

# Pemodelan Graf Berarah Menggunakan *Python* untuk Pengelompokan Siswa Berdasarkan Kemampuan Pra-Literasi

Christina N Simanjuntak<sup>1</sup>, Felicia Eldora<sup>1</sup>, Khoiriyati Azmi<sup>1</sup>,  
Ledy Meva Tiurma Gultom<sup>1\*</sup>, Yulita Molliq Rangkuti<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Medan, Medan

<sup>2</sup> Dosen Program Studi Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Medan, Medan

[lala.4222530015@mhs.unimed.ac.id](mailto:lala.4222530015@mhs.unimed.ac.id)

Diterima: 30-05-2025; Direvisi: 21-06-2025; Dipublikasi: 01-07-2025

## Abstract

This research is motivated by the need for a more efficient approach to analyzing and grouping students based on academic relationships. The objective of this study is to implement directed graphs in modeling student relationships using the *Python* programming language to enhance the efficiency of pre-literacy relationship analysis. The methods employed include literature review and computational analysis using the *NetworkX* library for graph construction and *Matplotlib* for data visualization. The findings indicate that directed graphs built with *NetworkX* can effectively represent student relationships within learning groups. Visualization using *Matplotlib* enables the systematic and more intuitive identification of relationship patterns compared to table-based approaches. Furthermore, graph analysis reveals students who play central roles in the group, which can serve as a basis for more optimal student grouping. The conclusion of this study is that the application of graphs in the education system provides a clearer and more informative visual representation of student relationships. This approach can serve as a reference for education administrators in improving the effectiveness of student grouping and designing more adaptive learning strategies.

**Keywords:** Graph; Python; NetworkX; Student Grouping; Data Modeling

## Abstrak

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kebutuhan akan pendekatan yang lebih efisien dalam analisis dan pengelompokan siswa berdasarkan keterkaitan akademik. Tujuan penelitian ini adalah mengimplementasikan graf berarah dalam pemodelan hubungan antar siswa menggunakan bahasa pemrograman *Python*, sehingga dapat meningkatkan efisiensi analisis keterkaitan pra-literasi. Metode yang digunakan meliputi studi literatur dan analisis berbasis komputasi dengan pustaka *NetworkX* untuk membangun graf serta *Matplotlib* untuk visualisasi data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa graf berarah yang dibangun dengan *NetworkX* dapat secara efektif merepresentasikan hubungan antar siswa dalam kelompok belajar. Visualisasi menggunakan *Matplotlib* memungkinkan identifikasi pola keterkaitan secara sistematis dan lebih intuitif dibandingkan pendekatan berbasis tabel. Selain itu, analisis graf mengungkap siswa yang memiliki peran sentral dalam kelompok, yang dapat menjadi dasar untuk pengelompokan yang lebih optimal. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa penerapan graf dalam sistem pendidikan memberikan representasi visual yang lebih jelas dan informatif terhadap hubungan antar siswa. Pendekatan ini dapat menjadi referensi bagi pengelola pendidikan dalam meningkatkan efektivitas pengelompokan siswa dan perancangan strategi pembelajaran yang lebih adaptif

**Kata Kunci:** Graf; Python; NetworkX; Pengelompokan Siswa; Pemodelan Data

## 1. PENDAHULUAN

Kegiatan akademik dikatakan berhasil apabila siswa memiliki tingkat partisipasi terhadap tinggi terhadap kegiatan akademik (Wihartanti, 2022). Pemetaan keterkaitan akademik dan sosial dalam kelompok belajar merupakan tantangan penting dalam dunia pendidikan modern, khususnya dalam menentukan strategi pengelompokan siswa yang efektif dan adaptif. Di berbagai lembaga pendidikan, termasuk di Rumah Belajar Azalea, siswa diklasifikasikan berdasarkan kemampuan pra-literasi ke dalam kategori pra-menulis, pra-membaca, dan berhitung. Namun, metode konvensional seperti tabel dan matriks cenderung statis dan kurang efektif dalam merepresentasikan hubungan dinamis antar siswa dalam kelompok belajar. Hal ini dibuktikan oleh studi (Maulani & Wulandari, 2023), yang menunjukkan bahwa representasi matriks menyebabkan kesulitan dalam mengidentifikasi pola interaksi lintas kategori pra-literasi secara langsung.

