

Optimasi Penentuan Basis Risiko pada Jaringan Saham Keuangan Menggunakan Dimensi Metrik untuk Estimasi *Value at Risk*

Annisa Hevita Gustina Kumalasari Saefulloh, dkk.



Volume 14, Issue 1, Pages 49–58, April 2026

Diterima 21 Januari 2026, Direvisi 6 Maret 2026, Disetujui 28 Maret 2026, Diterbitkan 6 April 2026

To Cite this Article : A. H. G. K. Saefulloh, "Optimasi Penentuan Basis Risiko pada Jaringan Saham Keuangan Menggunakan Dimensi Metrik untuk Estimasi *Value at Risk*", *Euler J. Ilm. Mat. Sains dan Teknol.*, vol. 14, no. 1, pp. 49–58, 2026, <https://doi.org/10.37905/euler.v14i1.37004>

© 2026 by author(s)

JOURNAL INFO • EULER : JURNAL ILMIAH MATEMATIKA, SAINS DAN TEKNOLOGI



	Homepage	:	http://ejournal.ung.ac.id/index.php/euler/index
	Journal Abbreviation	:	Euler J. Ilm. Mat. Sains dan Teknol.
	Frequency	:	Three times a year
	Publication Language	:	English (preferable), Indonesia
	DOI	:	https://doi.org/10.37905/euler
	Online ISSN	:	2776-3706
	License	:	Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License
	Publisher	:	Department of Mathematics, Universitas Negeri Gorontalo
	Country	:	Indonesia
	OAI Address	:	http://ejournal.ung.ac.id/index.php/euler/oai
	Google Scholar ID	:	QF_r_gAAAAJ
	Email	:	euler@ung.ac.id

JAMBURA JOURNAL • FIND OUR OTHER JOURNALS



Jambura Journal of Biomathematics



Jambura Journal of Mathematics



Jambura Journal of Mathematics Education



Jambura Journal of Probability and Statistics

Optimasi Penentuan Basis Risiko pada Jaringan Saham Keuangan Menggunakan Dimensi Metrik untuk Estimasi *Value at Risk*

Annisa Hevita Gustina Kumalasari Saefulloh^{1,*}, Putri Isnaini Cahyaning Baiti¹, Erica Grace Simanjuntak¹, Rahmatika Zaqiatul Latifah¹

¹Program Studi Sains Aktuaria, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan 35365, Indonesia

ARTICLE HISTORY

Diterima 21 Januari 2026
Direvisi 6 Maret 2026
Disetujui 28 Maret 2026
Diterbitkan 6 April 2026

KATA KUNCI

Dimensi Metrik
Jaringan Keuangan
Optimasi Risiko
Value at Risk
Teori Graf

KEYWORDS

Metric Dimension
Financial Network
Risk Optimization
Value at Risk
Graph Theory

ABSTRAK. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan pemantauan risiko sistemik pada jaringan sektor keuangan di Indonesia dengan menentukan basis risiko minimal menggunakan konsep Dimensi Metrik. Tingginya kompleksitas korelasi antar aset memerlukan metode reduksi dimensi yang tetap mempertahankan informasi struktural terkait paparan risiko. Data harga saham harian dari 10 emiten keuangan (perbankan, asuransi, dan pembiayaan) periode 1 Januari 2021 hingga 31 Desember 2025 digunakan dalam penelitian ini. Data ditransformasikan menjadi graf berbobot melalui matriks korelasi log-return yang dikonversi menjadi jarak metrik. Resolving set (W) ditentukan menggunakan algoritma greedy untuk mengidentifikasi basis optimal. Validasi dilakukan dengan menganalisis korelasi antara koordinat metrik setiap emiten dengan nilai *Value at Risk* (VaR) 95%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jaringan keuangan memiliki dimensi metrik $\dim(G) = 1$, dengan ADMEJK terpilih sebagai basis optimal. Validasi aktuarial mengungkapkan korelasi negatif yang signifikan ($-0,5495$) antara jarak metrik dan VaR. Hal ini mengimplikasikan bahwa jarak metrik dari basis dapat memetakan besaran risiko pasar secara linear, menawarkan strategi efisiensi bagi manajer investasi untuk memantau stabilitas portofolio melalui satu entitas referensi saja.

ABSTRACT. This study aims to optimize systemic risk monitoring in the Indonesian financial sector network by determining the minimum risk basis using the Metric Dimension concept. The high complexity of inter-asset correlations requires a dimension reduction method that maintains structural information regarding risk exposure. Daily stock price data from 10 financial issuers (banking, insurance, and financing) for the five-year period from January 1, 2021, to December 31, 2025, were used. The data was transformed into a weighted graph through a log-return correlation matrix converted into metric distances. The resolving set (W) was determined using a greedy algorithm to identify the optimal basis. Validation was performed by analyzing the correlation between the metric coordinates of each issuer and its 95% *Value at Risk* (VaR). The results showed that the financial network has a metric dimension of $\dim(G) = 1$, with ADMEJK selected as the optimal resolving set (basis). Actuarial validation revealed a significant negative correlation (-0.5495) between the metric distance and VaR. This implies that the metric distance from the basis can linearly map the magnitude of market risk, offering an efficiency strategy for investment managers to monitor portfolio stability through a single reference entity.



This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License. **Editorial of EULER:** Department of Mathematics, Universitas Negeri Gorontalo, Jln. Prof. Dr. Ing. B. J. Habibie, Bone Bolango 96554, Indonesia.

