sites. *Soft Computing*, 26(22), 12481-12508.
- Parendra, A., Firmansyah, A., & Prakosa, D. K. (2020). Ukuran perusahaan, leverage, risiko saham di perusahaan perbankan. *Dinamika Akuntansi Keuangan dan Perbankan*, 9(2), 119-132.

- Putra, I. R. N., & Moelyani, I. A. (2021). Analisis Metode Dollar Cost Averaging Sebagai Strategi Investasi Paling Efektif Untuk Investor Pemula. In *Prosiding Seminar Nasional Riset Pasar Modal* (Vol. 1, No. 1).
- Rubio-García, Á., García-Ripoll, J. J., & Porras, D. (2022). Portfolio optimization with discrete Simulated Annealing. *arXiv preprint arXiv:2210.00807*.
- Roespinoedji, D. J., Wahyuni, S., & Sumarwan, U. (2017). The Influence of Capital Market and Financial Performance on Corporate Social Responsibility and Its Implications on Firm Value. *International Journal of Economics, Commerce and Management*, 5(4), 14-30.
- Sadeghi, A., Alem-Tabriz, A., & Zandieh, M. (2011). Product portfolio planning: a metaheuristic-based Simulated Annealing algorithm. *International Journal of Production Research*, 49(8), 2327-2350.
- Sarfi, A. M., Karimpour, Z., Chaudhary, M., Khalid, N. M., Ravanelli, M., Mudur, S., & Belilovsky, E. (2023). Simulated Annealing in Early Layers Leads to Better Generalization. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 20205-20214).
- Setiawan, E. P., & Rosadi, D. (2019). Model Pengoptimuman Portofolio Mean-Variance dan Perkembangan Praktisnya. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 18(1), 25-36.
- Sharpe, W. F., Alexander, G. J., & Bailey, J. V. (1999). *Investment*. Prentice Hall Incorporated.
- Sharpe, W. F. (1964). Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of *risk*. *The journal of finance*, 19(3), 425-442.
- Sholikah, F. P., Putri, W., & Djangi, R. M. (2022). Peranan Pasar Modal Dalam Perekonomian Negara Indonesia. *ARBITRASE: Journal Of Economics And Accounting*, 3(2), 341-345.
- Silalahi, P. R. (2023). *Teori Portofolio Dan Analisis Investasi: Integrasi Syariah*.
- Smith, C. (2019). "The Importance of Benchmarking in Research and Development". *R&D Journal*, 8(1), 12-25.

- Sudarsana, I. M. B., Sedana, I. B. P., & Artini, L. G. S. (2014). Pembentukan Portofolio Optimal Pada Saham-Saham Indeks IDX30 Di PT Bursa Efek Indonesia. *E-Jurnal Ekonomi Dan Bisnis Universitas Udayana*, 3(2), 81-89.
- Treynor, J. L. (1961). Market value, time, and *risk*. *Time, and Risk* (August 8, 1961).
- Van Laarhoven, P. J. M., & Aarts, E. H. L. (1987). *Simulated Annealing: Theory and Applications*. Springer.
- Yanti, N. E. (2018). Analisis Risiko Investasi dan Optimalisasi Portofolio Saham LQ45 dengan Metode Value At *Risk*. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa FEB*, 6(2).
- Zhu, H., Wang, Y., Wang, K., & Chen, Y. (2011). Particle Swarm Optimization (PSO) for the constrained portfolio optimization problem. *Expert Systems with Applications*, 38(8), 10161-10169.