

DETEKSI KOMUNITAS PASAR SAHAM IHSG DENGAN METODE HYBRID JARINGAN KOMPLEKS DAN ALGORITMA LEIDEN**Andrian Agustinus Lumban Gaol**

Program Studi Sains Data, Fakultas Sains, Institut Teknologi Sumatera

e-mail: andrian.121450090@student.itera.ac.id***Christyan Tamara Nadeak**

Program Studi Sains Data, Fakultas Sains, Institut Teknologi Sumatera

e-mail: christyan.nadeak@sd.itera.ac.id***Abstrak**

Pasar saham merupakan sistem yang kompleks, dengan hubungan antar saham yang saling mempengaruhi dan membentuk jaringan dinamis. Di Indonesia, Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) mencerminkan pergerakan pasar saham secara keseluruhan. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi struktur komunitas saham dalam IHSG berdasarkan sektor dengan menggunakan pendekatan hybrid yang menggabungkan Random Matrix Theory (RMT), Complex Network (CN), dan algoritma Leiden. Data yang digunakan adalah harga penutupan harian saham pada IHSG selama periode Januari 2014 hingga Januari 2024. Metode yang diterapkan meliputi pembentukan matriks korelasi antarsaham, penyaringan noise menggunakan RMT, dan analisis komunitas menggunakan algoritma Leiden. Pendekatan multi-threshold korelasi (0.7; 0.8; dan 0.9) digunakan untuk mengevaluasi kekuatan hubungan antar sektor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi RMT, CN, dan algoritma Leiden efektif dalam mengidentifikasi komunitas saham dengan hubungan yang signifikan. Threshold korelasi yang lebih tinggi menghasilkan komunitas yang lebih stabil dengan nilai modularitas maksimum sebesar 0.72 pada threshold 0.9. Pendekatan ini memberikan kontribusi penting dalam memahami interaksi lintas sektor di pasar saham IHSG.

Kata Kunci: Random Matriks Theory, Complex Network, Algoritma Leiden, IHSG, Deteksi Komunitas Saham

Abstract

The stock market is a complex system, with relationships between stocks that influence each other and form a dynamic network. In Indonesia, the Jakarta Composite Index (JCI) reflects the movement of the stock market as a whole. This study aims to detect the community structure of stocks in the JCI by sector using a hybrid approach that combines Random Matrix Theory (RMT), Complex Network (CN), and Leiden algorithm. The data used is the daily closing price of stocks in the JCI during the period January 2014 to January 2024. The methods applied include the formation of a correlation matrix between stocks, noise filtering using RMT, and community analysis using the Leiden algorithm. A multi-threshold correlation approach (0.7; 0.8; and 0.9) was used to evaluate the strength of the relationship between sectors. The results show that the combination of RMT, CN, and Leiden algorithm is effective in identifying stock communities with significant relationships. A higher correlation threshold results in a more stable community with a maximum modularity value of 0.72 at a threshold of 0.9. This approach makes an important contribution in understanding cross-sector interactions in the JCI stock market.

Keywords: Random Matrix Theory, Complex Network, Leiden Algorithm, IHSG, Stock Community Detection.

PENDAHULUAN

Pasar modal adalah sistem kompleks yang menggambarkan interaksi dinamis antar pelaku ekonomi, dengan saham sebagai instrumen utama yang merepresentasikan kepemilikan perusahaan dan potensi pertumbuhannya. Saham memungkinkan investor berpartisipasi dalam ekosistem ekonomi melalui mekanisme pasar modal, yang dapat dianalisis sebagai jaringan kompleks

dengan hubungan dinamis antar instrumen investasi. Pendekatan berbasis komunitas efektif untuk memahami struktur hubungan antar saham, karena komunitas saham mencerminkan pola pergerakan harga yang serupa dan ketergantungan struktural di antara saham-saham tersebut, serta hubungan antar sektor Perusahaan.

Dengan menggunakan algoritma deteksi komunitas dan representasi graf, analisis saham dapat mengungkap keterkaitan yang kompleks dan

tersembunyi antar saham, memperlihatkan struktur interaksi yang tidak tampak pada analisis konvensional. Pendekatan ini memungkinkan visualisasi keterhubungan antar saham sebagai simpul dan sisi dalam graf, memberikan wawasan lebih dalam tentang interaksi pasar saham, baik itu korelasi kuat, interaksi sektoral, atau potensi risiko sistemik dalam ekosistem pasar modal.