1. Pendahuluan

Stabilitas sektor keuangan merupakan pilar utama dalam menjaga ketahanan ekonomi suatu negara. Tingginya interkoneksi antar institusi keuangan menyebabkan pasar saham menjadi sistem yang sangat kompleks, di mana guncangan pada satu entitas dapat memicu efek domino yang berdampak sistemik [1–3]. Dalam manajemen risiko kuantitatif, *Value at Risk* (VaR) telah lama menjadi standar industri untuk mengestimasi potensi kerugian maksimum pada tingkat kepercayaan tertentu [4]. Namun, dalam konteks portofolio berdimensi besar,

*Penulis Korespondensi.

perhitungan risiko berbasis matriks korelasi konvensional seringkali menghadapi kendala *curse of dimensionality* dan *noise* statistik, sehingga sulit diinterpretasikan secara langsung untuk memetakan jalur transmisi risiko sistemik [5–7].

Untuk mengatasi kompleksitas tersebut, pendekatan Teori Graf dan jaringan kompleks (*complex networks*) mulai diadopsi secara luas. Analisis topologi jaringan memungkinkan pemetaan korelasi pergerakan harga saham emiten ke dalam bentuk simpul (*nodes*) dan sisi (*edges*), menyaring informasi redundan, dan mengekstraksi struktur fundamental pasar [8, 9]. Sebagian besar studi terdahulu menggunakan metrik sentralitas (*centrality measures*) dan *Minimum Spanning Tree* (MST) untuk mengidentifikasi emiten yang paling berpengaruh dalam penyebaran risiko [10]. Meskipun efektif untuk mengukur peran lokal atau jalur terpendek suatu emiten, metrik sentralitas memiliki keterbatasan dalam mengidentifikasi himpunan minimum emiten yang secara unik dapat memetakan seluruh posisi entitas lain di dalam jaringan.

Keterbatasan ini dapat dijumpai melalui konsep *Dimensi Metrik* (*Metric Dimension*). Dalam teori graf, dimensi metrik mendefinisikan himpunan simpul minimum, yang disebut sebagai *Resolving Set* atau basis metrik, di mana setiap simpul dalam graf memiliki representasi jarak yang unik terhadap himpunan basis tersebut [11, 12]. Jika diterapkan pada jaringan korelasi saham, basis metrik ini secara matematis berfungsi sebagai titik referensi atau “sensor” yang lokasinya paling independen, namun secara komprehensif mampu merepresentasikan struktur jarak (korelasi) seluruh jaringan.

Secara konseptual, hubungan antara jarak topologis dalam graf korelasi dan transmisi risiko (VaR) memiliki justifikasi teoretis yang kuat. Simpul yang berada dalam jarak metrik yang dekat merepresentasikan saham emiten yang bergerak secara serentak (*herd behavior*) akibat paparan sentimen makroekonomi yang sama. Akibatnya, kelompok emiten yang berkerumun berdekatan dengan pusat volatilitas pasar menanggung eksposur risiko sistemik dan akumulasi kerugian ekstrem (VaR) yang jauh lebih besar [13]. Sebaliknya, emiten dengan jarak metrik yang jauh dari inti jaringan beroperasi lebih independen dan memiliki profil risiko (VaR) yang lebih rendah.

Meskipun konsep dimensi metrik telah matang dieksplorasi dalam memecahkan masalah topologi seperti pada struktur kimia [14] dan jaringan interkoneksi unicyclic [15], aplikasinya dalam pemodelan risiko aktuarial dan keuangan masih sangat terbatas. Penelitian yang secara spesifik mengintegrasikan pencarian *Resolving Set* sebagai metode reduksi dimensi untuk mengestimasi besaran risiko pasar (VaR) belum ditemukan secara komprehensif dalam literatur saat ini. Oleh karena itu, penelitian ini mengisi *research gap* tersebut dengan menawarkan pendekatan baru yang menghubungkan keunikan topologis graf dengan metrik risiko kuantitatif.

Penelitian ini menggunakan data harga saham dari 10 emiten sektor keuangan dengan kapitalisasi pasar terbesar di Indonesia selama periode 1 Januari 2021 hingga 31 Desember 2025. Pemilihan periode ini sangat krusial karena merepresentasikan dinamika volatilitas pasar dan pergeseran struktural korelasi risiko yang terjadi selama fase pemulihan ekonomi pasca-pandemi *COVID-19* [5, 16], yang secara empiris telah terbukti memicu guncangan dan volatilitas ekstrem secara spesifik pada pasar saham di Indonesia [17, 18].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan penentuan basis risiko pada jaringan saham keuangan menggunakan algoritma *greedy* untuk pencarian dimensi metrik. Penelitian ini menguji hipotesis bahwa terdapat korelasi negatif yang signifikan antara jarak metrik suatu emiten dari basis dengan nilai estimasi VaR-nya; di mana semakin dekat jarak metrik (semakin terikat dengan siklus pasar), semakin tinggi risiko VaR yang ditanggung.

Penelitian ini diharapkan memberikan tiga kontribusi utama: (1) kontribusi teoretis, yaitu memberikan landasan matematis yang menghubungkan konsep *Resolving Set* dalam teori graf dengan ukuran risiko aktuarial; (2) kontribusi metodologis, yaitu menawarkan teknik reduksi dimensi baru yang efisien dalam memetakan interkoneksi pasar tanpa kehilangan informasi struktural; dan (3) kontribusi empiris, yaitu menyajikan bukti dinamika risiko sistemik pada sektor keuangan Indonesia. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat memberikan implikasi strategis bagi manajer investasi dan regulator dalam merancang sistem peringatan dini (*early warning system*), di mana pemantauan stabilitas seluruh portofolio dapat dioptimalkan hanya dengan memantau pergerakan harga pada himpunan basis metrik (emiten referensi) yang berdimensi jauh lebih kecil.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan tahapan analisis sebagai berikut.

