

Pengukuran Risiko Bitcoin Dan Saham Bbca Menggunakan Value At Risk Ekspansi Cornish- Fisher

Mohammad Sufa Ammar Habibi¹, Amri Muhaimin², Muhammad Nasrudin³

^{1,2,3}*Sains Data, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur*

¹22083010014@student.upnjatim.ac.id

²amri.muhamin.stat@upnjatim.ac.id

³nasrudin.fasilkom@upnjatim.ac.id

Corresponding author email: 22083010014@student.upnjatim.ac.id

ABSTRAK

Pertumbuhan jumlah investor di Indonesia dan meningkatnya minat terhadap berbagai instrumen keuangan menuntut adanya pengukuran risiko yang lebih akurat, terutama ketika aset memiliki karakteristik volatilitas yang berbeda. Penelitian ini bertujuan menganalisis dan membandingkan risiko harian saham BBCA dan Bitcoin menggunakan pendekatan *Value at Risk* berbasis metode Expanded Cornish-Fisher (ECF). Data yang digunakan berupa harga penutupan harian periode 2018–2025 yang dikonversi menjadi *log return*. Analisis mencakup perhitungan statistika deskriptif, visualisasi sebaran return, serta perhitungan VaR pada tingkat kepercayaan 95% dan 99%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Bitcoin memiliki volatilitas, *skewness* negatif, dan *kurtosis* yang jauh lebih tinggi dibandingkan BBCA, sehingga mencerminkan potensi risiko ekstrem yang lebih besar. Nilai VaR-ECF Bitcoin tercatat lebih tinggi pada kedua tingkat kepercayaan, menegaskan bahwa aset ini memiliki peluang kerugian harian yang lebih besar dalam kondisi ekstrem. Sementara itu, BBCA menunjukkan karakteristik yang lebih stabil dengan nilai VaR yang lebih rendah. Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa metode ECF mampu memberikan estimasi risiko yang lebih representatif pada aset dengan distribusi return yang tidak simetris dan ber-ekor tebal, sehingga relevan digunakan dalam analisis risiko instrumen keuangan modern.

Keywords: *Value at Risk*, Cornish-Fisher, Bitcoin, BBCA, Risiko Investasi

I. PENDAHULUAN

Perkembangan pasar keuangan Indonesia dalam beberapa tahun terakhir menunjukkan dinamika yang sangat pesat[1-3]. Hal ini terlihat dari meningkatnya partisipasi masyarakat dalam kegiatan investasi. Jumlah Single Investor Identification (SID) naik drastis dari 3,8 juta investor pada tahun 2020 menjadi 17 juta investor pada pertengahan 2025, mencerminkan perubahan besar dalam pola investasi masyarakat. Lonjakan jumlah investor ini terjadi bersamaan dengan semakin populernya instrumen investasi seperti saham perbankan yang relatif stabil serta aset kripto seperti Bitcoin yang menawarkan potensi imbal hasil tinggi dengan volatilitas ekstrem[4-6]. Perubahan struktur pasar ini menuntut adanya pengukuran risiko yang lebih matang, agar investor dapat mengambil keputusan dengan lebih terinformasi.

Masalah muncul ketika banyak investor belum memiliki pemahaman dan alat untuk menilai tingkat risiko aset yang mereka miliki. Dalam penelitian [7], dijelaskan bahwa investor memerlukan alat ukur tingkat risiko agar aman dalam berinvestasi dan terhindar dari kerugian. Tanpa pengukuran risiko yang tepat, investor berpotensi mengalami

kerugian besar akibat pergerakan harga yang tidak terduga. Hal ini menjadi semakin penting mengingat pasar saat ini menunjukkan fluktuasi tajam, baik pada aset tradisional maupun aset digital.