Penelitian ini menggunakan algoritma Leiden untuk deteksi komunitas, yang lebih stabil dan berkualitas dibandingkan algoritma sebelumnya seperti Louvain, serta diterapkan bersama Random Matrix Theory (RMT) untuk mengeliminasi gangguan statistik. Penelitian oleh Putra et al. (2018) menunjukkan bahwa sebagian besar korelasi dalam data saham adalah noise statistik, dan hanya sebagian kecil eigenvektor yang mengandung informasi signifikan. Integrasi antara RMT, Correlation Network (CN), dan algoritma Leiden memberikan pendekatan yang lebih efektif dalam mengungkap dinamika struktural dan interaksi tersembunyi dalam jaringan saham.

KAJIAN TEORI

Pasar modal, sebagai tempat perdagangan saham dan obligasi, berfungsi sebagai sumber pendanaan perusahaan dan peluang investasi. Di Indonesia, Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) mencerminkan kinerja pasar saham, dengan pergerakan harga saham antar perusahaan dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti rantai pasokan, kompetisi pasar, dan sektor industri, yang penting untuk analisis risiko dan pengambilan keputusan investasi. BEI mencatatkan 11 sektor, antara lain: Basic Materials, Consumer Cyclical, Consumer Non-Cyclical, Energy, Financials, Healthcare, Industrials, Infrastructure, Property and Real Estate, Technology, dan Transportation and Logistics.

Jaringan kompleks terdiri dari simpul (nodes) dan tepi (edges) yang menggambarkan hubungan antar entitas dalam system. Pasar saham dapat dianalisis sebagai jaringan kompleks, di mana saham menjadi simpul dan korelasi harga saham menjadi tepi yang menghubungkan simpul-simpul tersebut. Korelasi antar saham mengukur sejauh mana pergerakan harga satu saham berhubungan dengan saham lainnya, dihitung menggunakan koefisien korelasi Pearson dengan rentang $[-1,1]$, di mana nilai 0

menunjukkan tidak ada hubungan antar saham. Korelasi ini membentuk matriks korelasi yang digunakan untuk penyaringan kebisingan (noise filtering) guna meningkatkan akurasi analisis. Dalam analisis jaringan pasar saham, graf digunakan untuk memodelkan hubungan antar saham dan dapat melibatkan bobot pada tepi untuk menunjukkan intensitas hubungan antar entitas. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi pola interaksi antar saham dan deteksi komunitas saham yang bergerak serupa, serta pemahaman dinamika pasar yang terhubung, dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal.

Random Matrix Theory (RMT) adalah cabang matematika yang mempelajari sifat statistik matriks dengan elemen acak, sering diterapkan untuk menganalisis korelasi dalam data, termasuk data keuangan, dengan memeriksa eigenvalue pada matriks korelasi. Eigenvalue menggambarkan struktur informasi dalam data; eigenvalue tinggi menunjukkan pola kuat, sedangkan rendah menunjukkan noise atau ketidakpastian. Salah satu Teorema di dalam RMT adalah Teorema Marchenko-Pastur. Teorema Marchenko-Pastur adalah teori yang menggambarkan distribusi nilai eigen pada matriks kovarian yang dibentuk dari sebuah data acak, dimana elemen dalam matriks memiliki korelasi dengan rata-rata nol dan varians satu. Distribusi nilai eigen pada teorema ini dirumuskan sebagai berikut

$$\lambda - = (1 - \sqrt{c})^2; \lambda + = (1 + \sqrt{c})^2 \quad (1)$$

dengan:

- $\lambda -$: Batas bawah distribusi nilai eigen
- $\lambda +$: Batas atas distribusi nilai eigen
- c : Rasio antara jumlah variabel dan jumlah observasi

Algoritma Leiden adalah metode deteksi komunitas yang merupakan peningkatan dari algoritma Louvain, dirancang untuk mengatasi masalah pembentukan komunitas yang tidak terhubung dalam Louvain dan memberikan komputasi yang lebih cepat. Cara kerja algoritma Leiden dimulai dengan inisialisasi, di mana setiap node membentuk komunitasnya sendiri. Selanjutnya, pada tahap MoveNodeFast, algoritma mengevaluasi setiap simpul untuk dipindahkan ke komunitas lain atau tetap di komunitasnya. Kualitas komunitas

dievaluasi melalui pengukuran modularitas (Q), dan proses ini diulang hingga tidak ada node yang berpindah dan tidak ada perubahan modularitas yang signifikan. Untuk mengukur kualitas pembagian jaringan menjadi komunitas dilakukan pengukuran modularitas yang dirumuskan sebagai berikut.

$$Q = \frac{1}{2m} \sum_{i,j} \left(A_{ij} - \frac{d_i d_j}{2m} \right) \delta(c_i, c_j) \quad (2)$$

dengan:

- Q : Modularitas
- A_{ij} : Elemen matriks ketetanggaan
- d_i, d_j : derajat simpul i dan j
- m : jumlah sisi dalam graf
- $\delta(c_i, c_j)$: Delta Kronecker, nilai 1 jika $c_i = c_j$, nilai 0 jika $c_i \neq c_j$

METODE

Peneliti menggunakan data IHSG dengan penutupan harga harian selama periode Januari 2014 sampai Januari 2024. Data ini diperoleh melalui Yahoo Finance yang diambil dengan library yfinance pada Python, yang memungkinkan akses data secara langsung pada platform tersebut. Kemudian dilakukan praproses data seperti Pemilihan variabel data, penanganan nilai kosong, dan pembentukan matriks korelasi untuk melihat keterhubungan antar saham.

Berdasarkan matriks korelasi yang diperoleh, dilakukan penerapan Random Matrix Theory (RMT) untuk menghilangkan noise dalam matriks. Proses ini dimulai dengan perhitungan eigenvalue dari matriks korelasi. Selanjutnya, menggunakan teori Marchenko-Pastur, dilakukan perhitungan ambang batas eigenvalue, diikuti dengan pemilihan eigenvalue yang signifikan berdasarkan ambang batas tersebut. Matriks korelasi baru kemudian direkonstruksi menggunakan eigenvector yang terpilih.

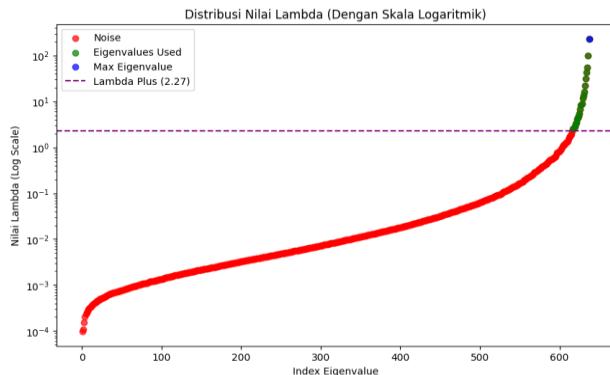
Setelah pembentukan graf, dilakukan pendekripsi komunitas menggunakan metode Leiden. Komunitas yang terbentuk mencerminkan korelasi antar saham berdasarkan struktur jaringan yang telah dibangun. Setelah komunitas terbentuk, dilakukan analisis lebih lanjut dengan meninjau modularitas dan komposisi antar komunitas saham. Keterhubungan antar saham dalam komunitas

dinilai melalui nilai modularitas yang berada dalam rentang -1 hingga 1, di mana nilai modularitas mendekati 1 menunjukkan keterhubungan yang semakin erat. Selain itu, analisis komposisi komunitas memberikan gambaran keterhubungan spesifik antar sektor saham dalam komunitas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

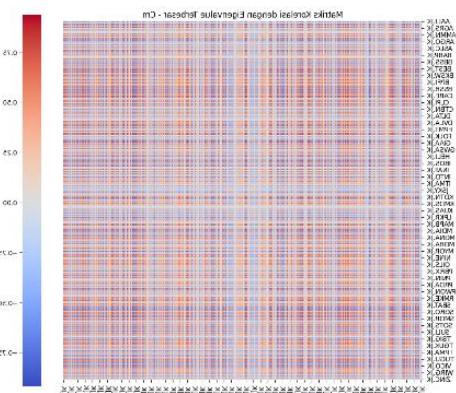
Tahap awal pengolahan data melibatkan penghapusan kolom tanggal dan kolom tanpa nilai, yang mengindikasikan saham tanpa rekaman harga penutupan harian. Setelah penghapusan, dataset yang semula memiliki 941 kolom berkurang menjadi 638 kolom yang mewakili indeks saham. Data kosong (NAN) kemudian diisi dengan nilai nol (0) untuk menjaga keaslian data dan mencerminkan kondisi harga saham pada periode tertentu. Kekosongan data biasanya disebabkan oleh saham yang belum aktif atau faktor musiman. Selanjutnya, korelasi antar saham dihitung menggunakan fungsi corr() dari pustaka pandas, menghasilkan matriks korelasi Pearson yang menggambarkan hubungan harga antar saham.

Peninjauan nilai eigen dilakukan untuk memahami penyebaran informasi dalam matriks korelasi sebelum menetapkan batasan pemilihan nilai eigen. Diperoleh 638 nilai eigen, dengan nilai maksimum 233.6585 dan minimum yang sangat kecil, yaitu -2.2404e-20. Sebagian besar nilai eigen cenderung kecil, mengindikasikan dominasi data acak dan informasi yang tidak signifikan. Pemilihan batasan nilai eigen dilakukan menggunakan teori Marchenko-Pastur, dengan parameter λ^+ sebagai batas atas untuk menentukan nilai eigen signifikan, dimana pada matriks korelasi saham ini didapatkan batas atas Marchenko pastur sebesar 2,271054247777271. Nilai eigen yang lebih besar dari batas ini dianggap penting, sementara yang lebih kecil dianggap noise.