2.1. Data dan Pra-pemrosesan

Data yang digunakan adalah harga penutupan harian (*adjusted close*) dari 10 emiten sektor keuangan yang terdiri dari perbankan, asuransi, dan multifinance di Bursa Efek Indonesia. Pemilihan 10 emiten ini secara sengaja difokuskan pada perusahaan dengan kapitalisasi pasar tertinggi untuk mewakili pilar utama yang berdampak sistemik, sehingga analisis graf tidak terdistorsi oleh saham-saham kecil yang tidak likuid. Periode pengamatan mencakup 5 tahun penuh, mulai dari 1 Januari 2021 hingga 31 Desember 2025. Return saham harian (R_t) dihitung menggunakan *log-return* [19]:

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

di mana P_t adalah harga saham pada hari ke- t .

2.2. Konstruksi Graf Jaringan

Matriks korelasi Pearson (ρ_{ij}) antar seluruh pasangan emiten dihitung untuk merepresentasikan kekuatan hubungan linear. Setiap *ticker* saham didaftarkan sebagai simpul (V) dalam graf $G(V, E)$ untuk memastikan representasi entitas yang unik [8]. Pembentukan sisi (*edges*) didasarkan pada metode *thresholding* untuk mereduksi *noise*. Konstruksi graf dilakukan dengan menetapkan nilai ambang batas (*threshold*) korelasi sebesar 0,5. Pemilihan angka ini didasarkan pada klasifikasi korelasi Pearson, yang berfungsi memotong sisi berbobot lemah agar struktur jaringan risiko yang terbentuk lebih akurat [20]. Penetapan ini mensyaratkan bahwa sisi hanya terbentuk jika nilai korelasi $\geq 0,5$, yang bertujuan menyaring fluktuasi pasar acak agar jaringan yang terbentuk benar-benar mencerminkan ketergantungan fundamental.

Selanjutnya, bobot sisi dikonversi menjadi jarak metrik ($d(u, v)$) menggunakan inversi linear sederhana sebagai adaptasi dari konsep topologi pasar [9]:

$$d(u, v) = 1 - \rho_{uv}. \quad (2)$$

Pers. (2) memastikan bahwa emiten dengan korelasi positif tinggi (mendekati 1) akan memiliki jarak graf yang mendekati 0, yang merepresentasikan kedekatan risiko yang tinggi dalam ruang metrik.

2.3. Algoritma Dimensi Metrik

Dimensi metrik ($\dim(G)$) adalah kardinalitas minimum dari *resolving set* W . Himpunan $W = \{w_1, w_2, \dots, w_k\} \subset V$ disebut *resolving set* jika setiap simpul $v \in V$ memiliki represen-

tasi koordinat vektor jarak yang berbeda terhadap W [11, 12], yaitu:

$$r(v|W) = (d(v, w_1), d(v, w_2), \dots, d(v, w_k)). \tag{3}$$

Penelitian ini menggunakan algoritma pencarian basis (*metode greedy*) untuk menemukan himpunan W dengan jumlah elemen paling sedikit yang memenuhi syarat resolusi tersebut (basis risiko yang optimal) [21]. Algoritma melakukan iterasi pada setiap kandidat simpul dan memilih simpul yang mampu membedakan pasangan terjauh dalam jaringan (*maximum resolved pairs*) berdasarkan selisih jarak metriknya, yaitu:

$$|d(u, c) - d(v, c)| > \epsilon. \tag{4}$$

Iterasi seleksi ini terus dilakukan hingga seluruh pasangan simpul dalam graf berhasil dibedakan, sehingga diperoleh himpunan W dengan jumlah elemen paling sedikit yang merepresentasikan basis risiko optimal.

2.4. Validasi Aktuaria (*Value at Risk*)

Untuk memvalidasi efektivitas basis risiko, dilakukan perhitungan *Value at Risk* (VaR) menggunakan metode Simulasi Historis (*Historical Simulation*). Metode ini dipilih karena tidak mengasumsikan normalitas distribusi return saham yang sering kali memiliki *fat tails* [4, 23]. VaR pada tingkat kepercayaan $(1 - \alpha)$ didefinisikan sebagai kuantil ke- α dari distribusi *log-return* historis R . Secara matematis, jika R adalah himpunan data return historis selama periode pengamatan, maka:

$$\text{VaR}_\alpha = \inf\{r \in R : P(R \leq r) \geq \alpha\}. \tag{5}$$

Dalam penelitian ini, digunakan tingkat kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$). Nilai $\text{VaR}_{0,05}$ merepresentasikan batas kerugian maksimum yang diekspektasikan tidak akan dilampaui dalam 95% waktu perdagangan. Selanjutnya, korelasi Pearson dihitung antara vektor jarak metrik (d) dan vektor VaR untuk menguji hipotesis hubungan antara posisi topologis dan besaran risiko.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisis Log-Return dan Korelasi

Langkah pertama dalam konstruksi jaringan adalah mengubah data harga penutupan harian menjadi *log-return*. Berdasarkan pers. (1) pada metode penelitian, perhitungan ini diaplikasikan pada seluruh deret waktu pergerakan harga saham. Sebagai contoh pada Tabel 1, pergerakan harga saham BBKA.JK pada tanggal 5 Januari 2021 dikonversi dan menghasilkan *log-return* positif sebesar 0,0366.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Log-Return Saham