Urgensi permasalahan semakin terlihat dari karakteristik statistik return keuangan. Berbagai studi empiris menunjukkan bahwa data keuangan sering kali memiliki pola yang kompleks, seperti kecenderungan munculnya *peakedness* yang kuat, ekor distribusi yang tebal (*thick tails*), serta tingkat ketidaksimetrian (*skewness*) yang signifikan. Hal ini dijelaskan secara tegas dalam penelitian[8], yang menyatakan bahwa return keuangan empiris biasanya menunjukkan *peakedness* yang mencolok, ekor tebal, dan frekuensi kemunculan *skewness* yang tinggi. Karakteristik tersebut menandakan bahwa return aset keuangan memiliki sifat distribusi yang tidak simetris dan cenderung lebih rentan terhadap pergerakan ekstrem. Akibatnya, pendekatan pengukuran risiko yang sederhana sering kali tidak mampu menangkap dinamika perubahan harga yang sesungguhnya.

Untuk menghadapi tantangan tersebut, diperlukan metode pengukuran risiko yang mampu menyesuaikan perhitungan dengan kondisi statistik aktual *return* keuangan. Salah satu metode yang relevan adalah *Value at Risk* (VaR) dengan pendekatan *Expanded Cornish-Fisher* (ECF). Metode ini memperbaiki nilai kuantil dengan mempertimbangkan pengaruh *skewness* dan *kurtosis*, sehingga dapat menangkap bentuk distribusi *return* yang memiliki karakteristik ekstrem[9]. Hal ini menjadikan VaR-ECF sebagai pendekatan yang lebih adaptif dalam menghadapi pola data yang memiliki ekor tebal dan ketidaksimetrian.

Urgensi penggunaan metode ini semakin menguat karena pasar modern diwarnai oleh dinamika volatilitas yang tinggi, terutama pada aset seperti Bitcoin. VaR-ECF menyediakan mekanisme yang lebih fleksibel dalam membaca kondisi pasar karena mampu menyesuaikan perhitungan risiko terhadap karakteristik *return* yang menyimpang dari pola simetris[9,10]. Pendekatan ini bukan hanya memberikan gambaran risiko yang lebih realistis, tetapi juga meningkatkan keakuratan estimasi bagi investor dan pengelola portofolio.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan sebagai upaya untuk memberikan solusi dalam bentuk pengukuran risiko yang lebih representatif terhadap kondisi pasar saat ini. Dengan membandingkan risiko investasi pada saham BBKA sebagai aset yang stabil dan Bitcoin sebagai aset dengan volatilitas tinggi menggunakan metode VaR-ECF, penelitian ini bertujuan memberikan pemahaman empiris mengenai profil risiko lintas kelas aset. Selain itu, penelitian ini menawarkan kontribusi praktis bagi investor dan akademisi melalui penyajian alat ukur risiko yang lebih sensitif terhadap karakteristik *return* yang sebenarnya.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan kuantitatif menggunakan data harga penutupan harian dari dua instrumen keuangan, yaitu saham Bank Central Asia Tbk (BBKA) dan aset digital Bitcoin. Data diperoleh dari Yahoo Finance menggunakan library *yfinance*. Periode observasi dimulai pada 1 Januari 2018 hingga 24 Oktober 2025, sehingga mampu menggambarkan dinamika pergerakan harga dalam jangka panjang, termasuk periode volatilitas tinggi yang penting untuk analisis risiko. Seluruh data yang diperoleh kemudian diolah menjadi *return* harian sebagai dasar untuk perhitungan statistik dan estimasi risiko menggunakan metode *Expanded Cornish-Fisher* (ECF).



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Gambar 1 menunjukkan urutan proses penelitian, mulai dari pengambilan data awal, verifikasi kualitas data, transformasi harga menjadi *return*, analisis statistik, hingga perhitungan risiko menggunakan VaR–ECF. Struktur ini digunakan untuk memastikan setiap tahapan berlangsung secara sistematis dan menghasilkan estimasi risiko yang komprehensif. Berikut penjelasan tiap Langkah analisis dalam penelitian ini:

1. Pengambilan dan Persiapan Data

Tahap pertama adalah mengunduh data harga penutupan harian BBKA dan Bitcoin melalui *Yahoo Finance* sesuai periode penelitian. Data kemudian diperiksa untuk memastikan tidak ada nilai kosong (*missing value*). Jika ditemukan, baris data tersebut dihapus untuk menjaga integritas dan konsistensi perhitungan. Aset Bitcoin selanjutnya dikonversi dari USD ke Rupiah menggunakan kurs tetap agar dapat dibandingkan dengan BBKA.