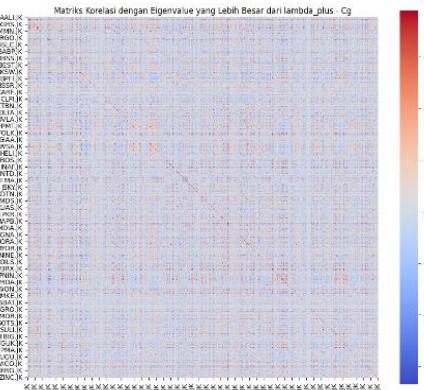


Gambar 1. Persebaran nilai eigen

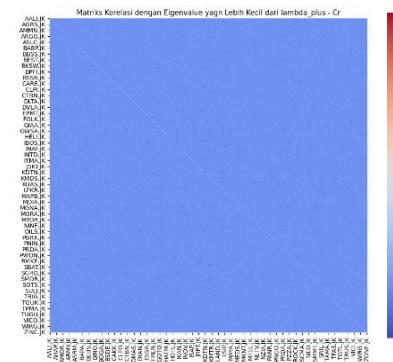
Pada tahap rekonstruksi matriks korelasi, nilai eigen membentuk tiga matriks utama: C_m , C_g , dan C_r . Matriks C_m mencerminkan pengaruh pasar secara keseluruhan, dipengaruhi oleh nilai eigen tertinggi, sedangkan C_g menggambarkan korelasi saham dalam kelompok industri atau sektor tertentu, dan C_r mewakili noise dengan nilai eigen di bawah batas Marchenko-Pastur. Teori Marchenko-Pastur membantu memisahkan nilai eigen signifikan dari yang tidak signifikan, meningkatkan kualitas analisis dengan memfokuskan pada hubungan relevan dan mengabaikan noise. Nilai eigen dikelompokkan menjadi tiga kategori (terbesar, antara batas atas dan terbesar, dan dalam batas Marchenko-Pastur) untuk merekonstruksi matriks korelasi.



Gambar 2. Matriks Cm



Gambar 3. Matriks Cg



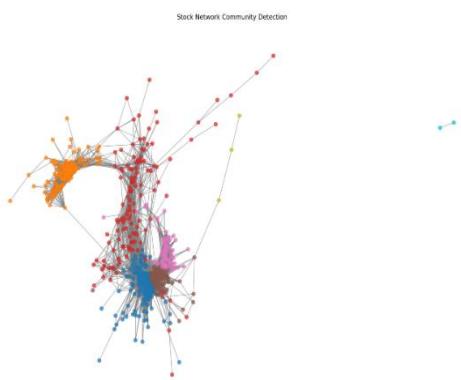
Gambar 4. Matriks Cr

Terdapat perbedaan signifikan antara tiga matriks dekomposisi korelasi: C_m , C_g , dan C_r . Matriks C_m menunjukkan korelasi kuat antar saham dengan dominasi warna merah, mencerminkan hubungan tinggi antara saham di pasar secara keseluruhan, yang menunjukkan pergerakan harga yang saling mengikuti. Matriks C_g , dengan dominasi warna terang, menunjukkan korelasi lebih lemah antar saham dalam kelompok industri atau sektor. Matriks C_r , dominan biru, mencerminkan noise atau fluktuasi acak dengan korelasi sangat lemah antar saham. Rekonstruksi matriks C_m dan C_g dengan nilai eigen yang signifikan menghasilkan matriks akhir yang lebih representatif, mengeliminasi noise dari C_r , dan memberikan gambaran yang lebih jelas tentang hubungan antar saham dan pengaruh sektoral, sehingga lebih efektif untuk analisis dan pengambilan keputusan investasi.

