

**Analisis *Centrality* dan *Modularity* pada Graf untuk Identifikasi
Relasi Penelitian Indeks Topologi**

SKRIPSI

**OLEH:
NIDA NISRINA
NIM. 16610084**



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

**Analisis *Centrality* dan *Modularity* pada Graf untuk Identifikasi
Relasi Penelitian Indeks Topologi**

SKRIPSI

**Diajukan Kepada
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)**

**Oleh
NIDA NISRINA
NIM. 16610084**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

**Analisis *Centrality* dan *Modularity* pada Graf untuk Identifikasi
Relasi Penelitian Indeks Topologi**

SKRIPSI

Oleh
Oleh

**Nida Nisrina
NIM. 16610084**

Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika

Telah Disetujui Untuk Diuji

Malang, 23 Juni 2023

Dosen Pembimbing I



Mohammad Nafie Jauhari, M.Si.
NIDT. 19870218 20160801 1 056

Dosen Pembimbing II



Erna Herawati, M.Pd.
NIDT. 19760723 20180201 2 222

Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika



Dr. Elly Susanti, S.Pd., M.Sc.
NIP. 19741129 200012 2 005

**Analisis *Centrality* dan *Modularity* pada Graf untuk Identifikasi
Relasi Penelitian Indeks Topologi**

SKRIPSI

Oleh
Nida Nisrina
NIM. 16610084

Telah Dipertahankan di Depan Penguji Seminar Hasil Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Mengikuti Ujian Skripsi
Tanggal 23 Juni 2023

Ketua Penguji : Evawati Alisah, M.Pd.

Anggota Penguji 1 : Intan Nisfulaila, M.Si.


Anggota Penguji 2 : Mohammad Nafie Jauhari, M.Si.

Anggota Penguji 3 : Erna Herawati, M. Pd.



Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika




Dr. Elly Susanti, M.Sc.
NIP. 19741129 200012 2 005

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nida Nisrina

NIM : 16610084

Program Studi : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Skripsi : Analisis *Centrality* dan *Modularity* pada Graf untuk
Identifikasi Relasi Penelitian Indeks Topologi

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan dan pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 23 Juni 2023

Yang membuat pernyataan,



Nida Nisrina

NIM. 16610084

MOTO

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

(QS. Al-Insyirah: 5-6)

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim, segala puji bagi Allah Swt. dengan ketulusan hati,
skripsi ini peneliti persembahkan kepada:

Ibu Sрни Dyah Pangerti, Adik Shilfia Choirun Nisa', Suami M Riswan Hasim dan
Buah hati tercinta Khaira Anindira Hasyim yang senantiasa memberikan doa,
dukungan, serta motivasi terbaik untuk kesuksesan peneliti.

Bapak Mohammad Nafie Jauhari selaku dosen pembimbing yang tak henti-
hentinya memberikan bantuan, dukungan serta bimbingan dalam penyelesaian
penelitian ini.

Teman dan sahabat seperjuangan peneliti yang senantiasa ada untuk menjadi
tempat sandaran, berbagi keluh kesah, serta memberikan dukungan dan semangat
kepada peneliti.

Diri saya sendiri yang mau berjuang untuk membanggakan keluarga dengan
menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar sarjana.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Allah Yang Maha Kuasa, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan penelitian ini dengan sebaik-baiknya. Alhamdulillah berkat taufiq serta hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “*Analisis Centrality dan Modularity pada Graf untuk Identifikasi Relasi Penelitian Indeks Topologi*”. Dalam proses penyelesaian skripsi ini penulis mendapatkan bimbingan, arahan, kritik serta saran dari banyak pihak. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih setulus hati kepada kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A., selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
2. Dr. Sri Harini, M.Si, selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
3. Dr. Elly Susanti, S.Pd., M.Sc, selaku ketua Program Studi Matematika, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
4. Mohammad Nafie Jauhari, M.Si, selaku dosen pembimbing I selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan arahan, motivasi, ilmu yang sangat bermanfaat dan pengalaman yang berharga kepada penulis.
5. Erna Herawati, M.Pd., selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan arahan, nasihat, dan pengalaman yang berharga kepada penulis.
6. Seluruh dosen Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim terutama seluruh dosen pengampu mata kuliah yang telah memberi ilmu dan berbagi pengalaman kepada penulis.
7. Seluruh teman-teman mahasiswa angkatan 2016, yang telah berjuang bersama-sama dan berbagi kenangan dalam menjalani masa perkuliahan.
8. Serta semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu, yang telah banyak membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian penelitian ini.

Semoga Allah SWT memberikan berkah atas segala hal baik yang telah diberikan pada penulis. Akhirnya penulis berharap agar penelitian ini dapat bermanfaat bukan hanya bagi penulis, namun juga untuk berbagai pihak untuk menambah wawasan keilmuan. *Amin.*

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Malang, 23 Juni 2023

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PENGAJUAN..... | ii |
| HALAMAN PERSETUJUAN | iii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iv |
| PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN..... | v |
| MOTO..... | vi |
| PERSEMBAHAN..... | vii |
| KATA PENGANTAR..... | viii |
| DAFTAR ISI..... | x |
| DAFTAR TABEL | xi |
| DAFTAR GAMBAR..... | xii |
| DAFTAR SIMBOL | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 4 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 4 |
| 1.5 Batasan Masalah | 5 |
| 1.6 Definisi Istilah | 5 |
| BAB II KAJIAN TEORI | 7 |
| 2.1 Teori Pendukung..... | 7 |
| 2.1.1 Graf | 7 |
| 2.1.2 Graf sebagai Representasi dari Jejaring Sosial | 12 |
| 2.1.3 <i>Centrality</i> dan <i>Modularity</i> pada Graf..... | 14 |
| 2.2 Kajian Integrasi Topik dengan Al-Quran/Hadits..... | 22 |
| BAB III METODE PENELITIAN | 25 |
| 3.1 Jenis Penelitian | 25 |
| 3.2 Pra Penelitian | 25 |
| 3.3 Tahapan Penelitian..... | 25 |
| BAB IV PEMBAHASAN..... | 27 |
| 4.1 Keterhubungan Kata Kunci Indeks Topologi..... | 27 |
| 4.2 Hasil Visualisasi Graf | 29 |
| 4.4.1 Degree Centrality..... | 30 |
| 4.4.2 <i>Eigenvector Centrality</i> | 33 |
| 4.4.3 <i>Betweenness Centrality</i> | 35 |
| 4.4.4 <i>Closeness Centrality</i> | 37 |
| 4.4.5 <i>Modularity</i> | 39 |
| 4.3 Kajian Agama berkaitan dengan Implementasi Graf..... | 49 |
| BAB V PENUTUP..... | 52 |
| 5.1 Kesimpulan | 52 |
| 5.2 Saran | 52 |
| DAFTAR PUSTAKA | 53 |
| RIWAYAT HIDUP | 55 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|------------------|--|----|
| Tabel 2.1 | Contoh Betweenness Centrality | 19 |
| Tabel 4.1 | Titik dengan Nilai <i>Degree Centrality</i> Tertinggi..... | 31 |
| Tabel 4.2 | Titik dengan Nilai <i>Eigenvector Centrality</i> Tertinggi | 33 |
| Tabel 4.3 | Titik dengan Nilai <i>Betweenness Centrality</i> Tertinggi | 35 |
| Tabel 4.4 | Titik dengan Nilai <i>Closeness Centrality</i> Tertinggi..... | 37 |
| Tabel 4.5 | Kata Kunci dengan <i>Cluster</i> | 40 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------------|--|----|
| Gambar 2.1 | Graf G | 7 |
| Gambar 2.2 | Graf G dengan 3 titik dan 3 sisi..... | 9 |
| Gambar 2.3 | Jalan, Jejak, dan Lintasan pada Graf G | 10 |
| Gambar 2.4 | Graf Berarah | 11 |
| Gambar 2.5 | Graf Tidak Berarah..... | 11 |
| Gambar 2.6 | Graf dengan 7 Titik dan 11 Sisi..... | 15 |
| Gambar 2.7 | Graf dengan 5 Titik dan 5 Sisi..... | 19 |
| Gambar 2.8 | Graf dengan 4 Titik dan 4 Sisi..... | 21 |
| Gambar 4.1 | Graf dari Satu Artikel | 27 |
| Gambar 4.2 | Graf dari Tiga Artikel | 28 |
| Gambar 4.3 | Graf yang Terhubung Langsung dengan Kata <i>Forestry</i> | 29 |
| Gambar 4.4 | Hasil Visualisasi Graf..... | 30 |
| Gambar 4.5 | Titik dengan <i>Degree Centrality</i> Tertinggi..... | 31 |
| Gambar 4.6 | Visualisasi Graf dengan 4 <i>Cluster</i> | 40 |

DAFTAR SIMBOL

| | |
|--------------------|--|
| $V(G)$ | : Himpunan titik pada graf G |
| $E(G)$ | : Himpunan sisi pada graf G |
| v_i | : Titik anggota himpunan |
| e_i | : Sisi anggota himpunan |
| $m(G)$ | : Banyaknya himpunan sisi dalam graf G |
| $n(G)$ | : Banyaknya himpunan titik dalam graf G |
| u_i | : Titik anggota himpunan |
| $d(u, v)$ | : Jarak dari titik u ke v |
| $rad(G)$ | : Radius dari graf G |
| $diam(G)$ | : Diameter dari graf (G), |
| $C_D(i)$ | : <i>Degree Centrality</i> dari titik i |
| N | : Banyaknya titik |
| A | : Matriks <i>adjacency</i> |
| λ | : Nilai eigen |
| I | : Identitas matriks |
| \vec{v} | : <i>Eigenvector</i> dari matriks $N \times 1$ |
| $C_B(i)$ | : <i>Betweenness Centrality</i> dari titik i |
| $P_{jk}(i)$ | : Jumlah lintasan terpendek dari titik j ke k |
| P_{jk} | : Jumlah semua lintasan terpendek |
| $C_c(i)$ | : <i>Closeness Centrality</i> dari titik i |
| n | : Jumlah titik |
| $d(i, j)$ | : Panjang lintasan terdekat dari titik i ke j |
| Q | : Nilai <i>modularity</i> |
| $\delta(c_i, c_j)$ | : <i>function</i> $\delta(u, v)$ (bernilai 1 jika $u = v$ dan 0 jika yang lainnya) |
| A_{ij} | : Bobot dari sisi di antara titik i dan j |
| k_i | : Jumlah sisi yang melekat pada titik i |
| c_i | : Kelompok/komunitas i |
| m | : Jumlah keseluruhan sisi dalam graf |
| ϵ | : Elemen/ anggota |

ABSTRAK

Nisrina, Nida. 2023. **Analisis *Centrality* dan *Modularity* pada Graf untuk Identifikasi Relasi Penelitian Indeks Topologi**. Skripsi. Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Muhammad Nafie Jauhari, M.Si. (II) Erna Herawati, M. Pd.

Kata Kunci: Indeks Topologi, *Centrality*, *Modularity*, Bibliometrik

Salah satu cabang matematika yang penting dan jamak dimanfaatkan untuk memecahkan ragam masalah yang terjadi dalam kehidupan adalah teori graf. Visualisasi dengan graf membantu pemecah masalah untuk lebih jelas dan mudah dalam menganalisis masalah yang telah dimodelkan, misalkan pemanfaatan teori graf untuk merepresentasikan keterhubungan antar kata kunci dalam penelitian. Pada penelitian ini menggunakan kata kunci "*topological index*" dalam pencarian data artikel yang terindeks oleh *Scopus* serta dilakukan analisis *centrality* meliputi *degree centrality*; *eigenvector centrality*; *betweenness centrality*; dan *closeness centrality* dan *modularity*. Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi seberapa pengaruh suatu titik yaitu kata kunci terhadap jaringan yang terbentuk dan seberapa kuat jaringan tersebut menggunakan analisis *centrality* dan *modularity*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa didapatkan pola jaringan dari 2000 data bibliometrik artikel penelitian yang telah dikumpulkan terdapat 225 titik dan 5.109 sisi. Selanjutnya, kata kunci yang memiliki hubungan yang kuat dengan kata kunci lain dan paling berpengaruh sebagai sentral yang signifikan yaitu "*wiener index*". Kemudian kata "*molecular graphs*" merupakan kata kunci sebagai penghubung utama titik dalam jaringan dan efisien dalam penyebaran ide pengetahuan.

ABSTRACT

Nisrina, Nida. 2023. **Centrality and Modularity Analysis on Graphs for Identifying Topological Index Research Relationships**. Thesis. Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisor: (I) Muhammad Nafie Jauhari, M.Si. (II) Erna Herawati, M. Pd.

Keywords: Topological Index, Centrality, Modularity, Bibliometrics.

One of the important and commonly used branches of mathematics to solve various problems that occur in life is graph theory. Visualization with graphs helps problem solvers to more clearly and easily analyze problems that have been modeled, for example the use of graph theory to represent the relationship between keywords in research. In this study, the keyword “topological index” is used in searching for Scopus indexed articles and centrality analysis is carried out including degree centrality; eigenvector centrality; betweenness centrality; and closeness centrality and modularity. The purpose of this research is to identify how influential a point, namely keywords, is on the network formed and how strong the network is using centrality and modularity analysis. The results showed that the network pattern obtained from 2000 bibliometric data of research articles that have been collected there are 225 vertices and 5.109 edges. Furthermore, the keyword that has a strong relationship with other keywords and the most influential as a significant center is “wiener index”. Then the word “molecular graphs” is a keyword as the main connecting point in the network and efficient in spreading knowledge ideas.

ستخلص البحث

نسرينا ، نيدا. 2023. تحليل المركزية والنمطية في الرسوم البيانية لتحديد العلاقات البحثية للمؤشر الطوبولوجي. أطروحة. برنامج دراسة الرياضيات ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، جامعة الدولة الإسلامية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المستشار: (١) محمد نافع جوهرى الماجستير. (٢) إرنا هيراواتي الماجستير.