2. Penyesuaian Tanggal dan Pembersihan Data

Saham dan aset kripto memiliki hari perdagangan berbeda, sehingga sinkronisasi tanggal dilakukan dengan memilih hanya tanggal yang memiliki data lengkap untuk kedua aset. Setelah sinkronisasi, seluruh baris yang tidak relevan atau tidak lengkap dihapus. Tahap ini memastikan kedua aset memiliki jumlah observasi yang identik dalam analisis.

3. Perhitungan *Return* Harian (*Log Return*)

Return harian dihitung menggunakan *log return* karena bersifat aditif dan lebih stabil terhadap perubahan ekstrem harga. Perhitungan *return* dihitung dengan persamaan berikut.

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

dengan:

P_t = harga penutupan pada hari ke- t

R_t = *return* log harian

Tahap ini menghasilkan deret waktu *return* yang menjadi dasar utama dalam pengukuran risiko.

4. Statistika deskriptif

Statistika deskriptif digunakan untuk memahami karakter distribusi *return*, termasuk kecenderungan nilai rata-rata, volatilitas, ketidaksimetrian, dan ketebalan ekor distribusi. Parameter-parameter ini sangat penting karena digunakan sebagai input dalam metode Ekspansi Cornish–Fisher. Statistik yang dihitung meliputi:

a. Mean (rata-rata *return*)

Menggambarkan perubahan harga rata-rata dalam periode observasi. Perhitungan rata-rata *return* dihitung dengan persamaan berikut.

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n R_t \quad (2)$$

b. Standar Deviasi (volatilitas)

Mengukur besarnya penyimpangan *return* terhadap nilai rata-rata. Perhitungan Standar Deviasi dihitung dengan persamaan berikut.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^n (R_t - \mu)^2} \quad (3)$$

c. Skewness

Menunjukkan tingkat ketidaksimetrian distribusi *return*. Perhitungan *skewness* dihitung dengan persamaan berikut.

$$S = \frac{1}{n} \sum \left(\frac{R_t - \mu}{\sigma} \right)^3 \quad (4)$$

d. *Kurtosis*

Menggambarkan ketebalan ekor distribusi *return*. Perhitungan *skewness* dihitung dengan persamaan berikut.

$$K = \frac{1}{n} \sum \left(\frac{R_t - \mu}{\sigma} \right)^4 \quad (5)$$

Nilai *skewness* yang tidak sama dengan nol dan *kurtosis* yang lebih besar dari tiga menunjukkan bahwa *return* memiliki ketidaksimetrian dan ekor tebal. Kondisi ini menjadi dasar penerapan metode ECF dalam penentuan kuantil risiko.

5. *Expanded Cornish–Fisher* (ECF)

Metode ECF digunakan untuk memperbaiki nilai kuantil yang akan digunakan dalam perhitungan risiko. Metode ini mempertimbangkan pengaruh *skewness* dan *kurtosis* dalam distribusi *return* untuk memberikan estimasi risiko yang lebih representatif. Menurut[10], bentuk kuantil hasil perluasan Cornish–Fisher dinyatakan sebagai berikut.

$$z_{CF} = q_\alpha + \frac{(q_\alpha^2 - 1)S(X)}{6} + \frac{(q_\alpha^3 - 3q_\alpha)\psi(X)}{24} - \frac{(2q_\alpha^3 - 5q_\alpha)S(X)^2}{36} \quad (6)$$

Jika nilai *kurtosis*nya kurang dari 3, maka rumus ECF:

$$z_{CF} = q_\alpha + \frac{(q_\alpha^2 - 1)S(X)}{6} + \frac{(q_\alpha^3 - 3q_\alpha)K(X)}{24} - \frac{(2q_\alpha^3 - 5q_\alpha)S(X)^2}{36} \quad (7)$$

dengan:

z_{CF} : kuantil hasil perluasan Cornish–Fisher

q_α : kuantil standar

$S(X)$: *skewness return*

$K(X)$: *kurtosis return*

$\psi(X)$: *excess kurtosis* (*kurtosis* – 3)