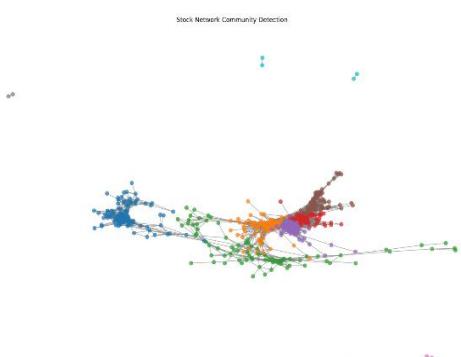
Grafik dibentuk berdasarkan matriks korelasi menggunakan pustaka networkx dengan tiga nilai threshold: 0.7, 0.8, dan 0.9. Pada threshold 0.7, ditemukan 594 node dan 14.694 edge, dengan derajat rata-rata 49.47, menunjukkan 594 saham terhubung dengan sekitar 49 koneksi antar saham. Ketika

threshold diperketat ke 0.8, jumlah node menurun menjadi 503, edge berkurang menjadi 6.007, dan derajat rata-rata turun menjadi 23.88, mencerminkan penurunan interaksi antar saham. Pada threshold 0.9, jumlah node menurun lebih jauh menjadi 277, dengan 912 edge dan derajat rata-rata 6.584, menunjukkan penurunan signifikan dalam jumlah dan intensitas interaksi antar saham.

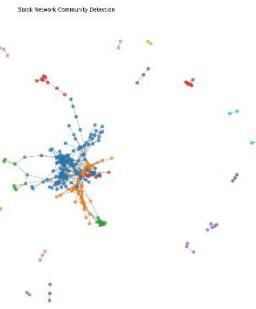
Kemudian dilakukan pendekripsi komunitas. Pendekripsi komunitas dilakukan dengan menggunakan algoritma Leiden pada graf yang telah dibentuk. Hasil pendekripsi ini memberikan gambaran mengenai pembagian saham ke dalam beberapa komunitas berdasarkan hubungan antar node.



Gambar 5. Pendekripsi Komunitas dengan threshold 0.7



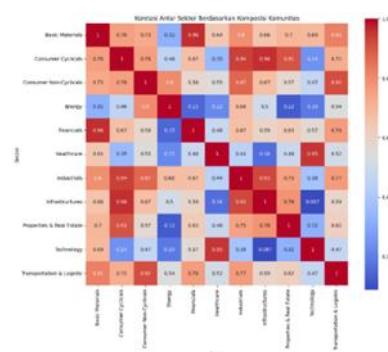
Gambar 6. Pendekripsi Komunitas dengan threshold 0.8



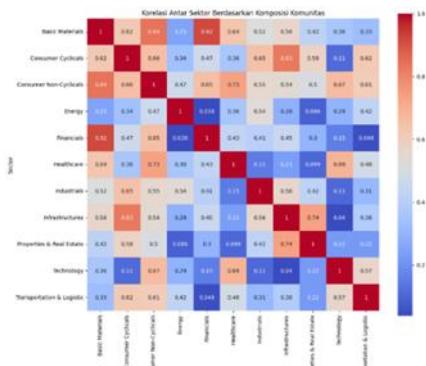
Gambar 7. Pendekripsi Komunitas dengan threshold 0.9

Berdasarkan pemetaan terhadap 594 saham, algoritma Leiden berhasil mendekripsi 7 komunitas pada threshold 0.7, dengan jumlah node tetap pada 594, menunjukkan bahwa semua saham berhasil dipetakan ke dalam komunitas-komunitas yang terbentuk. Gambar 4.10 menggambarkan pembagian node ke dalam komunitas dengan hubungan erat, mencerminkan keterkaitan yang kuat antar saham. Pada pemetaan terhadap 503 saham, algoritma Leiden mendekripsi 11 komunitas pada threshold 0.8, menghasilkan struktur komunitas yang lebih kompleks dan tersegmentasi, dengan hubungan yang lebih erat antar saham. Sementara pada threshold 0.9, pemetaan terhadap 277 saham menghasilkan 27 komunitas, menunjukkan struktur komunitas yang lebih banyak dan tersegmentasi lebih spesifik, mencerminkan hubungan yang lebih erat antar saham dalam komunitas tersebut.

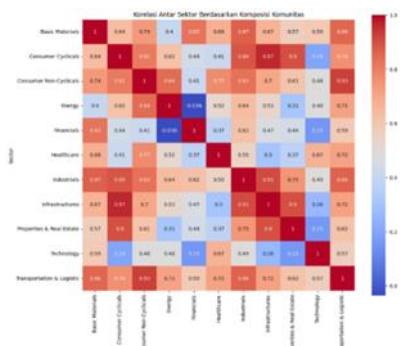
Selanjutnya, berdasarkan hasil identifikasi komunitas, dilakukan peninjauan sektor untuk melihat karakteristik sektor-sektor yang terbentuk. Peninjauan ini melibatkan penentuan sektor setiap anggota komunitas serta pemetaan persentasenya dalam komunitas tersebut, guna memberikan gambaran yang lebih mendalam mengenai hubungan sektoral dalam struktur komunitas saham.