الكلمات المفتاحية: فهرس طوبولوجي ، مركزية ، نمطية ، قياس بيليوميتري.

تعتبر نظرية المخطاط أحد فروع الرياضيات المهمة والمستخدمة بشكل شائع لحل المشكلات المختلفة التي تحدث في الحياة. يساعد التصور مع المخطاط من يحلون المشكلات على أن يكونوا أكثر وضوحًا وأسهل في تحليل المشكلات التي تم تصميمها، على سبيل المثال استخدام نظرية المخطاط الرسم لتمثيل العلاقة بين الكلمات الرئيسية في البحث. في هذه الدراسة، تم استخدام الكلمة الأساسية "الفهرس الطوبولوجي" للبحث عن بيانات المقالة المفهرسة على *Scopus* وتم إجراء تحليل المركزية بما في ذلك مركزية الدرجة ؛ مركزية المتجهات الذاتية بين مركزية وقرب مركزية ونمطية. الغرض من هذه الدراسة هو تحديد مدى تأثير نقطة ما ، أي كلمة رئيسية لها على الشبكة التي تم تشكيلها ومدى قوة الشبكة التي تستخدم تحليل المركزية والنمطية. أظهرت النتائج أن نمط الشبكة الذي تم الحصول عليه من البيانات البيليوميتري لعام 2000 للمقالات البحثية التي تم جمعها يحتوي على 225 رؤوس و 5109 أضلاع. علاوة على ذلك ، فإن الكلمات الرئيسية التي لها علاقة قوية بالكلمات الرئيسية الأخرى ولها التأثير الأكبر كمركزية مهمة هي *wiener indeks*. ثم كلمة "molecular graphs" هي كلمة رئيسية كنقطة الاتصال الرئيسية في الشبكة وفعالة في نشر الأفكار المعرفية.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Secara umum, matematika dipandang sebagai ilmu yang mempelajari tentang hubungan, struktur, pola, bangun ruang, dan lain sebagainya. Matematika disebut juga sebagai bahasa serta suatu alat untuk mengembangkan cara berpikir manusia. Adapun pandangan lain mengatakan bahwa matematika sebagai ilmu yang mendasari ilmu pengetahuan lainnya. Matematika adalah perhitungan dan penelaahan struktur abstrak yang didefinisikan dengan menggunakan aksioma-aksioma dan teorema berupa logika simbolik dan notasi. Allah Swt berfirman di dalam al-Quran surat Al-Furqan ayat 2

الَّذِي لَهُ مُلْكُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَلَمْ يَتَّخِذْ وَلَدًا وَلَمْ يَكُنْ لَهُ شَرِيكٌ فِي الْمُلْكِ وَخَلَقَ كُلَّ شَيْءٍ فَقَدَرَهُ تَقْدِيرًا

"yang memiliki kerajaan langit dan Bumi, tidak mempunyai anak, tidak ada sekutu bagi-Nya dalam kekuasaan (Nya), dan Dia menciptakan segala sesuatu, lalu menetapkan ukuran-ukurannya dengan tepat." (QS. Al-Furqan 25: Ayat 2).

Ayat diatas mengisyaratkan bahwa Allah Swt telah menciptakan alam semesta dan seisinya dengan perhitungan dan ukuran-ukuran yang tepat. Dalam al-Quran telah dijelaskan bahwa segala sesuatu terjadi berdasarkan kehendak-Nya, bukan kebetulan dan bukan pula terjadi tanpa sebab dan hikmah, melainkan diwujudkan oleh Allah berdasarkan perhitungan yang telah ditetapkan oleh-Nya. Maka dapat disimpulkan bahwa segala sesuatu yang ada di alam ini memiliki ukuran, hubungan antara satu sama lain, perhitungan, rumus, atau persamaan (Abdussakir, 2007).

Salah satu cabang matematika yang penting dan jamak dimanfaatkan untuk memecahkan ragam masalah yang terjadi dalam kehidupan adalah teori graf. Namun demikian, teori-teori yang ada dalam graf dapat diterapkan jika permasalahan telah dimodelkan dengan graf yang tepat. Visualisasi dengan graf membantu pemecah masalah untuk lebih jelas dan mudah dalam menganalisis masalah yang telah dimodelkan, misalkan pemanfaatan teori graf untuk merepresentasikan hubungan antar individu dalam kelompok sosial.

Graf secara sederhana, terbentuk atas titik dan garis. Titik-titik dalam graf disebut simpul dan garis-garis yang menghubungkan titik-titik tersebut dinamakan sisi (Hartsfield & Ringel, 1994). Pada graf sebagai representasi jejaring sosial, titik-titik pada graf mewakili aktor atau individu sedangkan garis pada graf melambangkan hubungan atau relasi antar individu. Pemodelan tersebut bermanfaat untuk mengidentifikasi peran individu dalam suatu kelompok sosial, misalkan individu yang paling berpengaruh atau individu yang menjadi penghubung. Dalam upaya pengidentifikasian pengaruh pada suatu jejaring sosial, dilakukan analisis *centrality*. Pada penelitian ini *metric centrality* atau ukuran sentralitas yang digunakan adalah *degree centrality*, *Betweenness centrality*, *closeness centrality*, dan *Eigenvector centrality*. Lebih lanjut, graf yang digunakan dalam penelitian ini adalah graf tak berarah (*undirected graf*) sehingga tidak ada perbedaan kedudukan titik, yaitu tidak ada titik asal atau titik yang dituju seperti pada graf berarah dan setiap individu atau titik mewakili kata kunci pada suatu penelitian dan sisi merepresentasikan hubungan antara dua atau lebih kata kunci dalam suatu penelitian.

Graf tak berarah sebagai representasi jejaring sosial pernah diteliti oleh Febrianti, dkk (2020) untuk mengetahui jurusan yang paling diminati calon mahasiswa. Sumber data yang digunakan adalah interaksi *mention* di *twitter* dan hasil yang didapatkan yaitu jurusan teknik informatika sebagai jurusan yang paling banyak diminati oleh calon mahasiswa. Penelitian lain yang juga menerapkan graf tak berarah sebagai model untuk analisis jejaring sosial adalah Oktora & Alamsyah (2014) dalam penelitian mengenai pola interaksi dan analisis *centrality* untuk mengetahui aktor paling berperan dalam *event* JGTC 2013. Sumber data yang digunakan adalah kata kunci JGTC dan *hashtag* #JGTC36 di *twitter* dengan durasi 13 jam. JGTC adalah kependekan dari Jass Goes to Campus.

Pada penelitian ini sumber data yang digunakan adalah metadata artikel-artikel indeks topologi dari *database Scopus*. Indeks topologi merupakan salah satu aplikasi teori graf dalam bidang kimia. Graf digunakan untuk memodelkan senyawa dan reaksi kimia pada senyawa. Para kimiawan lebih memilih untuk menggunakan indeks topologi sebagai deskriptor molekular untuk melakukan evaluasi terhadap toksisitas dan untuk memprediksi aktivitas biologi (Devillers, 1997). Indeks topologi menjelaskan bahwa suatu struktur kimia (graf kimia) merupakan suatu model kimia yang digunakan untuk menjelaskan sifat interaksi antara obyek-obyek kimia (atom, ikatan, gugusan atom, molekul, dan pasangan molekul) (Saleh, 2015). Selain di bidang kimia, indeks topologi mempunyai aplikasi yang luas di bidang *network science* dan bioinformatik. Contoh dari indeks topologi yang berkembang saat ini adalah *forgotten topological index*, indeks harmonik, indeks Narumi-Katayama, dan *general first Zagreb index*. Indeks topologi sebagai salah satu topik penelitian perlu dikaji perkembangannya sehingga diketahui perkembangan riset

dan penelitian terkait indeks topologi dari rentang tahun tertentu, subtopik terkait indeks topologi yang banyak diteliti, celah penelitian yang dapat dilengkapi, dan ide kebaruan penelitian yang dapat dikembangkan. Oleh karena itu, penulis ingin mengkaji mengenai *centrality dan modularity* untuk identifikasi relasi pada penelitian indeks topologi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, dapat dirumuskan masalah dalam penulisan skripsi ini sebagai berikut:

1. Bagaimana keterhubungan penelitian indeks topologi?
2. Bagaimana *centrality dan modularity* pada graf untuk identifikasi relasi penelitian indeks topologi?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk:

1. Mengetahui keterhubungan penelitian indeks topologi.
2. Mengetahui *centrality dan modularity* pada graf untuk identifikasi relasi penelitian indeks topologi.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini untuk mengetahui perkembangan riset dan penelitian terkait indeks topologi dari rentang tahun tertentu, subtopik terkait indeks topologi yang banyak diteliti, celah penelitian yang dapat dilengkapi, dan ide kebaruan penelitian yang dapat dikembangkan, serta untuk menambah informasi dan wawasan pengetahuan mengenai *centrality dan modularity* pada suatu graf.

1.5 Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam skripsi ini lebih terfokus, maka penulis hanya membatasi masalah pada

1. Pencarian data artikel yang terindeks pada *Scopus* dengan menggunakan kata kunci “*topological index*” sebanyak 2.000 data dalam rentang tahun 2012-2022.
2. Perhitungan nilai *centrality* dengan menghitung *degree centrality*, *Betweenness centrality*, *closeness centrality*, dan *eigenvector centrality* serta *modularity*.

1.6 Definisi Istilah

Berdasarkan fokus dan rumusan masalah penelitian, maka uraian definisi istilah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Modularity : *Modularity* adalah ukuran suatu jaringan untuk mengelompokkan atau membentuk komunitas pada komponen graf berdasarkan interaksi atau hubungan antar titik dan sisi yang akan disebut klaster penelitian.

Centrality : *Centrality* atau biasa disebut sentralitas adalah ukuran yang digunakan untuk menentukan seberapa terpusatnya sebuah titik.

Degree centrality : *Degree centrality* adalah jumlah sisi yang terhubung langsung pada suatu titik. Digunakan untuk menghitung bobot suatu titik berdasarkan banyaknya

sisi yang terbentuk antara titik satu dengan titik lainnya.

Closeness centrality : *Closeness Centrality* adalah rata-rata dari semua lintasan terpendek dari satu titik untuk semua titik lain dalam jaringan. Hal ini biasa digunakan untuk menentukan seberapa dekat satu titik dengan titik yang lain.

Betweenness centrality : *Betweenness centrality* adalah banyaknya lintasan terpendek yang melewati sebuah titik dibagi dengan banyaknya semua lintasan terpendek dalam jaringan. Hal ini akan menunjukkan ada titik yang lebih cenderung sebagai perantara.

Eigenvector centrality : *Eigenvector centrality* adalah ukuran yang memberikan bobot pentingnya sebuah titik yang terhubung langsung dengan titik yang memiliki keterhubungan tinggi.

BAB II KAJIAN TEORI

2.1 Teori Pendukung

2.1.1 Graf

Pada Definisi 2.1 dan Definisi 2.2 akan diberikan definisi mengenai pengertian graf dan pengertian *order* serta *size* dari graf yang dikutip dari Chartrand & Lesniak (1996).

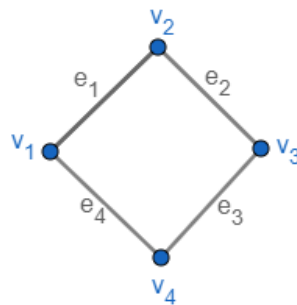
Definisi 2.1

Suatu graf G berisikan pasangan terurut dari dua himpunan yaitu titik (*node*) dan sisi (*vertex*). Graf G adalah pasangan $(V(G), E(G))$ dengan $V(G)$ adalah himpunan tidak kosong dan berhingga dari objek-objek yang disebut titik, dan $E(G)$ adalah himpunan (mungkin kosong) pasangan tak berurutan dari titik-titik berbeda di $V(G)$ yang disebut sisi.

Definisi 2.2

Banyaknya himpunan titik dari graf G disebut *order* di G yang dinotasikan dengan $n(G)$, atau lebih sederhana dinotasikan dengan n sedangkan banyaknya himpunan sisi disebut *size* (ukuran) dari G dan dinotasikan dengan $m(G)$ atau m .

Contoh 2.1



Gambar 2.1 Graf G

Graf G pada Gambar 2.1 memiliki 4 titik sehingga $n(G) = 4$. Graf G mempunyai 4 sisi sehingga ukuran graf $m(G) = 4$. Graf G dengan himpunan titik dan sisi masing-masing:

$$V(G) = \{v_1, v_2, v_3, v_4\}$$

$$E(G) = \{(v_1 v_2), (v_2 v_3), (v_3 v_4), (v_4 v_1)\}$$

serta dapat juga ditulis dengan

$$V(G) = \{v_1, v_2, v_3, v_4\}$$

$$E(G) = \{e_1, e_2, e_3, e_4\}$$

dengan

$$e_1 = (v_1 v_2)$$

$$e_2 = (v_2, v_3)$$

$$e_3 = (v_3, v_4)$$

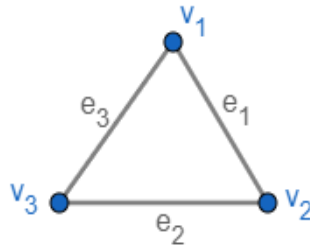
$$e_4 = (v_4, v_1).$$

Selanjutnya, akan diuraikan definisi dari dua sisi yang terhubung langsung dan dua sisi yang terkait langsung pada Definisi 2.3 oleh Budayasa (2007).

Definisi 2.3

Sisi $e = (u, v)$ dikatakan menghubungkan titik u dan v . Sebuah sisi dikatakan terhubung langsung (*adjacent*) jika $e = (u, v)$ adalah sisi di graf G , u dan v serta e dan v disebut terkait langsung (*incident*). Untuk selanjutnya, sisi $e = (u, v)$ akan ditulis $e = uv$.