Studi lain oleh (Mubarak, 2023) juga menyatakan bahwa pendekatan tabel memiliki keterbatasan dalam mengungkapkan struktur hubungan yang kompleks dan tidak mampu menangkap keterhubungan multi-arah antar individu. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan alternatif yang lebih sistematis dan intuitif, seperti graf berarah, yang memungkinkan visualisasi hubungan antar siswa secara komprehensif dan analitis. Representasi berbasis graf dapat menjadi solusi dalam mengatasi keterbatasan ini, karena mampu menggambarkan pola interaksi secara visual dan analitis (Buhaerah et al., 2022). Kajian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan graf telah banyak digunakan dalam berbagai bidang, seperti optimasi rute transportasi, analisis jaringan sosial (Makalew et al., 2020), serta pengelompokan data dalam sistem pendidikan. Implementasi graf dalam pendidikan memungkinkan identifikasi hubungan akademik dan sosial yang lebih kompleks, sehingga dapat menjadi dasar untuk pengembangan strategi pembelajaran yang lebih efektif (Yaqin et al., 2023). Dengan menerapkan model graf, penelitian ini dapat memberikan wawasan yang lebih sistematis dalam memahami interaksi akademik siswa serta menjadi acuan bagi pengelola pendidikan dalam menyusun strategi pengelompokan yang lebih optimal (Halawa et al., 2024).

Pendekatan berbasis teori graf menjadi alternatif yang menjanjikan dalam menggambarkan interaksi dan hubungan antar objek secara matematis dan visual. Teori graf merupakan cabang matematika dan ilmu komputer yang mempelajari struktur graf, yaitu representasi matematis berupa pasangan himpunan  $G = (V, E)$ , di mana  $V$  adalah himpunan tidak kosong titik-titik yang disebut simpul (*vertex* atau *node*), dan  $E$  adalah himpunan sisi (*edge*) yang menghubungkan pasangan simpul tersebut (Christian Rufus et al., 2024; Arsyad et al., 2025). Secara visual, simpul digambarkan sebagai titik atau bulatan, sedangkan sisi diwakili oleh garis yang menghubungkan titik-titik tersebut. Graf dibedakan menjadi graf sederhana dan tak sederhana, serta berdasarkan arah relasinya menjadi graf berarah dan tak berarah (Addani et al., 2023). Dalam konteks pendidikan, graf dapat digunakan untuk menganalisis pola interaksi akademik sekaligus

mengidentifikasi posisi dan hubungan antar siswa berdasarkan kesamaan keterampilan (Simbolon et al., 2025).

Meskipun penerapan teori graf di bidang pendidikan telah berkembang, penelitian yang secara khusus memanfaatkan graf berarah untuk memetakan keterkaitan siswa berdasarkan kemampuan pra-literasi masih sangat terbatas. Sebagian besar studi sebelumnya lebih menitikberatkan pada relasi sosial umum atau struktur kolaborasi tanpa memasukkan variabel kognitif atau kemampuan akademik dasar sebagai dasar pengelompokan. Sebagai contoh, (Sirait et al., 2024) menggunakan graf untuk mendukung interaksi diskusi dalam kelas, tetapi tidak mengaitkan struktur graf dengan kategori kemampuan akademik siswa. Penelitian ini akan mengisi kekosongan tersebut dengan mengembangkan model graf berarah yang tidak hanya memvisualisasikan hubungan antar siswa, tetapi juga mengintegrasikan dimensi pra-literasi ke dalam simpul dan sisi graf. Dengan menggunakan pustaka *NetworkX* dan *Matplotlib*, model ini memungkinkan identifikasi siswa sentral secara kuantitatif, sehingga strategi pengelompokan dapat dilakukan secara lebih akurat, berbasis data, dan adaptif terhadap realitas akademik siswa.

Tujuan utama penelitian ini adalah membangun model graf berarah yang merepresentasikan keterkaitan antar siswa berdasarkan kemampuan pra-menulis, pra-membaca, dan berhitung di Rumah Belajar Azalea. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola hubungan siswa untuk mengidentifikasi interaksi akademik yang signifikan serta mengevaluasi efektivitas pendekatan berbasis graf dalam pengelompokan siswa dibandingkan metode tradisional (Dwi Febrianti et al., 2025). Pemodelan ini dikembangkan menggunakan pustaka *NetworkX* pada *Python*, yang menyediakan fungsi untuk membangun graf, menerapkan algoritma analisis keterhubungan simpul, serta memvisualisasikan hasilnya secara sistematis dengan *Matplotlib* dan integrasi *NumPy* (Mubarak, 2023). Data siswa diterjemahkan ke dalam simpul dan sisi graf untuk memudahkan analisis pola keterkaitan secara rinci. Visualisasi diagram graf memberikan gambaran intuitif dan objektif mengenai struktur kelompok belajar, mendukung pengambilan keputusan berbasis data dalam strategi pembelajaran (Kusnanto & Handoko, 2021).