Gambar 8. Korelasi antar sektor pada komunitas dengan threshold 0.7



Gambar 9. Korelasi antar sektor pada komunitas dengan threshold 0.8



Gambar 10. Korelasi antar sektor pada komunitas dengan threshold 0.9

Berdasarkan hasil analisis pada tiga threshold, dilakukan peninjauan konsistensi sektor saham dalam komunitas. Sektor Basic Materials menunjukkan korelasi yang sangat stabil dengan Financials (0.96, 0.83, 0.92), meskipun ada sedikit penurunan pada threshold 0.8. Consumer Cyclical tetap memiliki korelasi tinggi dengan Infrastructure (0.96, 0.97, 0.83), meskipun sedikit menurun pada threshold 0.9. Consumer Non-Cyclical tetap konsisten dengan Basic Materials (0.73, 0.74, 0.84). Sektor Energy menunjukkan hubungan lebih fluktuatif dengan Industrials (0.68, 0.64, 0.54). Healthcare memiliki korelasi lebih rendah dengan Consumer Non-Cyclical (0.55, 0.77, 0.73) dan Technology (0.95, 0.67, 0.69), meskipun tetap stabil. Industrials menunjukkan ketidakstabilan pada threshold lebih tinggi (0.94, 0.89, 0.65). Infrastructure konsisten dengan Consumer Cyclical (0.96, 0.97, 0.83), meskipun ada sedikit penurunan. Property and Real Estate tetap stabil dengan Infrastructure (0.78,

0.9, 0.74), dan Transportation and Logistics menunjukkan korelasi konsisten dengan Consumer Cyclical (0.72, 0.76, 0.62), meskipun lebih rendah dibandingkan sektor lain.

Berdasarkan evaluasi modularitas, pada threshold 0.7, diperoleh nilai modularitas sebesar 0.4978, menunjukkan jaringan dengan modularitas moderat, di mana distribusi koneksi antar node cukup seimbang. Dengan 594 node dan 14.694 edge, jaringan ini menunjukkan keterhubungan yang kuat dengan derajat rata-rata node sebesar 49.47. Pada threshold 0.8, modularitas meningkat menjadi 0.5828, meskipun jumlah node berkurang menjadi 503 dan koneksi antar node sedikit lebih sedikit, dengan 6.007 edge dan derajat rata-rata node 23.88. Peningkatan modularitas ini mencerminkan pembentukan komunitas yang lebih terorganisir. Pada threshold 0.9, modularitas mencapai nilai tertinggi 0.7358, namun jumlah node menurun drastis menjadi 277, dengan 912 edge dan derajat rata-rata node 3.29, menunjukkan fragmentasi jaringan menjadi banyak komunitas kecil.

Secara keseluruhan, evaluasi modularitas menunjukkan bahwa pada threshold lebih rendah (0.7), jaringan lebih terhubung dengan komunitas besar, sementara pada threshold yang lebih tinggi (0.9), jaringan terpecah menjadi komunitas-komunitas kecil yang lebih terisolasi. Nilai modularitas yang lebih tinggi menunjukkan pembentukan komunitas yang lebih terorganisir meskipun keterhubungan antar anggota lebih rendah. Secara umum, nilai modularitas di atas 0.4 menunjukkan struktur komunitas yang cukup baik.

PENUTUP

SIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa penggunaan metode hybrid Jaringan Kompleks (CN), Random Matrix Theory (RMT), dan algoritma Leiden berhasil mengidentifikasi struktur komunitas saham dalam IHSG. Penerapan RMT untuk menyaring noise dan algoritma Leiden untuk mendeteksi komunitas menunjukkan bahwa saham dalam IHSG dapat dikelompokkan berdasarkan pergerakan harga, dengan komunitas yang memiliki keterhubungan kuat. Pendekatan komunitas juga berhasil memetakan interaksi antar sektor, seperti antara Basic Materials dan Financials, yang menunjukkan dampak signifikan sektor terkait terhadap

pergerakan harga saham. Selain itu, analisis dengan pendekatan multi-threshold (0.7, 0.8, 0.9) menunjukkan bahwa semakin tinggi threshold, jumlah saham yang terhubung berkurang dan jumlah komunitas meningkat, mencerminkan pembentukan komunitas saham yang lebih homogen dan memiliki keterikatan lebih kuat antar sektor.

SARAN

Penelitian selanjutnya dapat menggunakan data yang lebih luas dan variasi waktu yang lebih beragam, menggunakan teori lain dalam Random Matrix Theory, dan menggunakan algoritma pendekripsi komunitas lainnya seperti Louvain atau Girvan-Newman.