Contoh 2.2



Gambar 2.2 Graf G dengan 3 Titik dan 3 Sisi

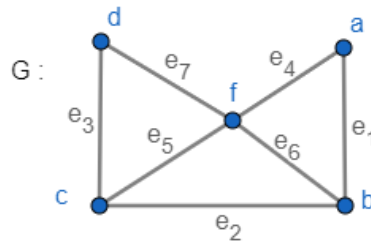
Dari Gambar 2.2 titik yang terhubung langsung adalah v_1 dan titik v_2 , v_2 dan titik v_3 , v_3 dan titik v_1 serta sisi e_1 terkait langsung dengan v_1 dan v_2 , sisi e_2 terkait langsung dengan v_2 dan v_3 , dan sisi e_3 terkait langsung dengan titik v_3 dan v_1 .

Pada graf G didefinisikan jalan (*walk*), jejak (*trail*), dan lintasan (*path*). Berikut akan dipaparkan dalam Definisi 2.4 yang dikutip dari (Chartrand dan Lesniak, 1996).

Definisi 2.4

Misalkan u dan v adalah titik-titik yang berbeda di graf G . Jalan (*walk*) $u - v$ dengan panjang n dari titik u ke v pada graf G adalah barisan titik $u = u_0, e_1, u_1, e_2, \dots, u_{k-1}, e_k, u_k = v$ yang terdiri dari titik dan sisi di G yang diawali dan diakhiri dengan titik, sedemikian sehingga $e_i = (u_i, u_{i-1})$ adalah sisi di G untuk setiap $i = 0, 1, 2, \dots, k$. Jalan dikatakan tertutup jika $u = v$ dan terbuka jika $u \neq v$. Jejak (*trail*) disebut jalan $u - v$ jika tidak ada sisi yang berulang. Jalan $u - v$ dikatakan lintasan (*path*) $u - v$ jika tidak ada titik yang berulang. Lintasan adalah jejak, tetapi tidak semua jejak adalah lintasan.

Contoh 2.3



Gambar 2.3 Jalan, Jejak, dan Lintasan pada Graf G

Pada Gambar 2.3 diperoleh bahwa jalan tertutup pada graf G adalah a, b, c, d, f, a dan jalan terbukanya yaitu b, f, d, c, b, a, f . Jalan terbuka a, f, c, b, f, d adalah jejak tetapi bukan lintasan, sedangkan jalan terbuka a, b, f, d, c adalah lintasan.

Selanjutnya akan diberikan definisi mengenai jarak pada suatu graf G yang dikutip dari Abdussakir, dkk (2009).

Definisi 2.5

Misalkan G graf terhubung dan misalkan u dan v titik di G . Jarak (*distance*) dari u dan v di G , dinotasikan dengan $d(u, v)$, adalah panjang lintasan terpendek $u - v$ di G . Eksentrisitas (*eccentricity*) titik u di G , dinotasikan dengan $e(u)$, adalah jarak terbesar dari u ke semua titik di G . Jadi

$$e(u) = \max\{d(u, v) | v \in V(G)\}.$$

Jika u dan v adalah titik pada G sehingga $e(u) = d(u, v)$, maka v disebut titik eksentrik dari u . Dengan kata lain, titik v disebut titik eksentrik dari u jika jarak dari u ke v sama dengan eksentrisitas dari u . Radius dari graf G , dinotasikan dengan $rad(G)$, adalah eksentrisitas terkecil dari semua titik G . Jadi

$$rad(G) = \min\{e(v) | v \in V(G)\}.$$

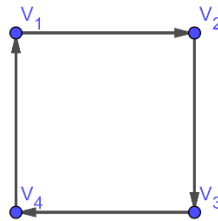
Diameter dari graf G , dinotasikan dengan $diam(G)$, adalah eksentrisitas terbesar dari semua titik di G . Jadi,

$$\text{diam}(G) = \max \{e(v) | v \in V(G)\}.$$

Dilihat pada orientasi arah disetiap sisinya, graf digolongkan menjadi dua jenis, yaitu graf berarah dan graf tidak berarah. Berikut penjelasan dari keduanya menurut Munir (2005):

1. Graf Berarah (*Directed Graph* atau *digraph*)

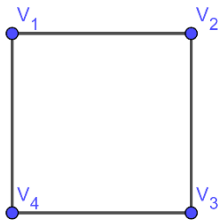
Graf berarah adalah graf yang setiap sisinya memiliki orientasi arah. Sisi berarah disebut sebagai busur (*arc*). Pada graf berarah, (V_i, V_j) dan (V_j, V_i) adalah dua sisi yang berbeda, dapat disimbolkan $(V_i, V_j) \neq (V_j, V_i)$.



Gambar 2.4 Graf Berarah

2. Graf Tidak Berarah (*Undirected Graph*)

Graf tidak berarah artinya graf yang setiap sisinya tidak memiliki orientasi arah. Urutan pasangan titik yang dihubungkan oleh sisi arahnya tidak diperhatikan. Pada graf tidak berarah, (V_i, V_j) dan (V_j, V_i) adalah sisi yang sama dengan kata lain $(V_i, V_j) = (V_j, V_i)$.



Gambar 2.5 Graf Tidak Berarah

2.1.2 Graf sebagai Representasi dari Jejaring Sosial

Suatu graf yang didefinisikan sebagai pasangan himpunan yang beranggotakan titik dan garis dapat menjadi model dari pemetaan jejaring sosial dengan titik sebagai representasi dari aktor atau individu dan garis sebagai representasi dari hubungan antara aktor atau individu tersebut (Alamsyah, 2017). Pemodelan tersebut dibutuhkan untuk mendapatkan informasi tentang jaringan sosial dalam konteks tertentu, seperti aktor yang paling berpengaruh, pengidentifikasian kelompok yang terbentuk, dan perbedaan kekuatan hubungan antara masing-masing aktor atau individu (Alamsyah, 2017).

Indeks topologi merupakan salah satu aplikasi teori graf dalam bidang kimia. Graf digunakan untuk memodelkan senyawa dan reaksi kimia pada senyawa. Para kimiawan lebih memilih untuk menggunakan indeks topologi sebagai deskriptor molekular untuk melakukan evaluasi terhadap toksisitas dan untuk memprediksi aktivitas biologi (Devillers, 1997). Indeks topologi menjelaskan bahwa suatu struktur kimia (graf kimia) merupakan suatu model kimia yang digunakan untuk menjelaskan sifat interaksi antara obyek-obyek kimia (atom, ikatan, gugusan atom, molekul, dan pasangan molekul) (Saleh, 2015). Selain di bidang kimia, indeks topologi mempunyai aplikasi yang luas di bidang *network science* dan bioinformatik.

Selain dalam bidang kimia, Tsvetovat dan Kouznetsov (2011) memaparkan bahwa teori-teori pada graf dapat dimanfaatkan untuk analisis jaringan sosial (*social network analysis*) yaitu bidang kajian yang meneliti tentang hubungan antar manusia sebagai makhluk sosial. Analisis jaringan sosial dapat digunakan untuk mengidentifikasi relasi antar anggota dalam jaringan sosial atau komunitas tertentu

dengan menggunakan metode-metode statistik (Kate, 2005). Graf sebagai representasi dari jejaring sosial (graf jejaring sosial) telah diteliti oleh Yoga (2017) untuk mengidentifikasi relasi mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh November (ITS) berdasarkan data usulan Program Kreativitas Mahasiswa (PKM). Pada penelitian tersebut, graf jejaring sosial digunakan untuk menganalisis struktur dan pola relasi serta mengukur tingkat keterhubungan antar mahasiswa dan pengaruh masing-masing mahasiswa dalam komunitas ilmiah tersebut. Penelitian lain mengenai penerapan teori graf dalam analisis jejaring sosial khususnya dalam bidang publikasi atau pemetaan penelitian, antara lain Kurniawan (2020), Krisnadi dan Yusuf (2018), Iqbal dan Pramana (2021), Tuhuteru dan Iriani (2018).

Kurniawan (2020) meneliti jaringan antar penulis (*co-authorship network*) dalam publikasi ilmiah dengan data publikasi Perguruan Tinggi Negeri Badan Hukum (PTN BH) yang diunduh dari *Scopus* dan terdiri dari 67.133 publikasi. Kemudian data tersebut dianalisis berdasarkan teori-teori pada graf dengan titik yang merepresentasikan penulis (*authors*) dan garis mewakili hubungan antar penulis. Pada Krisnadi dan Yusuf (2018), penelitian juga berfokus pada jaringan sosial antar peneliti (*co-authorship network*). Namun demikian, sumber data yang diambil berbeda.

Data publikasi diunduh dari perpustakaan digital *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) Xplore*. Data tersebut berupa peneliti-peneliti dari Indonesia yang mempublikasikan artikel penelitian mereka di *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)*. Data tersebut dimodelkan sebagai graf tidak berarah dengan 4339 titik dan 8610 garis dan divisualisasikan dengan bantuan perangkat lunak *Gephi*. Titik pada graf melambangkan penulis dan garis pada graf

menggambarkan kolaborasi penelitian atau hasil karya publikasi bersama. Pada Tuhuteru dan Iriani (2018), penelitian mengenai jaringan sosial penulis memiliki ruang lingkup yang lebih kecil yaitu analisis kolaborasi penelitian ilmiah dosen di fakultas X. Graf yang digunakan adalah graf tak berarah karena tidak ada pengirim dan penerima seperti relasi pada graf berarah. Dengan kata lain, masing-masing aktor memiliki kedudukan yang sama yaitu sebagai pasangan dalam publikasi karya ilmiah bersama. Hasil yang didapat berupa relasi antar peneliti (dosen di fakultas X) yang teridentifikasi berdasarkan program studi dan jabatan fungsional akademik. Demikian pula Iqbal dan Pramana (2021), penelitian yang dilakukan adalah pemetaan dosen Politeknik Statistika STIS berdasarkan kolaborasi penelitian dengan graf jejaring sosial dan tema publikasi dengan metode *Latent Dirichlet Allocation*.

2.1.3 Centrality dan Modularity pada Graf

Menurut Newman (2011), metrik merupakan model pengukuran yang didasarkan pada teori graf, seperti *metric centrality*, *reciprocity*, *homophilly*, *clustering coefficient*, *density*, *diameter*. Metrik yang paling sering digunakan dalam pengukuran jejaring sosial adalah metrik *centrality* (sentralitas) dan metrik *modularity* (modularitas). Sentralitas merupakan pengukuran tingkat pengaruh dari suatu aktor sehingga dapat teridentifikasi aktor dengan pengaruh paling besar atau kuat. Sedangkan modularitas merupakan pengukuran dengan hasil identifikasi berupa jumlah kelompok yang terbentuk dan besar keanggotaan dari masing-masing kelompok (Alamsyah, 2017). Metrik *centrality* meliputi *degree centrality*, *betwenness centrality*, *closeness centrality*, dan *Eigenvector centrality* yang masing-masing akan didefinisikan sebagai berikut.

Definisi 2.6

Degree centrality adalah implementasi dari banyaknya jumlah sisi yang terhubung langsung pada sebuah titik dalam jaringan (Golbeck, 2013). *Degree centrality* merupakan ukuran *centrality* dengan perhitungan paling sederhana. Titik dengan derajat yang tinggi maka semakin penting pula titik tersebut dalam jaringan. Rumus *degree centrality* untuk titik i sebagai berikut:

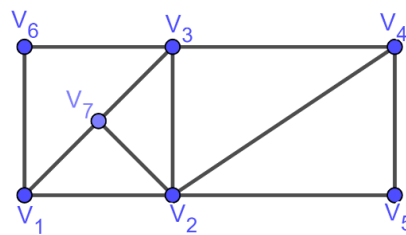
$$C_D(i) = k_i = \sum_{i \neq j}^N a_{ij}$$

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{terdapat sisi di antara titik } i \text{ dan } j \\ 0, & \text{selainnya} \end{cases}$$

dengan N merupakan banyaknya titik.

