

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pasar keuangan global berada dalam kondisi yang semakin dinamis dan penuh ketidakpastian. Fluktuasi harga aset, perubahan volatilitas pasar, serta pengaruh berbagai peristiwa eksternal, seperti ketegangan geopolitik, perubahan kebijakan moneter, dan perlambatan pertumbuhan ekonomi, dapat memengaruhi stabilitas sistem keuangan. Laporan International Monetary Fund menunjukkan bahwa perubahan kebijakan perdagangan, meningkatnya proteksionisme, serta perlambatan pertumbuhan ekonomi global. Kondisi tersebut dapat meningkatkan risiko dan ketidakstabilan pada pasar keuangan, terutama pada negara berkembang [1].

Fenomena tersebut juga terlihat pada pasar keuangan Indonesia. Sepanjang tahun 2025, pasar modal Indonesia mengalami dinamika yang dipengaruhi oleh perkembangan kondisi ekonomi global dan domestik. Otoritas Jasa Keuangan (OJK) mencatat bahwa meskipun pasar modal Indonesia menutup tahun 2025 dengan kinerja yang positif, pergerakan pasar tetap disertai perubahan aktivitas investor asing dan dinamika pasar keuangan global [2]. Kondisi tersebut menunjukkan pentingnya analisis risiko untuk memahami perubahan karakteristik data pasar keuangan.

Dalam praktik manajemen risiko keuangan, *Value at Risk* (VaR) dan *Conditional Value at Risk* (CVaR) merupakan ukuran yang digunakan untuk menggambarkan potensi kerugian. VaR menunjukkan batas kerugian pada tingkat kepercayaan tertentu, sedangkan CVaR menggambarkan rata-rata kerugian yang terjadi ketika kerugian telah melebihi batas VaR. Pada penelitian [3], dijelaskan bahwa CVaR berfokus pada kerugian yang berada di bagian ekor distribusi dan banyak digunakan sebagai ukuran risiko dalam berbagai model pengambilan keputusan. Meskipun demikian, ukuran risiko tersebut pada dasarnya berfokus pada besaran kerugian sehingga belum secara langsung menggambarkan perubahan bentuk dan keterhubungan struktur data pasar.

Seiring dengan meningkatnya kompleksitas data, *Topological Data Analysis* (TDA) berkembang sebagai pendekatan yang digunakan untuk mempelajari bentuk, struktur, dan keterhubungan dalam suatu kumpulan data. Penelitian [4] menjelaskan bahwa pendekatan topologi memungkinkan informasi mengenai struktur data dianalisis berdasarkan bentuk dan hubungan antartitik. Berdasarkan penelitian [5], TDA menyediakan perangkat topologis dan geometris untuk mengekstraksi karakteristik yang relevan dari data yang kompleks. Melalui *persistent homology*, perubahan fitur topologi dapat diamati pada berbagai skala filtrasi sehingga struktur data dapat direpresentasikan melalui komponen terhubung, loop, dan rongga. Dengan pendekatan tersebut, perubahan kondisi data tidak hanya diamati berdasarkan perubahan nilainya, tetapi juga berdasarkan perubahan keterhubungan yang terbentuk di antara titik-titik data.

Analisis terhadap perubahan kondisi pasar pada dasarnya berkaitan dengan upaya memahami ketidakpastian dan mempersiapkan diri terhadap kemungkinan kondisi yang lebih tidak menguntungkan. Oleh karena itu, pengukuran risiko tidak hanya memiliki fungsi untuk menggambarkan kondisi yang sedang terjadi, tetapi juga menjadi bagian dari proses evaluasi dan kehati-hatian dalam pengambilan keputusan. Prinsip untuk melakukan evaluasi terhadap kondisi yang telah terjadi serta mempersiapkan kemungkinan kondisi yang akan datang juga memiliki keterkaitan dengan nilai kehati-hatian dalam perspektif Islam.

Dalam perspektif Islam, pentingnya melakukan evaluasi dan mempertimbangkan kondisi yang akan datang telah dijelaskan dalam Al-Qur'an. Allah Swt. berfirman dalam QS. Al-Hasyr ayat 18 [6]:

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا اتَّقُوا اللَّهَ وَلْتَنْظُرْ نَفْسٌ مَّا قَدَّمَتْ لِغَدٍ وَاتَّقُوا اللَّهَ ۚ إِنَّ اللَّهَ خَبِيرٌ بِمَا تَعْمَلُونَ ﴿١٨﴾
“Wahai orang-orang yang beriman, bertakwalah kepada Allah dan hendaklah setiap orang memperhatikan apa yang telah diperbuatnya untuk hari esok. Bertakwalah kepada Allah. Sesungguhnya Allah Mahateliti terhadap apa yang kamu kerjakan” (QS. Al-Hasyr: 18).