DAFTAR PUSTAKA

- C. W. E. RAHAYU dan I. K. YULITA, "The capital market response to the announcement of the 2019-2024 Indonesia onward cabinet system (empirical study on companies listed on Kompas Index 100) Clara Trimawarningsih Saravia Jegarut1," *Jurnal Keuangan dan Bisnis*, hlmn. 1, 2021.
- K. Natsir, N. Bangun, dan A. M. Waani, "Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi likuiditas pasar saham," *Jurnal Ekonomi*, vol. 28, no. 2, hlmn. 155–176, 2023.
- V. D. Blondel, J.-L. Guillaume, R. Lambiotte, dan E. Lefebvre, "Fast unfolding of communities in large networks," *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, vol. 2008, no. 10, P10008, 2008.
- A. Asrawi dan M. Rais, "Analisis pergerakan harga saham dalam pengambilan keputusan investasi studi kasus pada saham sub sektor financial institution yang terdaftar pada bursa efek Indonesia," *ENTRIES*, vol. 3, no. 2, hlmn. 78–97, 2021.
- V. A. Traag, L. Waltman, dan N. J. Van Eck, "From Louvain to Leiden: Guaranteeing well-connected communities," *Scientific Reports*, vol. 9, no. 1, hlmn. 1–12, 2019.
- T. T. Putra, R. F. Umbara, dan I. Indwiarti, "Análisis topologi jaringan saham-saham LQ45 dengan menggunakan minimum spanning tree (MST)," *eProceedings of Engineering*, vol. 5, no. 3, 2018.
- B. Kayser, "Evaluation of random-walker based algorithms for community detection on artificial and real world networks," PhD thesis, Free University Berlin, 2011.
- A. Purqon dan Jamaludin, "Community detection of dynamic complex networks in stock markets using hybrid methods (RMT-CN-LPAM+ and RMT-BDM-SA)," *Frontiers in Physics*, vol. 8, hlmn. 574770, 2021.
- S. Wu, M. Tuo, dan D. Xiong, "Community structure detection of Shanghai stock market based on complex networks," in *LISS 2014: Proceedings of 4th International Conference on Logistics, Informatics and Service Science*, Springer, 2015, hlmn. 1661–1666.
- X. Gui, L. Li, J. Cao, dan L. Li, "Dynamic communities in stock market," in *Abstract and Applied Analysis*, Wiley Online Library, vol. 2014, 2014, hlmn. 723482.
- F. P. Sholikah, W. Putri, dan R. M. Djangi, "Peranan pasar modal dalam perekonomian negara Indonesia," *ARBITRASE: Journal of Economics and Accounting*, vol. 3, no. 2, hlmn. 341–345, 2022.
- C. Xudan P. Hui, "Taking preventive measures against infections with a cost in static and dynamic single-group populations," *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, vol. 540, hlmn. 123079, 2020.
- Bursa Efek Indonesia, "Saham," Diakses pada 7 Mei 2025, 2025. Sumber: <https://www.idx.id/id/produk/saham/>.
- A.-L. Barabási dan R. Albert, "Emergence of scaling in random networks," *Science*, vol. 286, no. 5439, hlmn. 509–512, 1999.
- W. Huang, H. Wang, Y. Wei, dan J. Chevallier, "Complex network analysis of global stock market co-movement during the COVID-19 pandemic based on intraday open-high-low-close data," *Financial Innovation*, vol. 10, no. 1, hlmn. 1–50, 2024.
- M. E. Newman, "The structure and function of complex networks," *SIAM Review*, vol. 45, no. 2, hlmn. 167–256, 2003.
- W. R. Safitri, "Analisis korelasi Pearson dalam menentukan hubungan antara kejadian demam berdarah dengue dengan kepadatan penduduk di kota Surabaya pada tahun 2012–2014: Pearson correlation analysis to determine the relationship between city population density with incident dengue fever of Surabaya in the year 2012–2014," *Jurnal Ilmiah Keperawatan (Scientific Journal of Nursing)*, vol. 2, no. 2, hlmn. 21–29, 2016.
- F. Jabnabillah dan N. Margina, "Analisis korelasi Pearson dalam menentukan hubungan antara motivasi belajar dengan kemandirian belajar pada pembelajaran daring," *Jurnal Sintak*, vol. 1, no. 1, hlmn. 14–18, 2022.