Contoh 2.4

Berikut adalah contoh graf yang memiliki 7 titik dan 11 sisi seperti pada gambar:



Gambar 2.6 Graf dengan 7 titik dan 11 sisi

Pada gambar graf diatas dapat ditentukan *degree centrality* menggunakan rumus *degree centrality* titik v_2 yang selanjutnya disebut 2, seperti berikut:

$$\begin{aligned} C_D(2) &= \sum_{i \neq j}^7 a_{2j} \\ &= a_{2,1} + a_{2,3} + a_{2,4} + a_{2,5} + a_{2,6} + a_{2,7} \\ &= 1 + 1 + 1 + 1 + 0 + 1 \\ &= 5 \end{aligned}$$

Jadi dari perhitungan tersebut *degree centrality* titik 2 adalah 5. Jika diterapkan rumus yang sama, maka diperoleh nilai *degree centrality* untuk titik lain adalah $C_D(1) = 3, C_D(3) = 4, C_D(4) = 3, C_D(5) = 2, C_D(6) = 2,$ dan $C_D(7) = 3.$

Definisi 2.7

Eigenvector centrality atau biasa disebut *eigen centrality* digunakan dalam mengukur banyaknya relasi suatu titik yang paling berpengaruh dalam suatu jaringan (Golbeck, 2015). Pada *Eigenvector centrality* yang dipertimbangkan dalam penentuannya tidak hanya banyaknya sisi pada sebuah titik, melainkan *degree centrality* yang terhubung langsung dengannya. Menurut Fornito, dkk (2016), sebuah titik yang memiliki sedikit sisi dapat memiliki *Eigenvector centrality* yang tinggi apabila titik tersebut memiliki sisi dengan *degree centrality*. Dalam perhitungan nilai *Eigenvector centrality*, maka harus ditentukan dulu nilai *eigenvalue* dan *Eigenvector* dari *adjacency matrix* A . *Eigenvalue* dapat dicari dengan menggunakan persamaan karakteristik polinomial sebagai berikut:

$$|A - \lambda I| = 0$$

dengan A adalah *adjacency matrix* $N \times N$, λ adalah *eigen value* (bernilai skalar) dan I adalah matriks identitas. Selanjutnya yaitu mencari *Eigenvector* dengan menggunakan *eigenvalue* terbesar. Berikut adalah persamaan dari *Eigenvector*.

$$A\vec{v} = \lambda\vec{v}$$

$$(A - \lambda I)\vec{v} = \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}$$

Notasi \vec{v} merupakan *Eigenvector* matriks $N \times 1$ yang dapat direpresentasikan seperti persamaan berikut:

$$\vec{v} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}$$

Eigenvector centrality dari simpul i dapat didefinisikan sebagai *input* ke- i dalam *Eigenvector* \vec{v} dengan menggunakan *eigenvalue* terbesar dari *adjacency matrix* A . Untuk menormalisasi nilai *Eigenvector centrality* dari suatu simpul dapat dihitung dengan cara membagi seluruh nilai *Eigenvector* \vec{v} dengan nilainya yang tertinggi. Sebagai contoh penerapan sederhana diberikan sebuah graf yang memiliki 3 simpul dan 2 sisi. Langkah pertama yaitu mempresentasikan graf dalam bentuk *adjacency matrix* A . Berikut adalah representasinya

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Selanjutnya mencari nilai *eigenvalues* dari *adjacency matrix* A dengan persamaan

$$\begin{aligned} |A - \lambda I| &= 0 \\ \left| \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} - \lambda \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \right| &= 0 \\ \begin{bmatrix} -\lambda & 1 & 0 \\ 1 & -\lambda & 1 \\ 0 & 1 & -\lambda \end{bmatrix} &= 0 \\ -\lambda^3 + 2\lambda &= 0 \\ -\lambda(\lambda^2 - 2) &= 0 \\ -\lambda(\lambda - \sqrt{2})(\lambda + \sqrt{2}) &= 0 \end{aligned}$$

Didapatkan *eigenvalue* masing-masing $\lambda_1 = 0$, $\lambda_2 = \sqrt{2}$, $\lambda_3 = -\sqrt{2}$, didapatkan *eigenvalue* terbesar adalah $\lambda_2 = \sqrt{2}$

$$(A - \lambda I) \vec{v} = \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} - \sqrt{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{pmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \sqrt{2} & 0 & 0 \\ 0 & \sqrt{2} & 0 \\ 0 & 0 & \sqrt{2} \end{bmatrix} \end{pmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \begin{bmatrix} -\sqrt{2} & 1 & 0 \\ 1 & -\sqrt{2} & 1 \\ 0 & 1 & -\sqrt{2} \end{bmatrix} \end{pmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

dengan demikian didapatkan nilai *Eigenvector* sebagai berikut

$$\vec{v} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ \sqrt{2} \\ 1 \end{bmatrix}$$

kemudian menormalisasi nilai *Eigenvector centrality* dari titik 1,2, dan 3 secara berturut turut sehingga didapatkan

$$\vec{v} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ \sqrt{2} \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,7071 \\ 1 \\ 0,7071 \end{bmatrix}.$$

Dengan demikian didapatkan nilai *Eigenvector centrality* dari simpul 1,2,3 secara berturut-turut yaitu 0,7071, 1, dan 0,7071.

Definisi 2.8

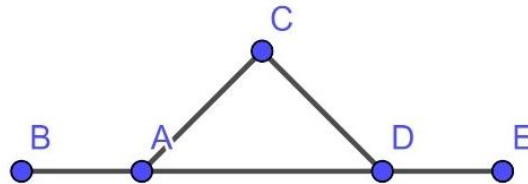
Betweenness centrality adalah jumlah lintasan terpendek yang melewati sebuah titik dibagi dengan semua lintasan terpendek dalam jaringan, menurut Cheliotis (2010).

Betweenness centrality suatu titik dihitung dengan menjumlahkan semua lintasan terpendek yang mengandung titik tersebut.

$$C_B(i) = \sum_{j < k} \frac{P_{jk}(i)}{P_{jk}}$$

dengan $C_B(i)$ merupakan *Betweenness centrality* $P_{jk}(i)$ merupakan jumlah lintasan terpendek dari titik j ke k yang melewati i dan P_{jk} merupakan jumlah lintasan.

Contoh 2.5



Gambar 2.7 Graf dengan 5 Titik dan 5 Sisi

Dari graf diatas dapat dicari lintasan dan lintasan terpendek dari suatu simpul untuk didapatkan nilai *Betweenness centrality* (keantaraan). Misalkan dicari nilai *Betweenness* dari simpul A , maka diperoleh

Tabel 2.1 Contoh *Betweenness Centrality*

| Lintasan Terpendek | Lintasan | titik berada pada lintasan? |
|--------------------|----------|-----------------------------|
| A-B | A-B | Ya |
| A-C | A-C | Ya |
| A-D | A-D | Ya |
| A-E | A-C-E | Ya |
| B-C | B-A-C | Ya |
| B-D | B-A-D | Ya |
| B-E | B-A-C-E | Ya |
| C-D | C-D | Tidak |
| C-E | C-E | Tidak |
| D-E | D-C-E | Tidak |

Jadi *Betweenness* dari simpul A adalah $7/10$

Definisi 2.9

Closeness centrality adalah jarak rata-rata antara titik satu dengan yang lain dalam jaringan. Menurut Iqbal dan Pramana (2021), *closeness centrality* adalah titik yang mempunyai jarak yang paling minimum untuk mencapai semua titik. Ukuran ini menggambarkan kedekatan antara titik ini dengan titik lain. Semakin dekat,

semakin terhubung titik tersebut dengan titik lainnya. Berikut cara memperoleh perhitungan *closeness centrality*:

$$C_c(i) = \frac{n - 1}{\sum_{j=1}^n d(i, j)}$$

dengan $C_c(i)$ merupakan *closeness centrality*, n jumlah titik, dan $d(i, j)$ merupakan panjang lintasan terdekat dari titik i ke titik j .

Definisi 2.10

Modularity adalah suatu ukuran yang tujuannya untuk memperoleh kualitas dari pembagian jaringan ke dalam komunitas-komunitas. Semakin tinggi nilainya, maka akan semakin baik kualitasnya. Bernilai antara -1 dan 1. Graf dengan *modularity* yang tinggi memiliki sisi yang padat di dalam komunitas dan memiliki sisi yang tersebar di komunitas yang berbeda. Berdasarkan (Newman & Girvan, 2004) nilai *modularity* untuk jaringan dengan struktur komunitas yang baik berada dalam kisaran 0,3 sampai 0,7. Rentang tersebut mengindikasikan bahwa dalam jaringan terdapat pembagian yang efektif menjadi kelompok-kelompok atau komunitas-komunitas yang memiliki hubungan yang kuat secara internal, dan terdapat tingkat isolasi yang signifikan antara kelompok-kelompok tersebut. Jika nilai *modularity* mendekati 0,7, itu menggambarkan adanya struktur komunitas yang sangat kuat dalam jaringan. Simpul-simpul dalam kelompok saling terhubung erat, sementara ada keterpisahan yang jelas antara kelompok-kelompok tersebut. Di sisi lain, jika nilai *modularity* mendekati 0,3, itu menunjukkan adanya struktur komunitas yang baik dalam jaringan, meskipun tingkat hubungan internal antara simpul-simpul dalam kelompok agak lemah, dan keterpisahan antara kelompok-kelompok relatif lebih rendah. Rumus *modularity* adalah sebagai berikut:

$$Q = \frac{1}{2m} \sum_{i,j} \left[A_{ij} - \frac{k_i k_j}{2m} \right] \delta(c_i, c_j)$$

Keterangan:

A_{ij} : Bobot dari sisi di antara titik i dan j

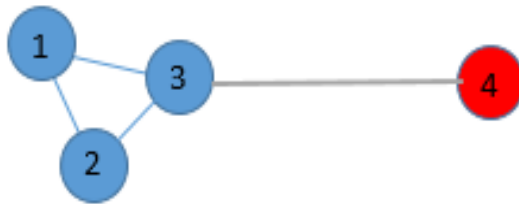
k_i : Jumlah sisi yang melekat pada titik i

m : Jumlah keseluruhan sisi dalam graf

c_i : Kelompok/komunitas i

$\delta(c_i, c_j)$: *function* $\delta(u, v)$ (bernilai 1 jika $u = v$ dan 0 jika yang lainnya)

Contoh 2.6



Gambar 2.8 Graf dengan 4 titik dan 4 Sisi

Berdasarkan gambar graf pada Gambar 2.8 dapat dihitung modularitas sebagai berikut:

$$Q = \frac{1}{2m} \left[\begin{aligned} & \left(A_{11} - \frac{k_1 k_1}{2m} \right) \delta(c_1 c_1) + \left(A_{12} - \frac{k_1 k_2}{2m} \right) \delta(c_1 c_2) + \dots \\ & + \left(A_{21} - \frac{k_2 k_1}{2m} \right) \delta(c_2 c_1) + \dots + \left(A_{44} - \frac{k_4 k_4}{2m} \right) \delta(c_4 c_4) \end{aligned} \right]$$

dengan m merupakan jumlah sisi pada graf yaitu 4, A_{ij} bernilai 0 jika tidak ada sisi yang menghubungkan titik i dan j , seperti A_{11} , A_{22} , A_{33} , dan A_{44} dan bernilai 1 jika ada yang terhubung. Titik 1,2, dan 3 berada di komunitas yang sama (berwarna biru) sehingga $\delta(c_i, c_j)$ bernilai 1. Akan tetapi, dengan titik 4 berbeda komunitas

(berwarna merah) sehingga $\delta(c_i, c_j)$ antara titik 1,2,3 dengan titik 4 dan sebaliknya bernilai 0. Jadi diperoleh

$$Q = \frac{1}{2.4} \left[\begin{aligned} & \left(0 - \frac{2.2}{2.4}\right) \cdot 1 + \left(1 - \frac{2.2}{2.4}\right) \cdot 1 + \left(1 - \frac{2.3}{2.4}\right) \cdot 1 + \left(0 - \frac{2.1}{2.4}\right) \cdot 0 + \\ & + \left(0 - \frac{2.2}{2.4}\right) \cdot 1 + \left(1 - \frac{2.3}{2.4}\right) \cdot 1 + \dots + \left(1 - \frac{1.3}{2.4}\right) \cdot 0 + \left(0 - \frac{1.1}{2.4}\right) \cdot 1 \end{aligned} \right]$$

$$Q = \frac{1}{2.4} \left[\left(0 - \frac{4}{8}\right) \cdot 1 + \left(1 - \frac{4}{8}\right) \cdot 1 + \left(1 - \frac{6}{8}\right) \cdot 1 + \left(0 - \frac{2}{8}\right) \cdot 0 + \dots \right. \\ \left. + \left(0 - \frac{1}{8}\right) \cdot 1 \right]$$

$$Q = \frac{1}{8} \left[\left(-\frac{4}{8}\right) + \left(\frac{4}{8}\right) + \left(\frac{2}{8}\right) + 0 + \dots + \left(-\frac{7}{8}\right) \right] = -0,03125.$$

2.2 Kajian Integrasi Topik dengan Al-Quran/Hadits

Merujuk ada umumnya graf sering digunakan untuk merepresentasikan suatu objek serta hubungan antara satu objek dengan objek yang lain ataupun dengan dirinya sendiri. Pada dasarnya komponen yang ada pada graf berupa titik (simpul) sebagai objek dan sisi sebagai gambaran hubungannya. Jauh sebelum ilmu tentang hubungan ini muncul, Allah Swt telah menjelaskan dalam Al-Qur'an hubungan-hubungan manusia, antara lain yaitu hubungan antara manusia dengan Allah Swt, hubungan antara manusia dengan sesama dan hubungan antara manusia dengan alam. Berikut beberapa ayat yang menjelaskan hubungan tersebut:

وَمَا خَلَقْتُ الْجِنَّ وَالْإِنْسَ إِلَّا لِيَعْبُدُونِ

“Aku tidak menciptakan jin dan manusia melainkan agar mereka beribadah kepada-Ku” (QS. Az-Dzariyat 51: Ayat 56).

Ayat tersebut menjelaskan tentang hubungan antara manusia dengan Allah Swt. Jika hubungan manusia dengan Allah Swt adalah untuk ibadah, maka hubungan Allah Swt dengan manusia adalah aturan yaitu perintah dan larangan.

إِنَّمَا الْمُؤْمِنُونَ إِخْوَةٌ فَأَصْلِحُوا بَيْنَ أَخَوَيْكُمْ وَاتَّقُوا اللَّهَ لَعَلَّكُمْ تُرْحَمُونَ

“Sesungguhnya orang-orang mukmin itu bersaudara, karena itu damaikanlah antara kedua saudaramu (yang berselisih) dan bertakwalah kepada Allah agar kamu mendapat rahmat.”(QS. Al-Hujurat 49: Ayat 10)”

Berdasarkan ayat tersebut Al-Qur’an menjelaskan tentang hubungan manusia dengan sesama. Manusia pada hakikatnya adalah makhluk sosial yang tidak dapat hidup sendiri tanpa berhubungan dengan orang lain. Dalam ayat tersebut sangat dianjurkan agar sesama manusia dapat menjalin hubungan yang baik.