Date	ADMFJK	AMAG.JK	ASBI.JK	BBKA.JK	BBNI.JK	BBRI.JK	BFIN.JK	BMRI.JK	PNLFJK	TUGU.JK
21/01/05	0,0000	0,0175	0,0000	0,0366	0,0194	-0,0093	0,0241	-0,0116	0,0706	-0,0155
21/01/06	0,0000	0,0000	-0,0327	-0,0206	-0,0155	-0,0165	-0,0160	0,0000	-0,0229	-0,0131
21/01/07	0,0000	0,0000	0,0000	0,0028	0,0038	0,0188	0,0395	0,0077	0,0153	0,0000
21/01/08	0,0000	0,0257	0,0000	0,0121	0,0077	0,0253	-0,0235	0,0115	-0,0076	-0,0570
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
25/12/26	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
25/12/29	0,0058	0,0208	0,0323	0,0000	-0,0023	0,0026	0,0000	0,0049	0,0000	0,0566
25/12/30	0,0000	0,0354	0,0224	0,0062	0,0254	0,0046	-0,0071	0,0049	0,0235	-0,0127

Rangkaian *log-return* dari 10 emiten ini kemudian digunakan untuk membentuk matriks korelasi Pearson yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Matriks Korelasi dari Log-Return

Ticker	ADMFJK	AMAGJK	ASBIJK	BBCAJK	BBNIJK	BBRIJK	BFINJK	BMRIJK	PNLFJK	TUGUJK
ADMFJK	1	0,0401	0,0445	0,1585	0,1341	0,1503	0,1269	0,1799	0,0751	0,0915
AMAGJK	0,0401	1	-0,0572	0,0831	0,0795	0,1143	0,0411	0,0849	0,1066	0,0592
ASBIJK	0,0445	-0,0572	1	0,0655	0,0907	0,0702	0,0429	0,0827	-0,0175	0,1294
BBCAJK	0,1585	0,0830	0,0655	1	0,5049	0,5062	0,1762	0,5279	0,1748	0,1620
BBNIJK	0,1341	0,0795	0,0907	0,5049	1	0,6158	0,2211	0,6139	0,1948	0,1436
BBRIJK	0,1503	0,1143	0,0702	0,5062	0,6158	1	0,2060	0,5834	0,1892	0,1757
BFINJK	0,1269	0,0410	0,0429	0,1762	0,2211	0,2060	1	0,2273	0,1701	0,1185
BMRIJK	0,1799	0,0849	0,0827	0,5279	0,6139	0,5834	0,2273	1	0,2339	0,1664
PNLFJK	0,0751	0,1066	-0,0175	0,1748	0,1948	0,1892	0,1701	0,2339	1	0,1285
TUGUJK	0,0915	0,0592	0,1294	0,1621	0,1436	0,1757	0,1185	0,1664	0,1285	1

Berdasarkan matriks korelasi pada Tabel 2, teridentifikasi pola hubungan yang signifikan antar sektor. Sektor perbankan (*big banks*) menunjukkan interdependensi yang sangat kuat. Sebagai contoh, BMRI.JK memiliki koefisien korelasi positif yang tinggi terhadap BBNI.JK ($\rho = 0,6139$) dan BBRI.JK. Nilai ini melampaui ambang batas korelasi yang ditetapkan pada jaringan ($\rho > 0,5$), mengindikasikan bahwa pergerakan risiko pada satu bank akan berdampak linear secara langsung terhadap bank lainnya.

Selanjutnya, matriks korelasi tersebut ditransformasikan menjadi jarak metrik topologis untuk membangun sisi (*edges*) graf jaringan. Mengacu pada pers. (2), jarak metrik (d) dihitung berdasarkan korelasi (ρ). Menggunakan contoh pasangan BMRI.JK dan BBNI.JK, nilai korelasi dikonversi menjadi jarak metrik sebesar $d(\text{BMRI}, \text{BBNI}) = 1 - 0,6139 = 0,3861$. Perhitungan ini membuktikan secara matematis bahwa emiten dengan pergerakan harga yang searah (korelasi tinggi) akan terpetakan dengan jarak topologis yang saling berdekatan di dalam graf.