- I. N. Ramadhani dan A. Munandar, "Struktur graf fuzzy dan aplikasinya pada pengambilan keputusan dalam identifikasi layanan perjalanan," *Jurnal Fourier*, vol. 13, no. 1, hlmn. 20–29, 2024.
- E. A. Bender dan S. G. Williamson, *Lists, Decisions and Graphs*, S. Gill Williamson, 2010.
- V. Plerou, P. Gopikrishnan, B. Rosenow, L. A. N. Amaral, T. Guhr, dan H. E. Stanley, "Random matrix approach to cross correlations in financial data," *Physical Review E*, vol. 65, no. 6, hlmn. 066126, 2002.
- D.-H. Kim dan H. Jeong, "Systematic analysis of group identification in stock markets," *Physical Review E – Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics*, vol. 72, no. 4, hlmn. 046133, 2005.
- N. Salem dan S. Hussein, "Data dimensional reduction and principal components analysis," *Procedia Computer Science*, vol. 163, hlmn. 292–299, 2019.
- H. T. Nguyen, P. N. Tran, dan Q. Nguyen, "An analysis of eigenvectors of a stock market cross-correlation matrix," in *International Econometric Conference of Vietnam*, Springer International Publishing, 2017, hlmn. 504–513.
- J. A. Mingo dan R. Speicher, *Free Probability and Random Matrices*, Springer, 2017, vol. 35.
- H. T. Nguyen, P. N. Tran, dan Q. Nguyen, "An analysis of eigenvectors of a stock market cross-correlation matrix," in *International Econometric Conference of Vietnam*, Springer International Publishing, 2017, hlmn. 504–513.
- A. Nobi, S. E. Maeng, G. G. Ha, dan J. W. Lee, "Random matrix theory and cross-correlations in global financial indices and local stock market indices," *Journal of the Korean Physical Society*, vol. 62, hlmn. 569–574, 2013.
- M. Girvan dan M. E. Newman, "Community structure in social and biological networks," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 99, no. 12, hlmn. 7821–7826, 2002.
- W. O. Zalmawati, M. N. Y. Utomo, dan R. Nur, "Sistem pendukung keputusan berbasis metode korelasi untuk menganalisis penyebab tidak tercapainya target produksi batu bara di PT XYZ," in *Seminar Nasional Teknik Elektro Dan Informatika (SNTEI)*, vol. 8, 2022, hlmn. 152–157.
- M. Van Ness dan M. Udell, "In defense of zero imputation for tabular deep learning," in *NeurIPS 2023 Second Table Representation Learning Workshop*, 2023.
- M. P. A. Armknecht dan F. Maitland-Smith, *Price Imputation and Other Techniques for Dealing with Missing Observations, Seasonality and Quality Change in Price Indices*, International Monetary Fund, 1999.
- G. Mensah, A. Kofi Osei-Fosu, dan G. Nkansah Asante, "The effects of public sector management and institutions on stock market development in Sub-Saharan Africa," *Cogent Economics & Finance*, vol. 10, no. 1, hlmn. 2109278, 2022.
- T. Heimo, J. Saramäki, J.-P. Onnela, dan K. Kaski, "Spectral and network methods in the analysis of correlation matrices of stock returns," *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, vol. 383, no. 1, hlmn. 147–151, 2007.
- F. Vanni, A. Hitaj, dan E. Mastrogiacomo, "Enhancing portfolio allocation: A random matrix theory perspective," *Mathematics*, vol. 12, no. 9, hlmn. 1389, 2024.
- P. Pawanesh, I. Ansari, dan N. Sahni, "Exploring the core-periphery and community structure in the financial networks through random matrix theory," *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, vol. 661, hlmn. 130403, 2025.
- B. Rosenow, V. Plerou, P. Gopikrishnan, L. A. N. Amaral, dan H. E. Stanley, "Application of random matrix theory to study cross-correlations of stock prices," *International Journal of Theoretical and Applied Finance*, vol. 3, no. 03, hlmn. 399–403, 2000.
- W. Sun, C. Tian, dan G. Yang, "Network analysis of the stock market," *CS224W Project Report*, 2015.
- S. Kumar, S. Kumar, U. Kumar, S. Kumar, P. Kumar, dan N. Verma, "Analysis of correlation-based threshold networks of Dow Jones stocks of USA: An econophysics approach," *Journal of Engineering Science & Technology Review*, vol. 15, no. 2, 2022.
- D. Dindi, A. Ozturk, dan K. Wyngarden, "Predicting stock movements using market correlation networks," *Stanford*, 2012.
- L. Chmielewski, R. Amin, A. Wannaphaschaypong, dan X. Zhu, "Network analysis of technology stocks using market correlation," in *2020 IEEE International Conference on Knowledge Graph (ICKG)*, IEEE, 2020, hlmn. 267–274.
- K. Tanioka, Y. Furotani, dan S. Hiwa, "Thresholding approach for low-rank correlation matrix based on MM algorithm," *Entropy*, vol. 24, no. 5, hlmn. 579, 2022.
- S. Fortunato dan M. Barthélémy, "Resolution limit in community detection," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 104, no. 1, hlmn. 36–41, 2007.