وَمَا خَلَقْنَا السَّمَاءَ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا بَاطِلًا ۗ ذَٰلِكَ ظَنُّ الَّذِينَ كَفَرُوا فَوَيْلٌ لِلَّذِينَ كَفَرُوا مِنَ النَّارِ ۗ

“Dan Kami tidak menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada di antara keduanya dengan sia-sia. Itu anggapan orang-orang kafir, maka celakalah orang-orang yang kafir itu karena mereka akan masuk neraka.” (QS. Sad 38: Ayat 27)

Ayat tersebut menjelaskan tentang hubungan manusia dengan alam. Telah dituliskan dengan jelas bahwa Allah Swt tidak menciptakan langit dan bumi dengan sia-sia, melainkan untuk melengkapi kehidupan di alam semesta, begitu pula manusia. Manusia diciptakan dan dipilih oleh Allah sebagai khalifah di bumi.

Hubungan antara manusia dengan Allah, manusia dengan manusia dan manusia dengan alam haruslah dilaksanakan dengan seimbang. Hubungan manusia dengan Allah tentunya untuk mendapatkan ridho-Nya dan untuk mendapatkan kebahagiaan di kehidupan akhirat karena itulah kehidupan yang abadi. Meskipun begitu, kita tidak boleh mengesampingkan kehidupan di dunia. Allah SWT berfirman *“Dan janganlah kamu melupakan kebahagiaanmu dari kenikmatan duniawi dan berbuat baiklah kepada orang lain sebagaimana Allah telah berbuat baik kepadamu”*. Meskipun kebahagiaan dan kenikmatan dunia bersifat sementara tetapi tetaplah penting, sebab dunia adalah ladangnya akhirat.

Allah SWT menciptakan dunia dan seisinya adalah untuk manusia sebagai sarana menuju akhirat. Allah juga telah menjadikan dunia sebagai tempat ujian bagi manusia, untuk mengetahui ketaatannya. Banyak manusia yang serakah, berambisi untuk mendapatkan kekayaan dengan mengabaikan perintah dan larangan-Nya. Maka haruslah manusia memperbaiki hubungannya dengan Allah untuk selalu mengingat perintah dan larangan-Nya agar tidak merugi di akhirat nantinya.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kualitatif. Penelitian kualitatif merupakan penelitian yang menghasilkan data deskriptif dari objek yang diamati. Penelitian kualitatif memiliki tujuan untuk memahami, mencari makna, dan menemukan kebenaran dari objek yang diteliti.

3.2 Pra Penelitian

Proses penelitian ini diawali dengan mengunduh data publikasi dari basis data *Scopus*. Pencarian data penelitian dibatasi dengan kata kunci “*topological index*” dari rentang tahun 2012-2022, meliputi artikel, makalah konferensi, bab buku dan makalah konferensi. Data tersebut diunduh kemudian membangun graf untuk mendapatkan gambaran awal relasi penelitian indeks topologi dari data penelitian indeks topologi sebanyak 2000 data.

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian untuk analisis *centrality* dan *modularity* pada graf untuk identifikasi relasi penelitian indeks topologi adalah sebagai berikut:

1. Mencari data bibliografi yang telah terindeks pada *scopus* dengan kata kunci “*topological index*” kemudian mengeksport data dalam bentuk .csv;
2. Memilih dan memilah data kata kunci yang sesuai dengan topik pembahasan;
3. Membangun graf dari 2000 data artikel yang sudah disiapkan;

4. Melakukan perhitungan untuk menentukan *centrality* meliputi *degree centrality*, *Eigenvector centrality*, *Betweenness centrality*, dan *closeness centrality* serta *modularity*;
5. Melakukan analisis terkait hasil yang diperoleh;
6. Menarik kesimpulan berdasarkan hasil yang diperoleh dari analisis data.

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Keterhubungan Kata Kunci Indeks Topologi

Hubungan dua kata kunci dalam penelitian dapat disimbolkan sebagai suatu graf $G = (V(G), E(G))$. Graf G dibangun melalui pasangan titik yaitu $v_i \in V(G)$ yang merepresentasikan kata kunci dengan memperhatikan judul dan abstrak pada penelitian. Sedangkan $e_{i,j} \in E(G)$ menyatakan bahwa v_i dan v_j bertetangga, yaitu apabila dua istilah v_i dan v_j terdapat dalam satu artikel.

Sebagai contoh pembentukan pola jaringan, diberikan satu artikel penelitian dengan judul “*A computational approach on acetaminophen drug using degree-based topological indices and m-polynomials*” yang ditulis oleh Sankarraman S.M. pada tahun 2022. Jaringan yang terbentuk diberikan batas jumlah minimum 1 dari kata kunci yang muncul dengan mempertimbangkan judul dan abstrak.

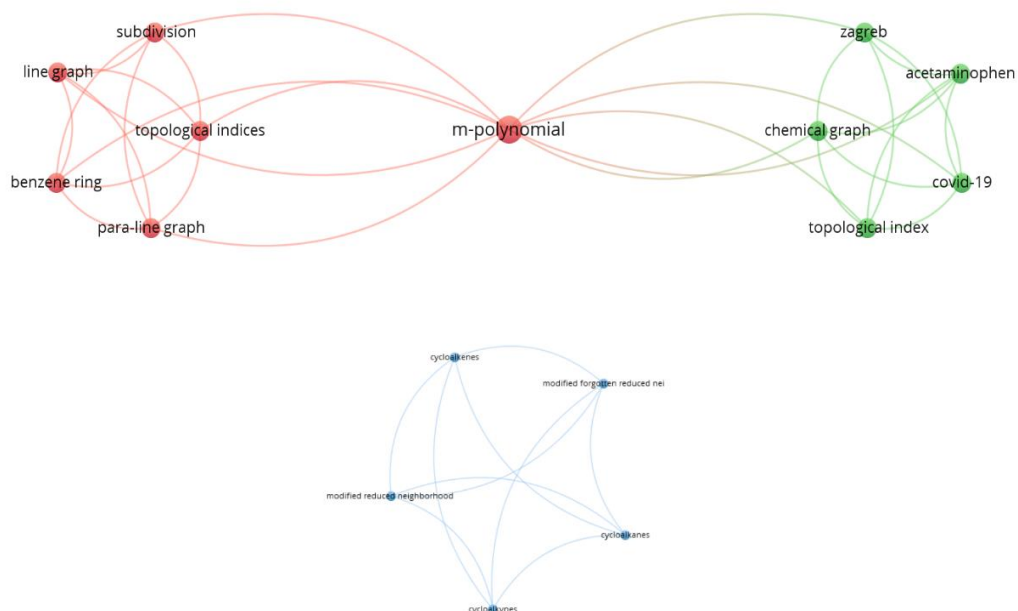


Gambar 4.1 Graf dari Satu Artikel

Pada Gambar 4.1 terlihat bahwa pada artikel tersebut memiliki enam kata kunci yaitu *Acetaminophen*, *Chemical graph*, *COVID-19*, *M-polynomial*, *Topological index* dan *Zagreb*. Keenam titik tersebut saling terhubung langsung

(bertetangga) antara satu titik dengan titik lainnya karena kata kunci tersebut berada dalam satu artikel.

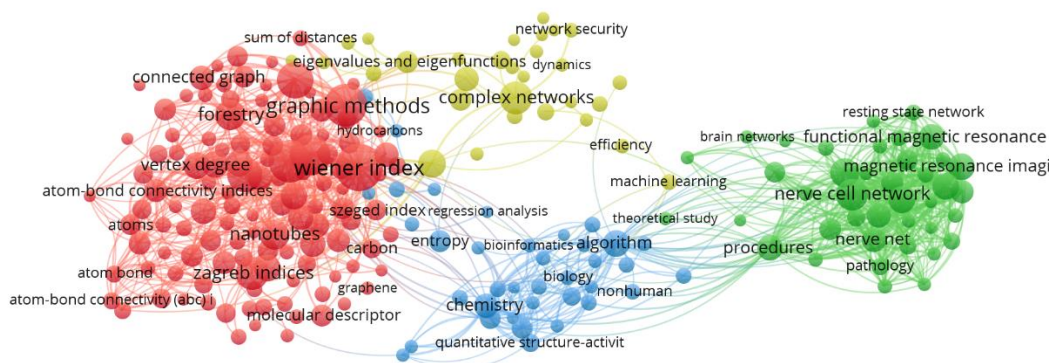
Sebagai contoh lain dalam membentuk pola jaringan ditambahkan data dari dua artikel lain yang ditulis pada tahun 2022. Artikel yang ditulis oleh Swamy N.N dkk dengan judul “*An algebraic approach to find some topological indices of derived graphs of the benzene ring*” dan artikel yang ditulis oleh Sophia Shalini G.B. dan Dhananjayamurthy B.V. dengan judul “*Modified reduced neighborhood topological indices of cycloalkanes, cycloalkenes, and cycloalkynes*”.



Gambar 4.2 Graf dari tiga Artikel

Dapat dilihat pada Gambar 4.2, graf yang terbentuk dibangun oleh 16 kata kunci sebagai titik dengan 60 sisi. Dua istilah yang berada pada artikel yang sama akan membentuk suatu sisi, sebaliknya dua istilah yang tidak pernah ada dalam artikel yang sama tidak membentuk suatu sisi.

Proses pembentukan pola jaringan tersebut dilakukan pada 2000 data artikel yang sudah didapatkan sehingga membentuk sebuah pola jaringan. Titik-titik dari



Gambar 4.4 Hasil Visualisasi Graf

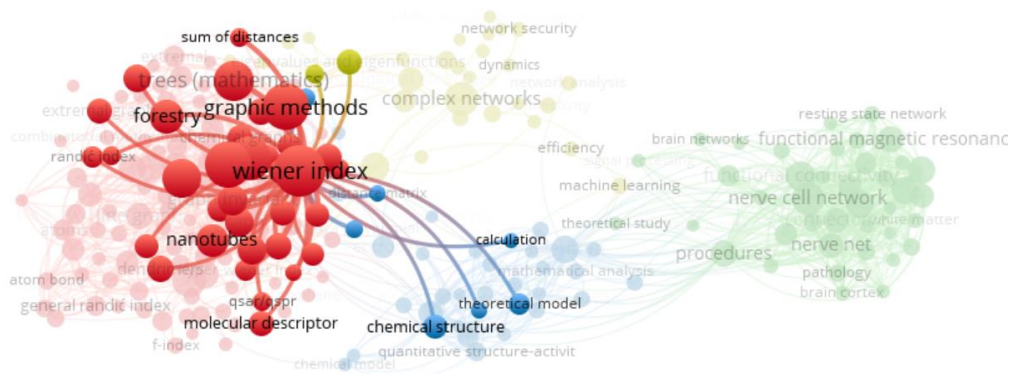
4.4.1 Degree Centrality

Degree Centrality adalah salah satu pengukuran dalam Social Network Analysis (SNA) yang digunakan untuk mengetahui seberapa penting suatu titik dalam suatu graf. Cara menentukan *degree centrality* suatu jaringan dapat dilihat dari besarnya derajat sebuah titik. Semakin besar nilai derajatnya, menunjukkan bahwa semakin penting pula kata tersebut dalam penelitian.

Degree centrality adalah ukuran yang mengukur seberapa banyak suatu karya dalam jaringan bibliografi terhubung dengan karya lainnya berdasarkan kata kunci yang digunakan. *Degree centrality* membantu mengidentifikasi kata kunci yang paling terkait atau memiliki hubungan yang kuat dengan kata kunci lain dalam jaringan. Hal ini dapat membantu mengidentifikasi artikel-artikel inti yang sering dikutip atau merujuk ke artikel-artikel lain, atau mengidentifikasi artikel-artikel yang paling relevan atau penting dalam konteks topik atau kata kunci yang sedang dipelajari. Semakin tinggi nilai *degree centrality* suatu titik, semakin banyak koneksi yang dimiliki oleh titik tersebut dalam jaringan.

Selain itu, analisis *degree centrality* juga dapat membantu mengidentifikasi subtopik atau konsep-konsep yang memiliki keterkaitan yang kuat dalam jaringan bibliografi berdasarkan kata kunci. Mengamati karya-karya dengan derajat tinggi

dapat membantu mengidentifikasi hubungan dan pola-pola dalam jaringan bibliografi, serta mengidentifikasi karya-karya yang berperan sentral dalam topik yang sedang dipelajari.



Gambar 4.5 Titik dengan *Degree Centrality* Tertinggi

Berdasarkan Gambar 4.5, *Wiener Index* adalah kata kunci dengan *Degree Centrality* tertinggi dengan nilai 130.

Tabel 4.1 Titik dengan Nilai *Degree Centrality* Tertinggi

| Ide | Titik | Derajat |
|------------|------------------------------|----------------|
| 8272 | <i>wiener indeks</i> | 130 |
| 4756 | <i>molecular structure</i> | 126 |
| 3312 | <i>graphic methods</i> | 120 |
| 1027 | <i>chemical graph theory</i> | 109 |
| 7868 | <i>trees (mathematics)</i> | 107 |
| 3222 | <i>graph invariant</i> | 97 |
| 176 | <i>Algorithm</i> | 95 |
| 1450 | <i>connectivity indices</i> | 94 |
| 1343 | <i>computation theory</i> | 92 |
| 2816 | <i>Forestry</i> | 88 |

Pada Tabel 4.1 ditampilkan 10 titik dengan nilai *Degree Centrality* tertinggi. Semakin besar nilai derajat dari suatu titik menunjukkan bahwa semakin penting pula kata kunci tersebut dalam penelitian.

Dalam tabel yang diberikan, derajat merupakan nilai yang menggambarkan jumlah koneksi yang dimiliki oleh setiap titik dalam jaringan bibliografi berdasarkan kata kunci yang dipertimbangkan. Titik-titik dengan derajat tertinggi menunjukkan karya-karya yang memiliki koneksi paling banyak dengan karya-karya lain dalam jaringan.