6. *Value at Risk* (VaR–ECF)

Setelah nilai kuantil diperluas, tahap berikutnya adalah menghitung VaR menggunakan kuantil hasil ECF. Jika V_0 merupakan nilai investasi awal dan T adalah holding period, maka:

$$\text{VaR}_{1-\alpha}^{\text{ECF}}(X) = V_0 \times (E(X) - z_{CF} \times s(X)) \times \sqrt{T} \quad (8)$$

dengan:

V_0 : nilai investasi awal

$E(X)$: rata-rata *return*

z_{CF} : kuantil hasil ECF

$s(X)$: standar deviasi *return*

T : periode penahanan investasi

VaR-ECF memberikan estimasi kerugian maksimum pada tingkat kepercayaan

tertentu sekaligus mempertimbangkan bentuk distribusi *return* yang asimetris dan memiliki ekor tebal.

Metodologi ini memberikan struktur analisis yang sistematis dan komprehensif dalam menghitung risiko investasi untuk dua jenis aset dengan karakteristik yang berbeda. Melalui pendekatan *Expanded Cornish-Fisher*, hasil estimasi risiko menjadi lebih sensitif terhadap perilaku empiris *return*, terutama ketika menunjukkan *skewness* dan *kurtosis* yang signifikan. Dengan demikian, VaR-ECF menjadi alat pengukuran risiko yang lebih adaptif dan relevan untuk digunakan dalam analisis volatilitas pasar modern.

III. HASIL DAN ANALISIS

Analisis awal dilakukan dengan mengamati pergerakan harga penutupan (*closing price*) dari BBCA dan Bitcoin selama periode penelitian. Visualisasi ini bertujuan memberikan gambaran mengenai dinamika harga jangka panjang yang menjadi dasar bagi analisis *return* dan risiko.



Gambar 2. Harga penutupan Saham BBCA



Gambar 3. Harga penutupan Bitcoin

Pergerakan harga penutupan BBCA pada Gambar 2 menunjukkan tren pertumbuhan jangka panjang yang relatif stabil dengan fluktuasi yang masih berada dalam batas wajar untuk saham berkapitalisasi besar. Beberapa koreksi seperti pada awal 2020 dan di sekitar tahun 2025 memang terlihat, namun perubahan tersebut terjadi secara bertahap tanpa lonjakan ekstrem dalam waktu singkat. Berbeda dengan BBCA, Gambar 3 memperlihatkan harga Bitcoin dalam IDR yang bergerak sangat volatil dengan ayunan harga yang jauh lebih besar, termasuk lonjakan tajam pada tahun 2021 dan 2024–2025 yang kemudian diikuti penurunan cepat pada beberapa fase. Pola pergerakan yang bergelombang dan perubahan harga yang drastis dalam waktu singkat mencerminkan risiko yang tinggi pada aset kripto tersebut. Perbandingan kedua grafik ini menunjukkan bahwa Bitcoin memiliki risiko pasar yang jauh lebih besar dibandingkan BBCA, sehingga pendekatan pengukuran risiko yang lebih adaptif sangat diperlukan dalam analisis terhadap aset tersebut.

Setelah harga penutupan dianalisis, langkah selanjutnya adalah mengubah data harga tersebut menjadi *return* harian menggunakan *log return* sebagaimana ditunjukkan pada persamaan (1). Transformasi *log return* diperlukan untuk menghilangkan perbedaan skala antar aset, membuat data lebih sesuai untuk analisis statistik, serta menghasilkan *return* yang bersifat adaptif sehingga memudahkan proses pengukuran risiko. *Return*

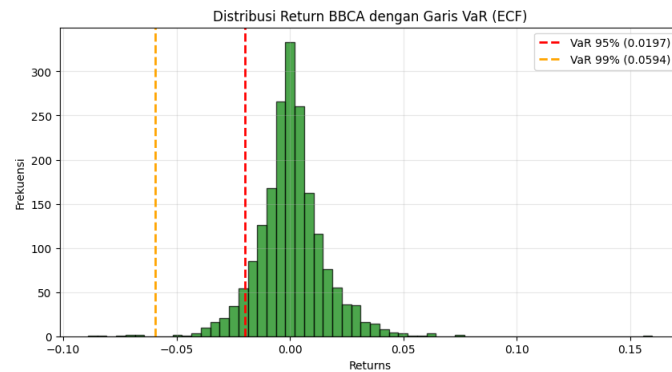
harian yang telah diperoleh inilah yang kemudian digunakan sebagai dasar dalam perhitungan statistika deskriptif dan estimasi risiko menggunakan metode VaR–ECF.