Ayat tersebut mengandung makna mengenai pentingnya kehati-hatian, evaluasi, dan persiapan dalam menghadapi kondisi yang akan datang. Prinsip

tersebut sejalan dengan analisis risiko pasar keuangan yang dilakukan melalui pengamatan terhadap pola dan perubahan data sebagai dasar untuk memahami kondisi pasar. Dalam penelitian ini, prinsip kehati-hatian tersebut diwujudkan melalui analisis terhadap perubahan karakteristik data *return* saham, baik pada kondisi normal maupun pada kondisi yang merepresentasikan tekanan pasar.

Penerapan TDA pada pasar keuangan telah dilakukan oleh Yen dan Cheong [7] dalam menganalisis perubahan struktur topologi yang menyertai *market crash* pada pasar saham Singapura dan Taiwan. Permasalahan penelitian tersebut berangkat dari kondisi bahwa struktur korelasi pasar dapat berubah terhadap waktu dan membentuk keterhubungan yang kompleks, sehingga tidak selalu dapat digambarkan secara memadai melalui pendekatan jaringan dan pengelompokan konvensional. Oleh karena itu, penelitian tersebut menggunakan TDA dan *persistent homology* untuk mengamati perubahan fitur topologi pada berbagai tingkat filtrasi. Hasil analisis kemudian direpresentasikan melalui *persistence barcode*, *persistence diagram*, Betti number, dan Euler characteristic untuk melihat perubahan karakteristik topologi pada kondisi pasar yang berbeda.

Hasil penelitian Yen dan Cheong [7] menunjukkan bahwa kondisi pasar yang berbeda dapat menghasilkan karakteristik topologi yang berbeda. Pada periode *market crash*, fitur homologi cenderung memiliki persistensi yang lebih rendah dibandingkan kondisi pasar lainnya. Temuan tersebut menunjukkan bahwa perubahan kondisi pasar dapat disertai dengan perubahan struktur keterhubungan data. Penelitian [8] juga menunjukkan bahwa pendekatan TDA dapat digunakan untuk menganalisis perubahan struktur pada *financial time series*, khususnya dalam mengamati karakteristik pasar pada periode krisis. Dengan demikian, informasi topologi dapat digunakan sebagai sudut pandang tambahan dalam memahami perubahan kondisi pasar keuangan.

Dalam penelitian ini, data *return* saham direpresentasikan dalam bentuk *point cloud*, kemudian dibentuk *Vietoris–Rips Complex*. Melalui proses filtrasi, *persistent homology* digunakan untuk mengidentifikasi fitur topologi yang muncul, bertahan, dan menghilang pada berbagai nilai parameter filtrasi. Hasilnya direpresentasikan melalui *persistence barcode* dan *persistence diagram* yang

memuat informasi *birth*, *death*, serta lama suatu fitur topologi bertahan. Perubahan struktur topologi kemudian diamati melalui komponen terhubung pada H_0 , *loop* pada H_1 , dan rongga pada H_2 .

Berdasarkan uraian tersebut, permasalahan dalam penelitian ini terletak pada pengukuran risiko pasar yang umumnya berfokus pada besarnya kerugian, sedangkan perubahan struktur keterhubungan data *return* antara kondisi normal dan kondisi *stress* belum secara langsung tergambarkan. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan TDA untuk menganalisis perubahan struktur topologi data *return* saham pada kedua kondisi tersebut. Selanjutnya, Euclidean Distance digunakan untuk mengukur tingkat perbedaan struktur topologi yang diperoleh. Hasil analisis tersebut diharapkan dapat memberikan informasi tambahan mengenai perubahan karakteristik data *return* dalam pengukuran risiko pasar keuangan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah disusun, permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana penerapan Topological Data Analysis (TDA) dalam menganalisis dan mengukur risiko pasar keuangan?
2. Bagaimana interpretasi struktur dan pola data pasar keuangan berdasarkan hasil analisis menggunakan pendekatan TDA?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini terfokus dan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan merupakan data harga penutupan harian tiga saham yang terdaftar di Bursa Efek Indonesia, yaitu ANTM.JK, BRPT.JK, dan TINS.JK, yang diperoleh melalui Yahoo Finance pada periode 1 Januari 2019 sampai 1 Januari 2022.
2. Data kondisi normal terdiri atas seluruh data return selama periode penelitian, sedangkan data kondisi *stress* ditentukan dari satu blok return yang tersusun secara kronologis, berukuran 50% dari keseluruhan data normal, dan memiliki volatilitas tertinggi.