Titik-titik dengan derajat tinggi dalam tabel menandakan topik yang memiliki keterhubungan yang kuat dengan topik lain dalam jaringan bibliografi berdasarkan kata kunci yang dipilih. Hal ini bisa mengindikasikan beberapa hal berikut:

1. Topik-topik dengan derajat tinggi mungkin merupakan topik-topik penting atau berpengaruh dalam topik yang sedang dipelajari. Topik-topik tersebut memiliki banyak koneksi dengan topik-topik lain, menunjukkan keberadaannya sebagai sumber referensi yang signifikan.
2. Titik-titik dengan derajat tinggi dapat menjadi acuan untuk memperluas pemahaman tentang topik tertentu. Topik-topik ini memiliki hubungan yang kuat dengan topik-topik lain, sehingga melibatkan mereka dalam analisis ini dapat membantu dalam menemukan literatur tambahan yang relevan.

Derajat yang tinggi juga dapat menunjukkan popularitas atau kepentingan suatu topik dalam jaringan bibliografi. Jika banyak topik yang berhubungan dengan

topik tertentu, ini dapat menunjukkan bahwa topik tersebut menjadi fokus perhatian atau penelitian yang signifikan.

4.4.2 *Eigenvector Centrality*

Eigenvector Centrality diperlukan untuk melihat seberapa berpengaruhnya suatu titik dengan mempertimbangkan bobot tinggi pada titik yang terhubung dengan titik lain yang memiliki sentralitas tinggi. Berikut pada gambar 4.3 adalah 10 titik yang memiliki nilai *Eigenvector Centrality* tertinggi.

Wiener Index adalah titik dengan nilai *Eigenvector Centrality* tertinggi yaitu sebesar 0,966. Pada tabel 4.2 ditampilkan 10 titik dengan nilai *Eigenvector Centrality* tertinggi.

Tabel 4.2 Titik dengan Nilai *Eigenvector Centrality* Tertinggi

| Id | Titik | <i>Eigenvector Centrality</i> |
|-----------|------------------------------|--------------------------------------|
| 8272 | <i>wiener indeks</i> | 0.96630598 |
| 4756 | <i>molecular structure</i> | 0.94799435 |
| 3312 | <i>graphic methods</i> | 0.84943073 |
| 1027 | <i>chemical graph theory</i> | 0.84313764 |
| 7868 | <i>trees (mathematics)</i> | 0.78328863 |
| 3222 | <i>graph invariant</i> | 0.75708182 |
| 1450 | <i>connectivity indices</i> | 0.73866663 |
| 1343 | <i>computation theory</i> | 0.7254775 |
| 4720 | <i>molecular descriptors</i> | 0.70294054 |
| 2816 | <i>Forestry</i> | 0.68876204 |

Analisis hasil *eigenvector centrality* dapat memberikan gambaran tentang peran sentral atau pentingnya titik-titik dalam jaringan berdasarkan hubungan mereka dengan titik-titik lain. Berikut adalah beberapa hal yang dapat disimpulkan dari tabel 4.2:

1. Titik dengan *eigenvector centrality* tertinggi menunjukkan karya-karya yang memiliki pengaruh yang signifikan dalam jaringan berdasarkan metode ini. Karya-karya ini memiliki hubungan yang kuat dengan titik-titik lain yang juga memiliki *eigenvector centrality* tinggi.
2. *Eigenvector centrality* memperhitungkan kualitas hubungan (yaitu, pentingnya titik-titik yang terhubung) selain jumlah hubungan itu sendiri. Oleh karena itu, nilai *eigenvector centrality* yang tinggi menunjukkan bahwa titik tersebut terhubung dengan titik-titik yang penting atau berpengaruh dalam jaringan.
3. Analisis *eigenvector centrality* dapat membantu mengidentifikasi titik-titik yang berperan sentral dalam jaringan bibliografi. Titik-titik ini dapat menjadi fokus penelitian, topik yang paling terkait, atau sumber referensi yang signifikan dalam konteks kata kunci atau topik yang dipilih.
4. Peringkat titik-titik berdasarkan *eigenvector centrality* dapat memberikan panduan tentang pentingnya konsep-konsep atau topik-topik tertentu dalam jaringan bibliografi. Konsep-konsep yang memiliki *eigenvector centrality* tinggi menunjukkan keberadaan yang signifikan dalam jaringan bibliografi dan mungkin memiliki dampak yang lebih besar dalam pemahaman topik yang sedang dipelajari.

Data yang diperoleh pada Tabel 4.2 ditemukan bahwa titik dengan nilai *eigenvector centrality* tinggi akan bertetangga dengan titik lain yang juga memiliki *eigenvector centrality* tinggi pula. Kesepuluh kata kunci dengan nilai *eigenvector centrality* tertinggi tersebut berada dalam satu klaster yang sama yaitu berada pada klaster 1.

4.4.3 *Betweenness Centrality*

Titik pada jalur terpendek antara sejumlah pasangan titik adalah titik yang memiliki *betweenness centrality* tinggi. Titik yang memiliki nilai *betweenness centrality* tertinggi adalah “*molecular graphs*” yaitu sebesar 0,0411. Berikut adalah 10 titik yang memiliki nilai *betweenness centrality*.

Tabel 4.3 Titik dengan Nilai *Betweenness Centrality* Tertinggi

| Id | Titik | <i>Betweenness Centrality</i> |
|-----------|------------------------|--------------------------------------|
| 4733 | molecular graphs | 0.041111739 |
| 3312 | graphic methods | 0.036468299 |
| 176 | Algorithm | 0.032999762 |
| 7711 | topological properties | 0.032483874 |
| 8272 | wiener index | 0.031466583 |
| 4756 | molecular structure | 0.030460038 |
| 1318 | complex networks | 0.02794659 |
| 7868 | trees (mathematics) | 0.027737224 |
| 1343 | computation theory | 0.019149436 |
| 1027 | chemical graph theory | 0.018208108 |

Betweenness centrality adalah ukuran yang digunakan dalam analisis jaringan untuk mengukur sejauh mana suatu titik menjadi jembatan atau penghubung penting antara titik-titik lain dalam jaringan. Nilai *betweenness centrality* untuk setiap titik dalam Tabel 4.3 mengindikasikan seberapa sering titik tersebut berada di jalur terpendek antara pasangan titik lain dalam jaringan.

Analisis hasil *betweenness centrality* dapat memberikan wawasan tentang peran penghubung atau pentingnya suatu titik dalam menghubungkan titik-titik lain dalam jaringan. Berikut adalah beberapa hal yang dapat disimpulkan dari tabel tersebut:

1. Titik-titik dengan *betweenness centrality* tertinggi adalah titik-titik yang berperan penting dalam menghubungkan bagian-bagian yang berbeda dalam jaringan. Titik-titik tersebut sering menjadi jembatan atau penghubung yang harus dilalui oleh jalur terpendek antara pasangan titik lain dalam jaringan.
2. *Betweenness centrality* mengidentifikasi titik-titik yang memiliki pengaruh besar dalam mengendalikan arus informasi atau koneksi antara titik-titik lain. Titik-titik dengan *betweenness centrality* tinggi dapat berperan sebagai penghubung utama dalam penyebaran pengetahuan atau transfer informasi dalam jaringan bibliografi.
3. Analisis *betweenness centrality* membantu mengidentifikasi titik-titik yang berperan sentral dalam menghubungkan topik atau konsep-konsep dalam jaringan bibliografi. Titik-titik ini menjadi fokus penelitian yang mempelajari interaksi antara topik yang berbeda atau memiliki dampak dalam memahami hubungan antara konsep-konsep tersebut.
4. Peringkat titik-titik berdasarkan *betweenness centrality* dapat memberikan panduan tentang titik-titik yang paling penting dalam aliran informasi atau pengetahuan dalam jaringan bibliografi. Titik-titik dengan *betweenness centrality* tinggi sering kali menjadi tempat peralihan pengetahuan dan memiliki peran yang signifikan dalam mempengaruhi penyebaran atau pertukaran ide dalam konteks kata kunci atau topik yang dipilih.

Peran utama dari *betweenness centrality* dalam graf yang terbentuk adalah sebagai jembatan antar *cluster* penelitian. Dalam hal ini kluster penelitian yang diperoleh terbagi menjadi beberapa disiplin ilmu. Penjelasan lebih lanjut mengenai

cluster dijelaskan pada bagian 4.4.5. Berikut dalam penelitian ini ditemukan kata kunci:

1. *molecular graphs*: merupakan kata yang erat kaitannya dalam bidang kimia dan komputasi kimia.
2. *Graphic methods*: merupakan kata yang sering digunakan dalam pengembangan teknik visualisasi data dan informasi menggunakan grafik dan visual.
3. *Wiener index*: merupakan salah satu parameter yang digunakan dalam struktur graf khususnya dalam teori graf kimia.
4. *Computation theory*: merupakan kata yang sangat aktif digunakan dalam penting dalam ilmu computer.

4.4.4 Closeness Centrality

Closeness centrality akan menghitung bobot *centrality* sebuah titik berdasarkan jumlah jarak terpendek antara titik *i* dengan titik yang lainnya, digunakan untuk melihat kedekatan sebuah titik dengan titik lain di dalam jaringan. Titik dengan nilai *closeness centrality* tertinggi adalah “*molecular graphs*”. Pada Tabel 4.4 berikut adalah 10 titik dengan nilai *closeness centrality* tertinggi.

Tabel 4.4 Titik dengan Nilai *Closeness Centrality* Tertinggi

| Id | Titik | <i>Closeness Centrality</i> |
|-----------|------------------------------|------------------------------------|
| 4733 | <i>molecular graphs</i> | 0.72491909 |
| 8272 | <i>wiener indeks</i> | 0.70440252 |
| 4756 | <i>molecular structure</i> | 0.69565217 |
| 3312 | <i>graphic methods</i> | 0.68292683 |
| 1027 | <i>chemical graph theory</i> | 0.65882353 |
| 7868 | <i>trees (mathematics)</i> | 0.6568915 |
| 176 | <i>Algorithm</i> | 0.63456091 |

| | | |
|------|---------------------------|------------|
| 3222 | <i>graph invariant</i> | 0.63276836 |
| 1343 | <i>computation theory</i> | 0.62921348 |
| 2816 | <i>Forestry</i> | 0.62222222 |

Analisis hasil *closeness centrality* memberikan wawasan tentang sejauh mana suatu titik terhubung dengan titik-titik lain dalam jaringan dan seberapa efisien komunikasi atau penyebaran informasi antara titik tersebut dengan titik-titik lain. Berikut adalah beberapa hal yang dapat disimpulkan dari tabel tersebut:

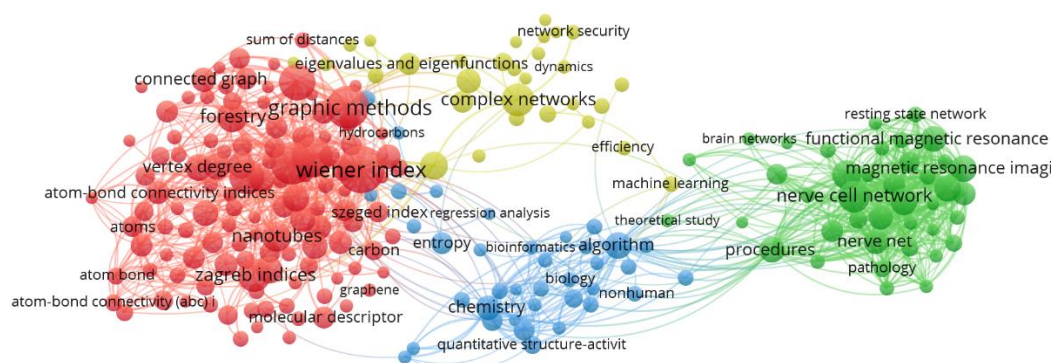
1. Titik-titik dengan *closeness centrality* tertinggi adalah titik-titik yang paling dekat secara keseluruhan dengan titik-titik lain dalam jaringan bibliografi. Mereka memiliki jarak terpendek rata-rata ke titik-titik lain, sehingga dapat diakses dengan cepat dalam hal penyebaran informasi atau transfer pengetahuan.
2. *Closeness centrality* mengukur seberapa efisien suatu titik dalam mengakses informasi atau berkomunikasi dengan titik-titik lain dalam jaringan. Titik-titik dengan *closeness centrality* tinggi mungkin berperan penting dalam aliran informasi, pertukaran ide, atau penyebaran pengetahuan dalam konteks kata kunci atau topik yang sedang dipelajari.
3. Analisis *closeness centrality* dapat membantu mengidentifikasi titik-titik yang berperan sentral dalam menyatukan konsep-konsep atau topik-topik dalam jaringan bibliografi. Titik-titik ini mungkin berfungsi sebagai pusat penting dalam aliran informasi, menghubungkan berbagai bagian atau subtopik dalam jaringan.

4. Peringkat titik-titik berdasarkan *closeness centrality* dapat memberikan panduan tentang titik-titik yang paling efisien dalam hal komunikasi atau akses informasi dalam jaringan bibliografi. Titik-titik dengan *closeness centrality* tinggi dapat menjadi fokus penelitian yang memeriksa seberapa cepat dan efisien informasi dapat tersebar atau diakses dalam konteks kata kunci atau topik yang dipilih.

4.4.5 *Modularity*

Semakin tinggi nilai *modularity* maka lebih jelas jaringan yang akan terbentuk. Setiap jaringan yang didapatkan dapat dianggap sebagai komunitas yang berbeda sehingga akan lebih spesifikasi pada setiap komunitas. Berdasarkan Newman & Girvan, nilai *modularity* tersebut termasuk jaringan dengan struktur komunitas yang baik karena berada dalam kisaran 0,3 sampai 0,7. Rentang tersebut mengindikasikan bahwa dalam jaringan terdapat pembagian yang efektif menjadi kelompok-kelompok atau komunitas-komunitas yang memiliki hubungan yang kuat secara internal, dan terdapat tingkat isolasi yang signifikan antara kelompok-kelompok tersebut.