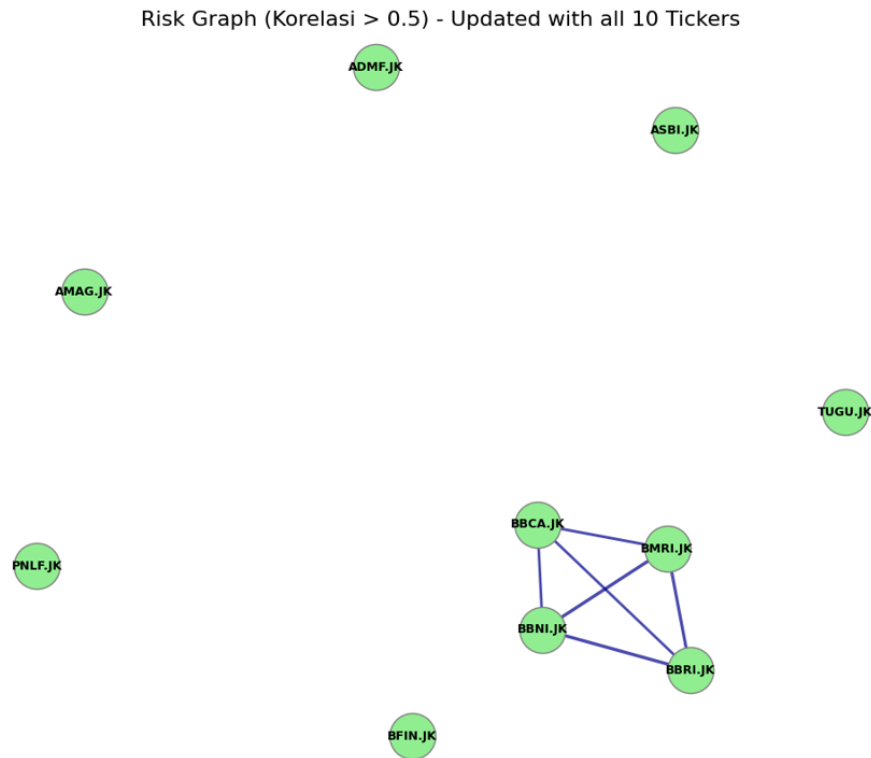
Sebaliknya, emiten sektor asuransi (seperti AMAG.JK dan ASBI.JK) dan multifinance menunjukkan korelasi yang rendah terhadap mayoritas emiten lain. Hal ini mengisyaratkan bahwa risiko pada sektor non-perbankan cenderung bersifat unik dan tidak terlalu dipengaruhi oleh pergerakan pasar sistemik perbankan.

3.2. Topologi Jaringan Keuangan

Visualisasi struktur topologi jaringan yang terbentuk dari matriks korelasi pada Tabel 2 ditampilkan pada Gambar 1. Berbeda dengan representasi numerik pada matriks, pendekatan graf memberikan gambaran visual yang lebih intuitif mengenai struktur hubungan antar emiten, khususnya dalam mengidentifikasi pola pengelompokan (*clustering*) risiko serta kedekatan topologis antar simpul dalam jaringan.

Berdasarkan Gambar 1, terlihat terbentuknya satu komponen raksasa (*giant component*) atau *clique* yang padat pada emiten perbankan. Simpul BBKA, BMRI, BBNI, dan BBRI saling terhubung dengan sisi (*edges*) yang tebal, memvisualisasikan temuan pada Tabel 2 bahwa sektor ini merupakan “jantung” dari risiko sistemik. Jika satu simpul dalam kluster ini mengalami guncangan (*shock*), guncangan tersebut akan merambat dengan cepat ke simpul lain dalam kluster yang sama [10].

Sementara itu, ADMFJK terlihat terisolasi secara topologis atau hanya terhubung lemah (tidak memiliki sisi tebal ke kluster utama). Posisi ini menarik karena meskipun ADMFJK bukan bagian dari kluster risiko tinggi, ia memiliki jarak yang unik ke semua elemen lain, yang menjadikannya kandidat kuat sebagai titik referensi (basis) dalam pengukuran dimensi metrik. Keterpisahan visual antara grup perbankan dan non-perbankan ini mengonfirmasi bahwa pendekatan *thresholding* 0,5 efektif dalam memetakan struktur pasar saham Indonesia.



Gambar 1. Graf G_1

3.3. Basis Risiko Optimal dan Koordinat Risiko

Hasil komputasi algoritma greedy menemukan bahwa jaringan ini memiliki dimensi metrik $\dim(G) = 1$ dengan ADMFJK sebagai basis tunggal (resolving set). Ini berarti posisi risiko seluruh emiten dapat dipetakan hanya dengan mengukur jaraknya ke ADMFJK.

Status ADMFJK sebagai basis tunggal dibuktikan melalui representasi koordinat metrik yang dirumuskan pada pers. (3). Karena $|W| = 1$, representasi koordinat setiap emiten diekspresikan sebagai nilai jarak tunggal terhadap ADMFJK. Sebagai ilustrasi, karena emiten BMRIJK berada pada jarak 0,82 dari ADMFJK, maka representasi metriknya adalah $r(\text{BMRIJK} | W) = 0,82$.

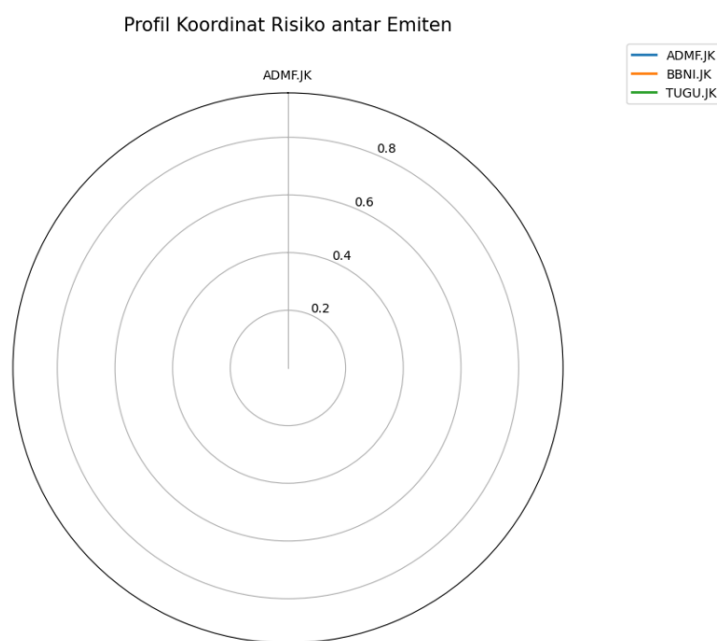
Tabel 3. Matriks Koordinat Risiko terhadap Basis ADMFJK