3. Analisis risiko pasar difokuskan pada pendekatan Topological Data Analysis (TDA) untuk mengidentifikasi struktur dan pola data pasar keuangan.
4. Penelitian ini tidak bertujuan untuk melakukan prediksi harga saham, melainkan untuk menganalisis struktur dan karakteristik risiko pasar.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah diuraikan sebelumnya, penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui penerapan Topological Data Analysis (TDA) dalam menganalisis risiko pasar keuangan berdasarkan struktur data return saham.
2. Mengetahui interpretasi struktur dan pola data pasar keuangan berdasarkan hasil analisis menggunakan pendekatan Topological Data Analysis (TDA).

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai konsep dan penerapan Topological Data Analysis (TDA) dalam menganalisis risiko pasar keuangan berdasarkan struktur data return saham.
2. Menambah literatur dan wawasan akademis mengenai penggunaan pendekatan topologi, khususnya persistent homology, persistence barcode, dan persistence diagram, dalam analisis data pasar keuangan.
3. Memberikan gambaran mengenai perbedaan struktur dan pola data return saham antara kondisi normal dan kondisi simulasi stress berdasarkan hasil perhitungan Euclidean Distance.

1.5 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Penelitian ini diawali dengan studi literatur untuk mempelajari konsep-konsep yang berkaitan dengan risiko pasar keuangan dan

Topological Data Analysis (TDA). Studi literatur mencakup pembahasan mengenai data time series, harga penutupan saham, normalisasi Min-Max, return saham, volatilitas, point cloud, Vietoris-Rips Complex, persistent homology, persistence barcode, persistence diagram, dan Euclidean Distance. Referensi yang digunakan berasal dari buku, jurnal ilmiah, artikel penelitian, serta sumber akademik lain yang relevan.

2. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder berupa harga penutupan harian saham ANTM.JK, BRPT.JK, dan TINS.JK. Data diperoleh melalui Yahoo Finance pada periode 01 Januari 2019 sampai 01 Januari 2022. Data harga penutupan tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam proses normalisasi dan perhitungan return saham.

3. Analisis Data

Pada tahap ini, data harga penutupan saham terlebih dahulu dinormalisasi menggunakan metode *Min-Max Normalization*, kemudian dihitung nilai return dan volatilitasnya. Data kondisi normal terdiri atas seluruh data return selama periode penelitian, sedangkan kondisi *stress* ditentukan dari satu blok data return yang tersusun secara kronologis, berukuran 50% dari keseluruhan data normal, dan memiliki volatilitas tertinggi.

Data return pada kondisi normal dan kondisi *stress* selanjutnya direpresentasikan menjadi *point cloud* menggunakan *sliding window embedding*. *Point cloud* tersebut kemudian digunakan untuk membentuk *Vietoris-Rips Complex* dan menghitung *persistent homology* pada dimensi H_0 , H_1 , dan H_2 .

Hasil *persistent homology* divisualisasikan melalui *persistence diagram* dan *persistence barcode*. Selanjutnya, *Euclidean Distance* dihitung pada setiap dimensi homologi untuk mengukur perbedaan

struktur topologi antara kondisi normal dan kondisi *stress*. Nilai jarak pada keenam dimensi kemudian digabungkan menjadi *Total Euclidean Distance*. Hasil analisis tersebut diinterpretasikan untuk menjelaskan perbedaan struktur dan pola data return pada masing-masing saham.

4. Implementasi Program

Seluruh proses pengolahan dan analisis data dalam penelitian ini diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman Python. Proses tersebut meliputi persiapan data harga penutupan saham, normalisasi, perhitungan *return* dan volatilitas, serta pembentukan kondisi *stress* berdasarkan blok *return* berurutan dengan volatilitas tertinggi.