Dengan pendekatan ini, penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam mengembangkan sistem pengelompokan siswa yang adaptif dan responsif terhadap kemampuan akademik dasar. Selain memperluas aplikasi teori graf di pendidikan, hasil penelitian ini juga menjadi acuan strategis bagi pengelola lembaga pendidikan dalam merancang intervensi pembelajaran berbasis jaringan sosial. Dengan demikian, studi ini tidak hanya menghadirkan solusi teknis pengelompokan siswa, tetapi juga memperkuat fondasi pembelajaran kolaboratif dan pengembangan potensi individu siswa (Pinandito et al., 2024; Yaqin et al., 2023).

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur dan analisis komputasi untuk mendalami pemahaman tentang pembuatan graf berarah menggunakan bahasa pemrograman *Python*. Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan informasi terkait konsep dasar teori graf, struktur data yang digunakan, serta algoritma-algoritma yang relevan dalam pemodelan graf berarah. Fokus utama penelitian ini adalah pada pustaka *Python* seperti *NetworkX* dan *Matplotlib*, yang digunakan untuk membangun serta memvisualisasikan graf.

Penelitian ini bersifat deskriptif dengan pendekatan eksploratif, yang bertujuan untuk memahami dan mengimplementasikan model graf dalam analisis keterkaitan siswa berdasarkan kemampuan *pra-literasi*. Studi literatur digunakan untuk memahami konsep teoritis, sedangkan analisis komputasi dilakukan untuk membangun model graf secara sistematis. Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari data kemampuan pra-literasi siswa di Rumah Belajar Azalea, yang dikategorikan ke dalam tiga kelompok: *pra-menulis*, *pra-membaca*, dan berhitung. Setiap siswa direpresentasikan sebagai simpul (*node*), sementara hubungan antar siswa berdasarkan keterkaitan akademik direpresentasikan sebagai sisi (*edge*).

Pembuatan graf berarah dalam penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan pustaka *NetworkX*, yang merupakan alat yang sangat efisien untuk manipulasi dan analisis struktur graf. Sintaks dasar yang digunakan untuk menciptakan graf ini dimulai dengan mendeklarasikan objek graf berarah menggunakan  $G = nx.DiGraph()$ . Dengan langkah ini, sebuah graf kosong siap untuk diisi dengan simpul-simpul dan sisi-sisi yang menghubungkan simpul tersebut. Penambahan simpul dilakukan dengan perintah  $G.add\_nodes\_from(nodes)$ , di mana variabel *nodes* berisi daftar identifikasi simpul yang akan dimasukkan ke dalam graf. Selanjutnya, untuk menghubungkan simpul-simpul tersebut, sintaks  $G.add\_edges\_from(edges)$  digunakan, di mana variabel *edges* berisi pasangan simpul yang merepresentasikan sisi berarah. Proses ini memungkinkan penggambaran hubungan antar simpul secara jelas dan sistematis. Dengan menggunakan pustaka *NetworkX*, pengguna dapat dengan mudah melakukan berbagai operasi pada graf, seperti pencarian jalur, analisis derajat, dan identifikasi komponen terhubung. Hal ini menunjukkan fleksibilitas dan kemudahan penggunaan *NetworkX* dalam konteks pemrograman graf.

Setelah struktur graf terbentuk, visualisasi menjadi langkah penting untuk memahami hubungan antar elemen dalam graf tersebut. Dalam penelitian ini, *Matplotlib* digunakan untuk menghasilkan visualisasi graf yang informatif. Sintaks  $plt.figure(figsize = (12,12))$  digunakan untuk mengatur ukuran gambar, sementara fungsi  $nx.draw(...)$  menggambar graf dengan parameter yang dapat disesuaikan, seperti warna simpul dan ukuran sisi. Dengan menampilkan hasil akhir menggunakan  $plt.show()$ , visualisasi graf berarah ini tidak hanya memberikan gambaran yang jelas tentang struktur data tetapi

juga memudahkan analisis lebih lanjut terhadap hubungan antar simpul dalam konteks penelitian yang lebih luas.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil

Data dalam penelitian ini diadaptasi dari jurnal yang membahas implementasi graf dalam pengelompokan siswa berdasarkan kemampuan pra-literasi di Rumah Belajar Azalea. Siswa dikelompokkan ke dalam tiga kategori kemampuan, yaitu pra-menulis, pra-membaca, dan berhitung (Maulani & Wulandari, 2023). Dalam representasi graf, setiap siswa direpresentasikan sebagai simpul (*node*), sedangkan keterkaitan antar siswa berdasarkan kemampuan pra-literasi direpresentasikan sebagai sisi (*edge*) yang menghubungkan simpul-simpul tersebut. Data ini ditampilkan dalam Tabel 1 yang telah diklasifikasikan berdasarkan kategori keterampilan masing-masing siswa.