Ticker	ADMFJK
ADMFJK	0
AMAG.JK	0,9598544641
ASBI.JK	0,9554648425
BBCA.JK	0,8414825442
BBNI.JK	0,8658630587
BBRI.JK	0,8496405701
BFIN.JK	0,8730637849
BMRI.JK	0,8200705971
PNLF.JK	0,9248227537
TUGU.JK	0,908451587

Lebih lanjut, himpunan W ini terbukti sah karena memenuhi syarat pemisahan pada pers. (4). Misalnya, untuk membedakan emiten perbankan BMRIJK dan BBCA.JK, sistem mengevaluasi jarak keduanya terhadap basis ADMFJK. Dengan jarak $d(\text{BMRI}, \text{ADMF}) = 0,8201$ dan $d(\text{BBCA}, \text{ADMF}) = 0,8415$, terdapat selisih absolut $|0,8201 - 0,8415| = 0,0214$. Karena ni-

lai 0,0214 lebih besar dari batas toleransi ϵ (di mana $\epsilon = 10^{-5}$), maka pers. (4) terpenuhi. Hal ini secara matematis membuktikan bahwa Resolving Set tunggal ADMFJK mampu secara unik membedakan posisi setiap simpul di dalam jaringan. Rangkuman representasi koordinat metrik seluruh emiten terhadap basis ADMFJK dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3, terlihat bahwa setiap emiten memiliki nilai koordinat (jarak) yang bervariasi terhadap basis. Untuk menginterpretasikan struktur pengelompokan kedekatan risiko ini secara lebih intuitif, matriks koordinat tersebut divisualisasikan dalam bentuk plot radar pada Gambar 2.



Gambar 2. Koordinat Risiko antar Emiten

Gambar 2 memperlihatkan pemetaan emiten dalam ruang metrik. ADMFJK berada pada titik pusat (jarak 0). Emiten perbankan, seperti BBNIJK dan BMRIJK, menempati radius lingkaran yang lebih dalam (jarak $< 0,87$), yang menunjukkan bahwa mereka memiliki profil risiko yang "dekat" atau sangat sensitif terhadap perubahan basis. Sementara itu, emiten asuransi, seperti AMAGJK dan ASBIJK, berada pada radius terluar (jarak $> 0,95$), menunjukkan independensi risiko yang lebih tinggi di dalam jaringan.

3.4. Validasi Hubungan Jarak Metrik dan VaR

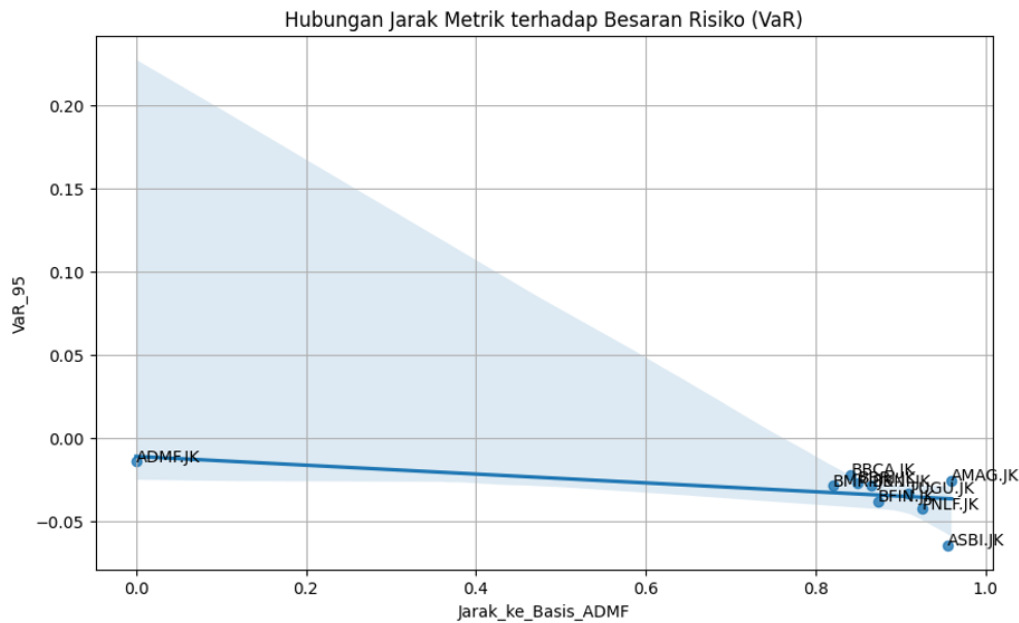
Untuk memvalidasi hubungan antara topologi graf dan risiko pasar, nilai estimasi Value at Risk (VaR) dihitung untuk masing-masing emiten. Mengacu pada pers. (5), nilai VaR dicari berdasarkan infimum dari distribusi probabilitas log-return sedemikian rupa sehingga probabilitas kerugian melebihi batas VaR tersebut adalah sebesar $\alpha = 0,05$ (tingkat kepercayaan 95%).