Tabel 1. Statistika Deskriptif Return Harian

Aset	Mean	Std Dev	Skewness	Kurtosis
BBCA	0.000419	0.015418	0.549446	11.865129
BTC	0.001087	0.042485	-1.079111	15.025778

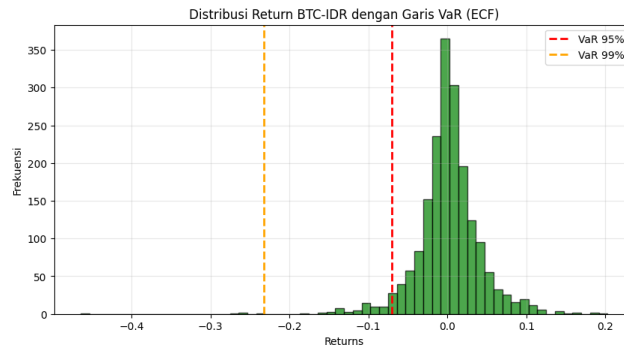
Berdasarkan hasil yang ditampilkan pada Tabel 1, terlihat bahwa Bitcoin memiliki rata-rata *return* yang lebih tinggi dibandingkan BBCA. Perbedaan ini menunjukkan bahwa Bitcoin menawarkan peluang imbal hasil harian yang lebih besar, meskipun potensi tersebut juga diiringi dengan risiko yang lebih tinggi. Hal ini tampak jelas dari nilai standar deviasi Bitcoin yang mencapai 0.042485, jauh lebih besar daripada BBCA yang hanya 0.015418. Tingginya volatilitas pada Bitcoin mendukung hasil pengamatan pada grafik harga sebelumnya, di mana pergerakan harga aset kripto ini terlihat jauh lebih tajam dan fluktuatif dibandingkan BBCA yang pergerakannya lebih stabil.

Selain itu, nilai *skewness* pada kedua aset menunjukkan perbedaan karakter distribusi *return*. BBCA memiliki *skewness* positif sebesar 0.549446, yang mengindikasikan kecenderungan munculnya *return* positif ekstrem. Sebaliknya, Bitcoin memiliki *skewness* negatif sebesar -1.079111, menandakan lebih seringnya terjadi *return* negatif ekstrem atau penurunan harga yang tajam. Perbedaan ini semakin diperkuat oleh nilai *kurtosis* masing-masing aset, di mana BBCA memiliki *kurtosis* 11.865129 dan Bitcoin 15.025778. Kedua nilai tersebut sangat tinggi dan menunjukkan adanya ekor distribusi yang tebal (*heavy tails*), yang berarti *return* ekstrem jauh lebih sering muncul dibandingkan distribusi yang simetris. Kondisi ini memberikan dasar yang kuat bagi penggunaan metode *Expanded Cornish–Fisher* (ECF) dalam proses penyesuaian kuantil untuk perhitungan risiko.



Gambar 4. Distribusi *Return* BBCA

Distribusi *return* BBCA menunjukkan pola yang relatif mengerucut di sekitar nilai nol dengan ekor kiri dan kanan yang tetap terlihat menonjol, menandakan adanya kemungkinan *return* ekstrem meskipun frekuensinya tidak terlalu sering. Garis VaR berbasis ECF pada tingkat kepercayaan 95% dan 99% tampak berada pada sisi kiri distribusi, menunjukkan batas kerugian harian yang diprediksi pada dua tingkat probabilitas tersebut. Posisi garis VaR yang tidak terlalu jauh dari pusat distribusi mengindikasikan bahwa risiko kerugian harian BBCA masih tergolong moderat. Hal ini juga sesuai dengan karakter aset berkapitalisasi besar yang cenderung lebih stabil dan tidak mudah mengalami perubahan ekstrem.