Nilai *modularity* yang didapatkan pada penelitian ini yaitu 0,467, artinya menggambarkan adanya struktur komunitas yang sangat kuat dalam jaringan. Simpul-simpul dalam kelompok saling terhubung erat, sementara ada keterpisahan yang jelas antara kelompok-kelompok tersebut. Kelompok tersebut biasa disebut dengan *cluster*. Hasil yang diperoleh, terdapat 4 *cluster* yang digambarkan dengan warna yang berbeda yaitu merah, kuning, hijau dan biru.



Gambar 4.6 Visualisasi Graf dengan 4 *Cluster*

Pada Gambar 4.6 terlihat bahwa ada 4 *cluster* yang berbeda. Masing-masing warna yang terbentuk dapat mewakili bidang pengetahuan dalam penelitian. *Cluster* 1 dengan warna merah mayoritas kata kunci yang sering digunakan dalam bidang graf kimia dan matematika. *Cluster* 2 dengan warna hijau sering dijumpai pada bidang biologi umum. *Cluster* 3 dengan warna biru dibidang matematika dan kimia. *Cluster* 4 dengan warna kuning sering dijumpai dalam penelitian di bidang ilmu komputer dan fisika.

Pengelompokan *cluster* pada jaringan adalah untuk mengidentifikasi komunitas atau kelompok-kelompok yang saling terkait atau memiliki karakteristik yang mirip dalam jaringan. Melalui pengelompokan *cluster*, kita dapat memperoleh pemahaman tentang struktur internal jaringan, identifikasi titik pusat dalam setiap *cluster*, serta melihat pola komunitas atau kelompok-kelompok yang ada dalam jaringan. Hal ini dapat memberikan wawasan tentang hubungan, pola, dan interaksi dalam jaringan yang mungkin tidak terlihat secara langsung. Pada Tabel 4.5 disajikan kata kunci pada penelitian beserta *cluster*-nya.

Tabel 4.5 Kata Kunci dengan *Cluster*

| Id | Titik | <i>Cluster</i> |
|-----------|--------------------|-----------------------|
| 70 | <i>abc indices</i> | 1 |

| | | |
|------|--|---|
| 417 | <i>atom bond</i> | 1 |
| 427 | <i>atom-bond connectivity (abc) indeks</i> | 1 |
| 429 | <i>atom-bond connectivity indeks</i> | 1 |
| 430 | <i>atom-bond connectivity indices</i> | 1 |
| 438 | <i>Atoms</i> | 1 |
| 461 | <i>augmented zagreb indeks</i> | 1 |
| 519 | <i>balaban indeks</i> | 1 |
| 581 | <i>benzenoid hydrocarbons</i> | 1 |
| 630 | <i>Bioactivity</i> | 1 |
| 710 | <i>bond strength (chemical)</i> | 1 |
| 873 | <i>Carbon</i> | 1 |
| 882 | <i>carbon nanocones</i> | 1 |
| 892 | <i>carbon nanotubes</i> | 1 |
| 912 | <i>cartesian product</i> | 1 |
| 986 | <i>Chains</i> | 1 |
| 1008 | <i>chemical analysis</i> | 1 |
| 1018 | <i>chemical compounds</i> | 1 |
| 1028 | <i>chemical graphs</i> | 1 |
| 1027 | <i>chemical graph theory</i> | 1 |
| 1046 | <i>chemical stability</i> | 1 |
| 1242 | <i>combinatorial mathematics</i> | 1 |
| 1303 | <i>complete graphs</i> | 1 |
| 1349 | <i>computational chemistry</i> | 1 |
| 1343 | <i>computation theory</i> | 1 |
| 1436 | <i>connected graph</i> | 1 |
| 1450 | <i>connectivity indices</i> | 1 |
| 1588 | <i>covid-19</i> | 1 |
| 1670 | <i>cut method</i> | 1 |

| | | |
|------|---|---|
| 1779 | <i>Degree</i> | 1 |
| 1813 | <i>degree-based topological indeks</i> | 1 |
| 1814 | <i>degree-based topological indices</i> | 1 |
| 1790 | <i>degree distance indeks</i> | 1 |
| 1801 | <i>degree sequence</i> | 1 |
| 1842 | <i>Dendrimers</i> | 1 |
| 1856 | <i>Descriptors</i> | 1 |
| 1890 | <i>Diameter</i> | 1 |
| 2009 | <i>distance-based</i> | 1 |
| 2197 | <i>eccentric connectivity indeks</i> | 1 |
| 2198 | <i>eccentric connectivity indices</i> | 1 |
| 2211 | <i>Eccentricity</i> | 1 |
| 2284 | <i>edge-sets</i> | 1 |
| 2382 | <i>electron energy levels</i> | 1 |
| 2545 | <i>ev-degree</i> | 1 |
| 2558 | <i>exact formulas</i> | 1 |
| 2609 | <i>Extremal</i> | 1 |
| 2612 | <i>extremal graph</i> | 1 |
| 2634 | <i>f-indeks</i> | 1 |
| 2753 | <i>first zagreb indeks</i> | 1 |
| 2754 | <i>first zagreb indices</i> | 1 |
| 2816 | <i>Forestry</i> | 1 |
| 2820 | <i>forgotten indeks</i> | 1 |
| 2823 | <i>forgotten topological indeks</i> | 1 |
| 2880 | <i>Fullerenes</i> | 1 |
| 3016 | <i>general randić indeks</i> | 1 |
| 3019 | <i>general sum-connectivity indeks</i> | 1 |
| 3111 | <i>geometric-arithmetic (ga) indeks</i> | 1 |

| | | |
|------|------------------------------------|---|
| 3101 | <i>geometric arithmetic indeks</i> | 1 |
| 3115 | <i>geometric-arithmetic indeks</i> | 1 |
| 3123 | <i>Geometry</i> | 1 |
| 3169 | <i>Graph</i> | 1 |
| 3305 | <i>Graphene</i> | 1 |
| 3312 | <i>graphic methods</i> | 1 |
| 3222 | <i>graph invariant</i> | 1 |
| 3243 | <i>graph operations</i> | 1 |
| 3268 | <i>graph structures</i> | 1 |
| 3390 | <i>harmonic indeks</i> | 1 |
| 3610 | <i>Hydrocarbons</i> | 1 |
| 3638 | <i>hyper-wiener indeks</i> | 1 |
| 3642 | <i>hyper-zagreb indeks</i> | 1 |
| 3969 | <i>irregularity indices</i> | 1 |
| 3987 | <i>Isomers</i> | 1 |
| 4209 | <i>line graph</i> | 1 |
| 4410 | <i>mathematical chemistry</i> | 1 |
| 4427 | <i>mathematical techniques</i> | 1 |
| 4719 | <i>molecular descriptor</i> | 1 |
| 4720 | <i>molecular descriptors</i> | 1 |
| 4733 | <i>molecular graphs</i> | 1 |
| 4756 | <i>molecular structure</i> | 1 |
| 4771 | <i>Molecules</i> | 1 |
| 4804 | <i>mostar indeks</i> | 1 |
| 4326 | <i>m-polynomial</i> | 1 |
| 4959 | <i>Nanostructures</i> | 1 |
| 4969 | <i>Nanotubes</i> | 1 |
| 5301 | <i>numerical parameters</i> | 1 |

| | | |
|------|--|---|
| 5346 | <i>omega polynomial</i> | 1 |
| 5718 | <i>physicochemical properties</i> | 1 |
| 5719 | <i>physicochemical property</i> | 1 |
| 5728 | <i>pi indeks</i> | 1 |
| 5778 | <i>polycyclic aromatic hydrocarbons</i> | 1 |
| 5809 | <i>Polynomials</i> | 1 |
| 6097 | <i>qsar/qspr</i> | 1 |
| 6145 | <i>quantitative structure-activity relationships</i> | 1 |
| 6219 | <i>randic indeks</i> | 1 |
| 6221 | <i>randić indeks</i> | 1 |
| 6610 | <i>sanskriti indeks</i> | 1 |
| 6678 | <i>second zagreb indeks</i> | 1 |
| 6679 | <i>second zagreb indices</i> | 1 |
| 6747 | <i>set theory</i> | 1 |
| 6810 | <i>silicate network</i> | 1 |
| 6929 | <i>sombor indeks</i> | 1 |
| 7129 | <i>strain energi</i> | 1 |
| 7247 | <i>subdivision graph</i> | 1 |
| 7296 | <i>sum-connectivity indeks</i> | 1 |
| 7292 | <i>sum of distances</i> | 1 |
| 7404 | <i>szeged indeks</i> | 1 |
| 7510 | <i>theoretical chemistry</i> | 1 |
| 7607 | <i>titanium dioxide</i> | 1 |
| 7650 | <i>topological descriptors</i> | 1 |
| 7686 | <i>topological invariants</i> | 1 |
| 7868 | <i>trees (mathematics)</i> | 1 |
| 7971 | <i>unicyclic graph</i> | 1 |
| 8105 | <i>vertex degree</i> | 1 |

| | | |
|------|--|---|
| 8123 | <i>vertex-degree-based topological index</i> | 1 |
| 8272 | <i>wiener indeks</i> | 1 |
| 8332 | <i>zagreb indices</i> | 1 |
| 8339 | <i>zagreb polynomials</i> | 1 |
| 8343 | <i>zagreb type indices</i> | 1 |
| 134 | <i>Adolescent</i> | 2 |
| 648 | <i>biological model</i> | 2 |
| 748 | <i>brain cortex</i> | 2 |
| 755 | <i>brain function</i> | 2 |
| 764 | <i>brain mapping</i> | 2 |
| 767 | <i>brain network</i> | 2 |
| 771 | <i>brain networks</i> | 2 |
| 774 | <i>brain region</i> | 2 |
| 973 | <i>cerebral cortex</i> | 2 |
| 1282 | <i>comparative study</i> | 2 |
| 1453 | <i>Connectome</i> | 2 |
| 1771 | <i>default mode network</i> | 2 |
| 1886 | <i>diagnostic imaging</i> | 2 |
| 1918 | <i>diffusion tensor imaging</i> | 2 |
| 1969 | <i>disease severity</i> | 2 |
| 2370 | <i>Electroencephalogram</i> | 2 |
| 2373 | <i>Electroencephalography</i> | 2 |
| 2891 | <i>functional connectivity</i> | 2 |
| 2897 | <i>functional magnetic resonance imaging</i> | 2 |
| 3271 | <i>graph theoretical analysis</i> | 2 |
| 3593 | <i>human experiment</i> | 2 |
| 3679 | <i>image processing, computer-assisted</i> | 2 |
| 4349 | <i>magnetic resonance imaging</i> | 2 |

| | | |
|------|---|---|
| 4355 | <i>major clinical study</i> | 2 |
| 5041 | <i>nerve cell network</i> | 2 |
| 5045 | <i>nerve net</i> | 2 |
| 5047 | <i>nerve tract</i> | 2 |
| 5124 | <i>neural pathways</i> | 2 |
| 5135 | <i>Neuroimaging</i> | 2 |
| 5154 | <i>neuropsychological test</i> | 2 |
| 5267 | <i>nuclear magnetic resonance imaging</i> | 2 |
| 5585 | <i>Pathology</i> | 2 |
| 5586 | <i>Pathophysiology</i> | 2 |
| 5724 | <i>Physiology</i> | 2 |
| 5956 | <i>Procedures</i> | 2 |
| 6466 | <i>resting state network</i> | 2 |
| 6751 | <i>severity of illness indeks</i> | 2 |
| 6795 | <i>signal processing</i> | 2 |
| 7521 | <i>theoretical study</i> | 2 |
| 8262 | <i>white matter</i> | 2 |
| 125 | <i>adjacency matrices</i> | 3 |
| 126 | <i>adjacency matrix</i> | 3 |
| 176 | <i>Algorithm</i> | 3 |
| 220 | <i>amino acid sequence</i> | 3 |
| 639 | <i>Bioinformatics</i> | 3 |
| 660 | <i>Biology</i> | 3 |
| 844 | <i>Calculation</i> | 3 |
| 1034 | <i>chemical model</i> | 3 |
| 1047 | <i>chemical structure</i> | 3 |
| 1059 | <i>Chemistry</i> | 3 |
| 1347 | <i>computational biology</i> | 3 |

| | | |
|------|---|---|
| 1381 | <i>computer graphics</i> | 3 |
| 2001 | <i>distance matrix</i> | 3 |
| 2111 | <i>drug design</i> | 3 |
| 2474 | <i>Entropy</i> | 3 |
| 3574 | <i>hosoya indeks</i> | 3 |
| 3576 | <i>hosoya polynomial</i> | 3 |
| 3821 | <i>information theory</i> | 3 |
| 4406 | <i>mathematical analysis</i> | 3 |
| 4412 | <i>mathematical computing</i> | 3 |
| 4416 | <i>mathematical model</i> | 3 |
| 4420 | <i>mathematical parameters</i> | 3 |
| 4538 | <i>Metabolism</i> | 3 |
| 4671 | <i>models, chemical</i> | 3 |
| 4676 | <i>models, theoretical</i> | 3 |
| 5226 | <i>Nonhuman</i> | 3 |
| 5701 | <i>physical chemistry</i> | 3 |
| 5903 | <i>Prediction</i> | 3 |
| 6038 | <i>Proteins</i> | 3 |
| 6089 | <i>Qsar</i> | 3 |
| 6102 | <i>Qspr</i> | 3 |
| 6134 | <i>quantitative structure activity relation</i> | 3 |
| 6141 | <i>quantitative structure-activity relationship</i> | 3 |
| 6137 | <i>quantitative structure property relation</i> | 3 |
| 6372 | <i>regression analysis</i> | 3 |
| 7515 | <i>theoretical model</i> | 3 |
| 7960 | <i>unclassified drug</i> | 3 |
| 1175 | <i>clustering algorithms</i> | 4 |
| 1176 | <i>clustering coefficient</i> | 4 |

| | | |
|------|---|---|
| 1262 | <i>community detection</i> | 4 |
| 1318 | <i>complex networks</i> | 4 |
| 1445 | <i>Connectivity</i> | 4 |
| 1551 | <i>correlation coefficient</i> | 4 |
| 1942 | <i>directed graphs</i> | 4 |
| 2178 | <i>Dynamics</i> | 4 |
| 2309 | <i>Efficiency</i> | 4 |
| 2318 | <i>Eigenvalues</i> | 4 |
| 2319 | <i>eigenvalues and eigenfunctions</i> | 4 |
| 2350 | <i>electric power transmission networks</i> | 4 |
| 2782 | <i>flow graphs</i> | 4 |
| 2811 | <i>Forecasting</i> | 4 |
| 3171 | <i>graph algorithms</i> | 4 |
| 3210 | <i>graph energi</i> | 4 |
| 4071 | <i>kirchhoff indeks</i> | 4 |
| 4120 | <i>laplace transforms</i> | 4 |
| 4249 | <i>link prediction</i> | 4 |
| 4332 | <i>machine learning</i> | 4 |
| 4440 | <i>matrix algebra</i> | 4 |
| 5054 | <i>network analysis</i> | 4 |
| 5099 | <i>network security</i> | 4 |
| 5400 | <i>Optimization</i> | 4 |
| 6903 | <i>social networking (online)</i> | 4 |
| 7638 | <i>topological characteristics</i> | 4 |
| 7660 | <i>topological features</i> | 4 |
| 7711 | <i>topological properties</i> | 4 |
| 7727 | <i>topological structure</i> | 4 |
| 8193 | <i>Vulnerability</i> | 4 |