Sebagai contoh penerapan pers. (5) pada pengolahan data historis, batas persentil ke-5 dari seluruh deret log-return BMRIJK menemukan titik potong kerugian maksimum. Jika perhitungan menghasilkan nilai VaR sebesar $-0,0288$, ini artinya terdapat keyakinan 95% bahwa kerugian harian untuk saham BMRIJK tidak akan melebihi 2,88% dalam kondisi pasar normal. Estimasi VaR untuk seluruh emiten kemudian diekstrak menggunakan prinsip yang sama. Rangkuman hasil perhitungan jarak metrik yang disandingkan dengan estimasi nilai VaR 95% untuk setiap emiten disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rentang Jarak Metrik Saham Keuangan dan Nilai VaR 95%

Ticker	Jarak_ke_ADMF	Kategori_Posisi	Nilai VaR 95%
ADMFJK	0,0000	Basis (Pusat)	-0,0140
BMRIJK	0,8201	Core (Risiko Tinggi)	-0,0288
BBCAJK	0,8415	Core (Risiko Tinggi)	-0,0223
BBRIJK	0,8496	Core (Risiko Tinggi)	-0,0272
BBNIJK	0,8659	Semi-Periphery (Sedang)	-0,0287
BFINJK	0,8731	Semi-Periphery (Sedang)	-0,0382
TUGUJK	0,9085	Periphery (Risiko Rendah)	-0,0334
PNLFJK	0,9248	Periphery (Risiko Rendah)	-0,0425
ASBIJK	0,9555	Periphery (Risiko Rendah)	-0,0645
AMAGJK	0,9599	Periphery (Risiko Rendah)	-0,0257

Tabel 4 memperlihatkan bahwa emiten perbankan besar (Big Caps) berkumpul di zona Core dengan jarak $< 0,85$. Kedekatan jarak ini mengimplikasikan bahwa perbankan memiliki eksposur risiko sistemik yang sangat sensitif terhadap pergerakan basis. Secara finansial, jarak metrik ke basis (ADMFJK) bertindak sebagai indikator keterikatan pada siklus pasar utama. Emiten perbankan berjarak dekat karena mereka merupakan motor utama IHSG yang bergerak serentak (herd behavior) saat krisis, sehingga wajar jika menanggung risiko kerugian ekstrem (VaR) terbesar [22, 23]. Sebaliknya, emiten asuransi menempati zona Periphery (jarak $> 0,90$), menunjukkan independensi yang lebih tinggi dari guncangan tersebut.



Gambar 3. Hubungan Jarak Metrik terhadap Besaran Risiko (VaR)

Analisis validasi menunjukkan adanya korelasi negatif yang signifikan sebesar $-0,5495$ antara jarak metrik ke basis dan nilai VaR 95%. Korelasi ini disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Korelasi antara Jarak Metrik dan VaR 95%

	Jarak ke Basis ADMF	VaR 95%
Jarak ke Basis ADMF	1	-0,5495
VaR 95%	-0,5495	1

Analisis statistik menghasilkan korelasi negatif sebesar $-0,5495$. Korelasi ini bermakna bahwa semakin kecil jarak metrik suatu emiten ke basis (mendekati 0), nilai VaR-nya cenderung semakin besar (semakin negatif/rugi). Temuan ini memvalidasi model dimensi metrik, di mana emiten yang berada di “Core” jaringan (dekat dengan basis) terbukti menanggung risiko pasar terbesar. Hal ini sejalan dengan teori bahwa interkoneksi tinggi meningkatkan potensi risiko sistemik [2, 13].

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil membuktikan bahwa optimasi monitoring risiko pada jaringan saham keuangan Indonesia dapat dilakukan menggunakan pendekatan Dimensi Metrik. Ditemukan bahwa jaringan memiliki dimensi $\dim(G) = 1$ dengan ADMFJK sebagai basis optimal. Struktur jaringan memvalidasi fenomena *risk-homogeneity* pada sektor perbankan dan *risk-resilience* pada sektor asuransi. Korelasi $-0,5495$ terhadap VaR menegaskan bahwa jarak metrik adalah prediktor risiko yang valid dan dapat digunakan oleh regulator untuk menyejahterakan pengawasan sistemik.

Kontribusi Penulis. Annisa Hevita Gustina Kumalasari Saefulloh: Konseptualisasi, metodologi, supervisi. Putri Isnaini Cahyaning Baiti: Perangkat lunak, validasi, visualisasi. Erica Grace Simanjuntak: Analisis formal, investigasi. Rahmatika Zaqiatul Latifah: Penulisan–persiapan draf asli, penyuntingan.

Ucapan Terima Kasih. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Sains Aktuaria Institut Teknologi Sumatera atas dukungan fasilitas komputasi dan data yang diberikan. Kami juga menghargai masukan dari reviewer yang telah membantu menyempurnakan naskah ini.

Pembiayaan. Penelitian ini tidak menerima pendanaan eksternal.

Konflik Kepentingan. Para penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan yang terkait dengan artikel ini.

Ketersediaan Data. Tidak tersedia.