Gambar 5. Distribusi *Return* Bitcoin

Berbeda dengan BBCA, histogram *return* Bitcoin terlihat jauh lebih menyebar dengan ekor yang tebal dan perbedaan frekuensi *return* ekstrem yang jauh lebih besar. Garis VaR–ECF pada tingkat kepercayaan 95% dan 99% berada jauh di sisi kiri distribusi, mencerminkan potensi kerugian ekstrem yang lebih besar yang dapat terjadi pada aset kripto tersebut. Pola distribusi yang cenderung miring dan melebar ini menegaskan tingginya volatilitas Bitcoin serta sensitivitasnya terhadap perubahan sentimen dan peristiwa pasar global. Dengan demikian, histogram Bitcoin memperlihatkan bahwa risiko *tail risk* pada aset ini jauh lebih signifikan dibandingkan BBCA.

Setelah kuantil z_{CF} dihitung berdasarkan nilai *skewness* dan *kurtosis* masing-masing aset, perhitungan *Value at Risk* (VaR) dilakukan pada tingkat kepercayaan 95% dan 99%. Perhitungan ini dilakukan untuk mengestimasi kerugian maksimum yang berpotensi dialami dalam satu hari perdagangan berdasarkan karakteristik distribusi *return* yang telah dikoreksi menggunakan metode *Expanded Cornish–Fisher*.

Tabel 2. Hasil Perhitungan VaR–ECF BBCA dan Bitcoin

Aset	VaR 95%	VaR 99%
BBCA	0.019687	0.059421
BTC	0.070587	0.232287

Hasil pada Tabel 3.2 menunjukkan bahwa VaR BBCA pada tingkat kepercayaan 95% sebesar 0.019687, sedangkan pada tingkat 99% meningkat menjadi 0.059421. Nilai ini mencerminkan bahwa dalam kondisi ekstrem terdapat peluang kerugian harian sekitar 1.97% hingga 5.94%. Sementara itu, Bitcoin menunjukkan nilai VaR yang jauh lebih besar, yaitu 0.070587 pada level 95% dan 0.232287 pada level 99%. Angka tersebut menunjukkan bahwa Bitcoin memiliki probabilitas kerugian harian ekstrem yang jauh lebih besar, yakni sekitar 7.06% hingga 23.23% pada skenario terburuk. Perbedaan yang sangat mencolok antara BBCA dan Bitcoin mencerminkan perbedaan fundamental dalam volatilitas keduanya, sebagaimana terlihat pada distribusi *return* dan statistika deskriptif sebelumnya.

Interpretasi hasil VaR–ECF ini menunjukkan bahwa Bitcoin memiliki tingkat risiko yang jauh lebih tinggi dibandingkan BBCA, baik dari sisi volatilitas harian maupun peluang terjadinya *return* ekstrem. Nilai VaR yang besar pada Bitcoin juga konsisten dengan tingkat *skewness* negatif dan *kurtosis* tinggi yang ditunjukkan pada analisis sebelumnya, memperkuat kesimpulan bahwa karakter distribusi *return* Bitcoin sangat berisiko dan memerlukan pendekatan pengukuran risiko yang lebih sensitif seperti metode ECF.

IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik empiris *return* antara saham BBCA dan Bitcoin berbeda secara signifikan, terutama dari sisi volatilitas, *skewness*, dan *kurtosis* yang menjadi dasar penting dalam pengukuran risiko. BBCA memiliki pola pergerakan yang lebih stabil dengan risiko harian yang relatif moderat, sedangkan Bitcoin menunjukkan volatilitas tinggi dan distribusi *return* yang lebih ekstrem, sehingga menghasilkan nilai VaR–ECF yang jauh lebih besar pada tingkat kepercayaan 95% maupun 99%. Temuan ini menegaskan bahwa metode *Expanded Cornish–Fisher* mampu menggambarkan risiko dengan lebih akurat karena mempertimbangkan ketidaksimetrian distribusi dan ekor tebal yang terdapat pada kedua aset. Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa pemilihan metode pengukuran risiko harus disesuaikan dengan karakter distribusi *return* aset, dan VaR–ECF merupakan pendekatan yang lebih tepat digunakan terutama untuk instrumen dengan volatilitas tinggi seperti Bitcoin.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan selama proses penyusunan dan penyelesaian penelitian ini. Penulis menyampaikan apresiasi kepada pihak-pihak yang telah memberikan bimbingan, bantuan teknis, serta masukan ilmiah yang sangat berarti selama pelaksanaan penelitian. Secara khusus, penulis mengucapkan terima kasih kepada Tim DISCOVER yang telah menyediakan dan mengembangkan template yang digunakan dalam penyusunan dokumen ini, sehingga proses penulisan dapat berjalan lebih terstruktur dan sistematis.