4.3 Kajian Agama berkaitan dengan Implementasi Graf

Sebagai umat Islam menuntut ilmu adalah kewajiban. Ilmu pengetahuan harus dikembangkan seluas-luasnya dalam berbagai bidang. Pada hakikatnya ilmu pengetahuan lahir karena hasrat ingin tahu dalam diri manusia, maka dari itu ilmu yang dikaji pasti selalu memiliki keterkaitan dengan ilmu pengetahuan sebelumnya. Dalam mengembangkan kebaruan ilmu tentunya dibutuhkan suatu keterkaitan atau hubungan antara ilmu satu dengan lainnya.

Integrasi antara teori graf dengan agama Islam dapat dilakukan dengan memperluas pemahaman dan aplikasi prinsip-prinsip graf ke dalam konteks ajaran dan praktek agama Islam. Teori graf merupakan cabang matematika yang mempelajari hubungan antara objek-objek yang disebut sebagai simpul (*node*) dan sambungan antara simpul-simpul tersebut yang disebut sebagai tepi (*edge*). Dalam agama Islam, konsep graf dapat dihubungkan dengan beberapa aspek, seperti berikut:

1. Hubungan Antar individu: Teori graf dapat diterapkan dalam pemahaman hubungan antar individu dalam masyarakat Muslim. Setiap individu dapat diwakili sebagai simpul, sementara hubungan antara individu-individu tersebut dapat diwakili sebagai tepi. Graf dapat digunakan untuk menganalisis dan memodelkan interaksi sosial, saling ketergantungan, dan jaringan sosial dalam komunitas Muslim. Hal ini dapat membantu dalam pemahaman tentang kekuatan dan kelemahan interaksi sosial serta mempromosikan solidaritas dan kerja sama di antara umat Muslim.
2. Tafsir Al-Quran: Teori graf dapat digunakan untuk menganalisis dan memvisualisasikan hubungan antara ayat-ayat Al-Quran. Setiap ayat dapat

diwakili sebagai simpul, sementara hubungan antarayat seperti referensi, tema, atau konsep yang sama dapat diwakili sebagai tepi. Dengan menggunakan alat analisis graf, tafsir Al-Quran dapat diperkaya dengan visualisasi yang membantu memahami hubungan dan konteks antarayat dalam Al-Quran.

3. Penyebaran Ilmu dan Dakwah: Teori graf dapat digunakan untuk menganalisis dan memodelkan jaringan penyebaran ilmu dan dakwah dalam agama Islam. Aktivitas dakwah dan penyebaran ilmu sering melibatkan hubungan antara tokoh agama, ulama, dan jamaah. Graf dapat digunakan untuk memetakan jaringan ini, mengidentifikasi pengaruh dan interaksi antara individu-individu tersebut, serta mengidentifikasi jalur penyebaran informasi atau pengetahuan dalam masyarakat Muslim.
4. Keuangan dan Ekonomi Islam: Konsep teori graf juga dapat diterapkan dalam keuangan dan ekonomi Islam. Misalnya, dalam analisis investasi, graf dapat digunakan untuk memodelkan hubungan antara berbagai entitas, seperti investor, perusahaan, produk keuangan, dan sektor-sektor ekonomi yang terkait. Dengan memahami hubungan dan keterkaitan ini, dapat dibantu dalam mengambil keputusan investasi yang sesuai dengan prinsip-prinsip ekonomi Islam.

Integrasi teori graf dengan agama Islam dapat membantu umat Muslim dalam memahami dan menganalisis berbagai aspek kehidupan sosial, spiritual, dan ekonomi sesuai dengan ajaran Islam. Hal ini memungkinkan untuk menggabungkan pemahaman matematika dengan ajaran agama untuk mencapai pemahaman yang lebih holistik dan aplikatif.

Dalam mengintegrasikan teori graf dengan agama Islam, pendekatan holistik bertujuan untuk memahami secara menyeluruh hubungan dan keterkaitan antara konsep graf dan ajaran Islam, sehingga memberikan pemahaman yang jelas. Sementara itu, pendekatan aplikatif berfokus pada penerapan konsep-konsep graf dalam praktik keagamaan, sosial, atau ekonomi dalam kehidupan sehari-hari umat Muslim, sehingga memberikan manfaat yang konkret dan relevan.

Pada kajian 2.2 telah dijelaskan bahwa hubungan yang dimaksud meliputi hubungan manusia dengan Allah SWT, manusia dengan manusia, dan manusia dengan alam. Manusia akan lebih mudah dalam menarik hubungan-hubungan antara ilmu satu dengan lainnya dengan menggunakan representasi dari graf, yaitu dengan cara memetakan dan menarik hubungan dari suatu ilmu tersebut. Pada dasarnya hubungan manusia dengan Allah tentunya untuk mendapatkan ridho-Nya dan untuk mendapatkan kebahagiaan di kehidupan akhirat karena itulah kehidupan yang abadi. Meskipun begitu, kita tidak boleh mengesampingkan kehidupan di dunia. Semua dilaksanakan semata-mata untuk mendekatkan diri kepada Allah SWT.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdusakir, Nilna N.A, Fifi. (2009). *Teori Graf*. Malang:UIN Malang Press.
- Abdussakir. (2007). *Ketika Kyai Mengajar Matematika*. Malang: UIN Malang Press.
- Alamsyah, A., Kuspriyanto, Rahadjo, B., Priyana, Y. (2017). *Strategi Pemilihan Sampel Graf pada Jejaring Sosial Skala Besar untuk Reduksi Proses Perhitungan Metrik Betweenness Centrality*, Disertasi Program Doktor, Institut Teknologi Bandung.
- Al-Quran dan Terjemahan. Kementerian RI.
- Budayasa, I. K. (2007). *Teori Graph dan Aplikasinya*. Surabaya: Unesa University Press.
- Chartrand, G. & Lesniak, L. (1986). *Graph and Digraph 2nd Edition*. California: Wadsworth, Inc.
- Cheliotis, Giorgos. (2010). *Social Network Analisis (SNA)*. [online]. <https://www.dropbox.com/home/Untuk%20Skripsi/SNA>.
- Devillers, J., Domine, D., Guillon, C., Bintein, S. dan Karcher, W. (1997). *Prediction of Partition Coefficients (logPoct) Using Autocorrelation Descriptors*. SAR QSAR Environ. Res., 7, 151-172.
- Febrianti, I., Anam, M.K., Rahmiati, & Tashid. (2020). Tren Milenial Memilih Jurusan di Perguruan Tinggi Menggunakan Metode Social Network Analysis. *Techno.COM*, 19(3): 216-226.
- Golbeck, J. (2013). *Network Structure and Measures*. *Analizing The Social Web*, p.25-44.
- Hartsfield, N., & Ringel, G. (1994). *Pearls in Graph Theory*. London: Accademic Press Limited.
- Iqbal, M. & Pramana, S. (2021). Penerapan *Social Network Analysis* dan *Latent Dirichlet Allocation* untuk Pemetaan Publikasi Penelitian Dosen Politeknik Statistika STIS. *Jurnal Aplikasi Statistika &Komputasi Statistik*, 13 (2): 1-14.
- Kate, E. (2005). *Inside SNA*. IBM TJ Watson Research.

- Kurniawan, A.T. (2020). *Analisis Jaringan Co-Authorship Data Publikasi Indonesia dengan Menggunakan Teori Graph*. Skripsi Tidak Diterbitkan. Universitas Sriwijaya,
- Oktora, R. & Alamsyah, A. (2014). Pola Interaksi dan Aktor yang Paling Berperan pada Event JGTC 2013 Melalui Media Sosial Twitter (Studi Menggunakan *Social Network Analysis*). *Jurnal Manajemen Indonesia*. 14(3): 201-209.
- Saleh, Wahidin. (2015). *Studi Hubungan Kuantitatif Struktur-Aktivitas Anti-Tuberkulosis Senyawa Amidasi Etil P-Metoksisinamat dengan Pendekatan Hansch dan Penambatan Molekuler Pada Enzim Inh A*. Skripsi tidak dipublikasikan. UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Tsvetovat, M., & Kouznetsov, A. (2011). *Social Network Analysis for Startups*. CA: O'Reilly Media.
- Tuhuteru, H. & Iriani, A. (2018). Analisis Kolaborasi Penelitian Ilmiah Dosen Fakultas X dengan *Social Network Analysis* (SNA). *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 4 (1): 149-158.
- Yoga, N.A.W. (2017). *Kajian Graph Social Network Analysis untuk Identifikasi Relasi Mahasiswa ITS pada Komunitas Keilmiahannya berdasarkan Data Usulan PKM*. Skripsi Tidak Diterbitkan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Yusuf, M. & Krisnadi, I. (2018). Analisis Jaringan Sosial pada Publikasi Bidang Teknik Elektro Indonesia di IEEE. *Seminar Nasional Teknik Elektro 2018*, 19-26.

RIWAYAT HIDUP



Nida Nisrina, biasa dipanggil Nida, lahir di Malang, 18 Mei 1998. Penulis merupakan putri dari pasangan Bapak Thoriq dan Ibu Sринi Dyah Pangerti. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Pendidikan dasar ditempuh di SD Negeri 1 Sumberdem tahun 2004 – 2010. Setelah lulus, penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Wonosari hingga tahun 2013 kemudian melanjutkan ke pendidikan jenjang menengah atas di SMA Brawijaya Smart School Malang dan lulus pada tahun 2016. Pada tahun yang sama, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim pada Fakultas Sains dan Teknologi program studi Matematika melalui jalur SBMPTN. Selama kuliah tidak mengikuti organisasi karena fokus bekerja mencari biaya untuk kuliah.



KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Gajayana No.50 Dinoyo Malang Telp. / Fax. (0341)558933

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Nida Nisrina
NIM : 16610084
Fakultas / Program Studi : Sains dan Teknologi / Matematika
Judul Skripsi : Analisis *Centrality* dan *Modularity* pada Graf
Untuk Identifikasi Relasi Penelitian Indeks
Topologi
Pembimbing I : Mohammad Nafie Jauhari, M.Si
Pembimbing II : Erna Herawati, M.Pd.

| No | Tanggal | Hal | Tanda Tangan |
|-----|------------------|-------------------------------------|--------------|
| 1. | 05 Januari 2023 | Konsultasi Bab I dan II | 1. |
| 2. | 10 Januari 2023 | Revisi Bab I dan II | 2. |
| 3. | 09 Februari 2023 | Konsultasi Hasil Bab I, II, dan III | 3. |
| 4. | 09 Februari 2023 | Konsultasi Kajian Agama Bab I | 4. |
| 5. | 10 Februari 2023 | Konsultasi Kajian Agama Bab II | 5. |
| 6. | 13 Februari 2023 | Revisi Kajian Agama Bab II | 6. |
| 7. | 13 Februari 2023 | ACC untuk Seminar Proposal | 7. |
| 8. | 27 April 2023 | Konsultasi Bab IV dan V | 8. |
| 9. | 17 Mei 2023 | Revisi Bab IV dan V | 9. |
| 10. | 22 Mei 2023 | Konsultasi Kajian Agama Bab IV | 10. |
| 11. | 23 Mei 2023 | Revisi Kajian Agama Bab IV | 11. |
| 12. | 20 Juni 2023 | ACC untuk Seminar Hasil | 12. |
| 13. | 20 Juni 2023 | Konsultasi Bab IV dan V | 13. |



KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Gajayana No.50 Dinoyo Malang Telp. / Fax. (0341)558933

| | | | |
|-----|--------------|--------------------------------------|-----|
| 14. | 21 Juni 2023 | Revisi Bab IV dan V | 14. |
| 15. | 22 Juni 2023 | Konsultasi Hasil Revisi Bab IV dan V | 15. |
| 16. | 22 Juni 2023 | ACC Ujian Skripsi | 16. |
| 17. | 23 Juni 2023 | ACC keseluruhan | 17. |

Malang, 23 Juni 2023

Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika

Dr. Elly Susanti, M.Sc
NIP. 19741129 200012 2 005