Referensi

- [1] D. Petrone and V. Latora, “A dynamic approach merging network theory and credit risk techniques to assess systemic risk in financial networks,” *Scientific Reports*, vol. 8, p. 5561, 2018, doi: [10.1038/s41598-018-23766-5](https://doi.org/10.1038/s41598-018-23766-5).
- [2] M. O. Jackson and A. Pernoud, “Systemic risk in financial networks: A survey,” *Annual Review of Economics*, vol. 13, pp. 171–202, 2021, doi: [10.1146/annurev-economics-083120-111540](https://doi.org/10.1146/annurev-economics-083120-111540).
- [3] P. Barucca et al., “Network valuation in financial systems,” *Mathematical Finance*, vol. 30, no. 4, pp. 1181–1204, 2020, doi: [10.1111/mafi.12272](https://doi.org/10.1111/mafi.12272).
- [4] P. Jorion, *Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk*, 3rd ed. New York: McGraw-Hill Education, 2007.
- [5] J. Wu, C. Zhang, and Y. Chen, “Analysis of risk correlations among stock markets during the COVID-19 pandemic,” *International Review of Financial Analysis*, vol. 83, p. 102220, 2022, doi: [10.1016/j.irfa.2022.102220](https://doi.org/10.1016/j.irfa.2022.102220).
- [6] C. He, Z. Wen, K. Huang, and X. Ji, “Sudden shock and stock market network structure characteristics: A comparison of past crisis events,” *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 180, p. 121732, 2022, doi: [10.1016/j.techfore.2022.121732](https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121732).
- [7] S. Ellis, S. Sharma, and J. Brzeszczyński, “Systemic risk measures and regulatory challenges,” *Journal of Financial Stability*, vol. 61, p. 100960, 2022, doi: [10.1016/j.jfs.2021.100960](https://doi.org/10.1016/j.jfs.2021.100960).
- [8] K.-H. Choi and S.-M. Yoon, “Risk connectedness among international stock markets: Fresh findings from a network approach,” *Systems*, vol. 11, no. 4, p. 207, 2023, doi: [10.3390/systems11040207](https://doi.org/10.3390/systems11040207).

- [9] R. N. Mantegna, "Hierarchical structure in financial markets," *The European Physical Journal B*, vol. 11, pp. 193–197, 1999, doi: [10.1007/s100510050929](https://doi.org/10.1007/s100510050929).
- [10] M. Alexandre, F. J. Xavier, T. C. Silva, and F. A. Rodrigues, "Nestedness and systemic risk in financial networks," *Latin American Journal of Central Banking*, vol. 6, no. 2, 2025, doi: [10.1016/j.latcb.2024.100136](https://doi.org/10.1016/j.latcb.2024.100136).
- [11] F. Jamil, A. Kashif, S. Zafar, M. O. Ojiema, and M. Wang, "Local fractional strong metric dimension of certain complex networks," *Complexity*, vol. 2023, pp. 1–8, 2023, doi: [10.1155/2023/3635342](https://doi.org/10.1155/2023/3635342).
- [12] J. Wu, L. Wang, and W. Yang, "Learning to compute the metric dimension of graphs," *Applied Mathematics and Computation*, vol. 432, p. 127350, 2022, doi: [10.1016/j.amc.2022.127350](https://doi.org/10.1016/j.amc.2022.127350).
- [13] Y. Liu, Y. Wang, and Y. Zhang, "High-dimensional CoVaR risk spillover network from oil market to global stock markets," *Frontiers in Environmental Science*, vol. 11, p. 1103625, 2023, doi: [10.3389/fenvs.2023.1103625](https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1103625).
- [14] A. Khan, G. Haidar, N. Abbas, M. U. I. Khan, A. U. K. Niazi, and A. U. I. Khan, "Metric dimensions of bicyclic graphs," *Mathematics*, vol. 11, no. 4, p. 869, 2023, doi: [10.3390/math11040869](https://doi.org/10.3390/math11040869).
- [15] A. Estrada-Moreno, "The k-metric dimension of a unicyclic graph," *Mathematics*, vol. 9, no. 21, p. 2789, 2021, doi: [10.3390/math9212789](https://doi.org/10.3390/math9212789).
- [16] B. A. Memon and H. Yao, "The impact of COVID-19 on the dynamic topology and network flow of world stock markets," *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, vol. 7, no. 4, p. 241, 2021, doi: [10.3390/joitmc7040241](https://doi.org/10.3390/joitmc7040241).
- [17] D. Rahmayani and S. Oktavilia, "Does the COVID-19 pandemic affect the stock market in Indonesia?," *Jurnal Ilmu Sosial dan Ilmu Politik*, vol. 24, no. 1, pp. 33–47, 2020, doi: [10.22146/jsp.56432](https://doi.org/10.22146/jsp.56432).
- [18] Y. Trisnowati and A. Muditomo, "COVID-19 and stock market reaction in Indonesia," *Journal of Accounting and Investment*, vol. 22, no. 1, pp. 23–36, 2021, doi: [10.18196/jai.v22i1.8859](https://doi.org/10.18196/jai.v22i1.8859).
- [19] E. Nurmaryadi et al., "Measurement of expected shortfall, correlation and simulation of stock return in the transportation sector in Asia's emerging stock markets," *Quantitative Economics and Management Studies*, vol. 4, no. 5, pp. 904–924, 2023, doi: [10.35877/454RI.qems1901](https://doi.org/10.35877/454RI.qems1901).
- [20] M. Alexandre, T. C. Silva, and F. A. Rodrigues, "Critical edges in financial networks," Working Paper Series 594, Banco Central do Brasil, 2024. [Online]. Available: <https://www.bcb.gov.br/content/publicacoes/WorkingPaperSeries/WP594.pdf>.
- [21] A. F. Akadji, "Komputasi dimensi metrik pada graf pohon, graf simetrik kubik dari Sensus Foster, dan graf hypercube," Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2023.
- [22] T. H. Astuti and P. D. Anggraini, "Risk analysis of single stocks and portfolios in LQ45 Index," *Journal of Economics and Economic Policy*, vol. 2, no. 4, pp. 422–430, 2025, doi: [10.61796/ijecep.v2i4.82](https://doi.org/10.61796/ijecep.v2i4.82).
- [23] A. Tursina, R. S. Aminda, and I. Nurhayati, "Analisis Value at Risk (VaR) dengan metode historis dan Monte Carlo dalam harga saham sub sektor bank," *JEBI: Jurnal Ekonomi dan Bisnis*, vol. 1, no. 5, pp. 668–675, 2023.