REFERENSI

- [1] F. Menne, “Inovasi dan Literasi keuangan Syariah bagi Pelaku UMKM,” *Jesya*, vol. 6, no. 1, pp. 1111–1122, Apr. 2023, doi: 10.36778/jesya.v6i1.1213.
- [2] N. Huda, Y. Lake, and Y. A. Korbaffo, “MONEY MANAGEMENT DALAM INVESTASI CRYPTOCURRENCY,” *Jurnal Manajemen dan Bisnis Performa*, vol. 19, no. 2, pp. 50–57, Nov. 2022, doi: 10.29313/performa.v19i2.9973.
- [3] M. Albirr Inzal Yazidillah and B. S. Barus, “Studi Tinjauan Pustaka Analisis Risiko Cryptocurrency Sebagai Alat untuk Berinvestasi,” *Jurnal Sosial Teknologi*, vol. 3, no. 12, pp. 989–995, Dec. 2023, doi: 10.59188/jurnalsostech.v3i12.1016.
- [4] Z. Z. Hamzah, Mujito, Herman, and W. A. Basudani, “Comparative Performance Analysis of Bitcoin, LQ45 Stocks, and Antam Gold as Investment Options,” *Jurnal Ilmiah Manajemen Kesatuan*, vol. 13, no. 5, pp. 3903–3914, Oct. 2025, doi: 10.37641/jimkes.v13i5.3827.
- [5] D. T. Pele, N. Wesselhöfft, W. K. Härdle, M. Kolossiatis, and Y. G. Yatracos, “Are cryptos becoming alternative assets?,”

- European Journal of Finance*, vol. 29, no. 10, pp. 1064–1105, 2023, doi: 10.1080/1351847X.2021.1960403.
- [6] Divya Sharma, Deepanshu Pant, and Ashwani Kumar, “Cryptocurrency: An Overview of its History, Technology and Future Prospects,” *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*, pp. 427–430, Apr. 2023, doi: 10.48175/IJARSCT-9232.
- [7] A. E. Aprilia, S. Soehardjoepri, and F. A. Widjajati, “Estimasi Risiko Investasi Saham di Sektor Keuangan Menggunakan Metode ARCH-GARCH,” *Jurnal Sains dan Seni ITS*, vol. 6, no. 2, Sep. 2017, doi: 10.12962/j23373520.v6i2.26903.
- [8] F. Nicolussi and M. G. Zoia, “Modeling financial series and computing risk measures via Gram-Charlier-like expansions of the convoluted hyperbolic-secant density.”
- [9] R. Andespa, D. A. I. Maruddani, and T. Tarno, “EXPECTED SHORTFALL DENGAN EKSPANSI CORNISH-FISHER UNTUK ANALISIS RISIKO INVESTASI SEBELUM DAN SESUDAH PANDEMI COVID-19 DILENGKAPI GUI R,” *Jurnal Gaussian*, vol. 11, no. 2, pp. 173–182, Aug. 2022, doi: 10.14710/j.gauss.v11i2.35457.
- [10] H. Rosyidah, D. A. I. Maruddani, and D. Safitri, “ANALISIS BACKTESTING UNTUK VALUE AT RISK METODE EKSPANSI CORNISH-FISHER DENGAN UJI KUPIEC,” *Jurnal Gaussian*, vol. 13, no. 2, pp. 405–414, Dec. 2024, doi: 10.14710/j.gauss.13.2.405-414.