Analisis selanjutnya dilakukan melalui pembentukan *point cloud*, *Vietoris–Rips Complex*, dan *persistent homology*, yang divisualisasikan menggunakan *persistence diagram* dan *persistence barcode*. Hasilnya digunakan untuk menghitung *Euclidean Distance* dan *Total Euclidean Distance* sebagai ukuran perbedaan struktur topologi antara kondisi normal dan *stress*. Output yang dihasilkan berupa data hasil pengolahan, visualisasi, dan nilai pengukuran perbedaan struktur topologi.

5. Kesimpulan dan saran

Pengambilan kesimpulan dilakukan berdasarkan hasil penerapan Topological Data Analysis terhadap data return saham, visualisasi struktur topologi, serta nilai *Euclidean Distance* antara kondisi normal dan kondisi *stress*. Kesimpulan digunakan untuk menjawab rumusan masalah mengenai penerapan TDA dan interpretasi struktur data pasar keuangan. Adapun saran diberikan sebagai bahan pengembangan bagi penelitian selanjutnya agar diperoleh analisis risiko pasar berbasis topologi yang lebih luas dan mendalam.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan Skripsi ini disusun ke dalam lima bab, di mana masing-masing bab memuat beberapa subbab, dengan uraian sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang penelitian mengenai pengukuran risiko pasar keuangan menggunakan *Topological Data Analysis*, serta rumusan masalah, batasan, tujuan, manfaat, metode, dan sistematika penelitian.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini membahas konsep-konsep teoritis yang menjadi dasar penelitian, meliputi risiko pasar keuangan, volatilitas, data *time series* harga penutupan saham, normalisasi data, *return* saham, serta konsep topologi sebagai dasar pendekatan *Topological Data Analysis*. Selain itu, dibahas keterkaitan data *return* saham dengan struktur topologi, termasuk pembentukan *point cloud* dan keterhubungan antartitik. Teori-teori tersebut digunakan sebagai dasar dalam penyusunan tahapan analisis dan interpretasi hasil penelitian.

BAB III ANALISIS PENGUKURAN RISIKO PASAR KEUANGAN MENGUNAKAN TOPOLOGICAL DATA ANALYSIS

Bab ini menjelaskan tahapan penelitian secara sistematis mulai dari pengolahan data hingga diperoleh ukuran perbedaan struktur topologi. Pembahasan diawali dengan preprocessing data berupa normalisasi harga penutupan dan perhitungan *return* saham. Selanjutnya, dilakukan perhitungan volatilitas sebagai analisis pendukung dan pembentukan data stress sebesar 50% dari data normal sebagai kondisi pembanding. Data *return* kemudian direpresentasikan menjadi *point cloud* menggunakan sliding window embedding. *Point cloud* tersebut digunakan untuk membentuk

Vietoris-Rips Complex dan menghitung persistent homology pada dimensi H_0 , H_1 , dan H_2 . Hasil persistent homology divisualisasikan dalam bentuk persistence barcode dan persistence diagram. Pada tahap akhir, Euclidean Distance dihitung untuk mengukur tingkat perbedaan struktur topologi antara kondisi normal dan kondisi stress pada setiap saham.

BAB IV STUDI KASUS DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan penerapan metode pada data harga penutupan saham ANTM.JK, BRPT.JK, dan TINS.JK selama periode penelitian. Pembahasan mencakup deskripsi data, pergerakan harga penutupan, hasil normalisasi, nilai return, volatilitas, serta pembentukan data normal dan data stress. Selanjutnya, bab ini menyajikan visualisasi point cloud, persistence barcode, dan persistence diagram untuk masing-masing saham pada kedua kondisi. Hasil perhitungan Euclidean Distance pada dimensi H_0 , H_1 , dan H_2 kemudian dianalisis untuk melihat besarnya perubahan struktur topologi. Pembahasan tidak hanya menyajikan nilai dan visualisasi, tetapi juga menginterpretasikan pola keterhubungan, loop, dan rongga yang terbentuk, serta menjelaskan karakteristik risiko masing-masing saham berdasarkan perubahan struktur data return.

BAB V PENUTUP

Bab ini memuat kesimpulan berdasarkan hasil analisis dan pembahasan untuk menjawab rumusan masalah mengenai penerapan *Topological Data Analysis* dalam analisis risiko pasar keuangan serta interpretasi struktur data *return* saham. Selain itu, bab ini memuat saran untuk penelitian selanjutnya, khususnya terkait pengembangan data *stress*, penggunaan ukuran jarak topologi lain, penambahan periode dan objek penelitian, serta pengembangan TDA dalam analisis risiko pasar keuangan.