**Tabel 1.** Data Kemampuan Pra-Literasi Siswa

Nama Siswa	Kemampuan Pra-Literasi	Simpul	Derajat
Adriel Imanuel Nifu	Menulis, Membaca, Berhitung	1	3
Akmal Sholihin Wahyudi	Membaca	2	1
Al Barka	Tidak ada	3	0
Al Fariz Elvan Syahreza	Menulis, Membaca, Berhitung	4	3
Ananta Isura Fernandes S.	Menulis, Membaca, Berhitung	5	2
Azizah Khumaeroh	Menulis, Membaca, Berhitung	6	3
Dhafitha Azza Nur Azizah	Menulis, Membaca, Berhitung	7	3
Ferry Aryan Zacky	Tidak ada	8	0
Gabriel Rafatar Bakara	Menulis, Membaca	9	2
Gratia Jhesilya	Menulis, Membaca, Berhitung	10	3
Kanaka Gilang Alfatih	Berhitung	11	1
Mutia Azzahra	Menulis, Membaca, Berhitung	12	3
Nur Ilaah	Menulis, Membaca, Berhitung	13	1

Terdapat 13 simpul, masing-masing merepresentasikan satu siswa dalam graf. Jumlah sisi pada graf adalah 53, yang menunjukkan banyaknya pasangan siswa yang memiliki minimal satu kemampuan pra-literasi yang sama.

Pembangunan graf dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman *Python* dan pustaka *networkx*.

### Langkah 1. Membuat Graf Berarah dan Menambahkan Simpul

Kode ini untuk membuat objek graf berarah *Digraph()* dan menambahkan simpul yang merepresentasikan siswa serta kategori pra-literasi (A, B, C).

```
[ ]: import networkx as nx
import matplotlib.pyplot as plt

# Buat Graf Berarah
G = nx.DiGraph()

# Menambahkan simpul ke dalam grafik
nodes = ["A", "B", "C", 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8,
G.add_nodes_from(nodes)
```

**Gambar 1.** Kode Pembuatan dan Penambahan Simpul

### Langkah 2. Menambahkan Sisi untuk Merepresentasikan Hubungan Antar Siswa

Setelah menambahkan simpul, kita perlu menambahkan sisi yang merepresentasikan hubungan antar siswa berdasarkan keterkaitan kemampuan pra-literasi. Misalnya, siswa 1 memiliki hubungan dengan kategori A, B, dan C.

```
[ ]: # Menambahkan tepian (edges) ke dalam grafik
edges = [
    (1, "A"), (1, "B"), (1, "C"),
    (2, "B"), (4, "A"), (4, "B"), (4, "C"),
    (5, "B"), (5, "C"), (6, "A"), (6, "B"), (6, "C"),
    (7, "A"), (7, "B"), (7, "C"),
    (9, "B"), (9, "C"),
    (10, "A"), (10, "B"), (10, "C"),
    (11, "C"),
    (12, "A"), (12, "B"), (12, "C"),
    (13, "C")
]
G.add_edges_from(edges)
```

**Gambar 2.** Kode Penambahan Sisi

### Langkah 3. Menampilkan Graf dengan Posisi yang Diatur

Untuk meningkatkan visualisasi graf, kita dapat mengatur posisi simpul agar lebih jelas. Kode ini mengatur tata letak simpul agar graf lebih mudah dipahami, dengan menyesuaikan posisi beberapa simpul untuk meningkatkan keterbacaan.

```

# Visualisasikan graf
plt.figure(figsize=(12, 12))
pos = nx.circular_layout(G)

# Menempatkan A, B, dan C secara manual
pos["A"] = [1.5, 0.5]
pos["B"] = [1.5, 0.0]
pos["C"] = [1.5, -0.5]

# Memodifikasi posisi simpul tertentu agar lebih rapi
pos[12] = [pos[12][0], pos[12][1] - 0.2]
pos[13] = [pos[13][0], pos[13][1] - 0.5]

nx.draw(
    G,
    pos,
    with_labels=True,
    node_color="skyblue",
    node_size=700,
    edge_color="gray",
    font_size=12,
    arrows=True,
    arrowstyle="->",
    arrowsize=15,
)

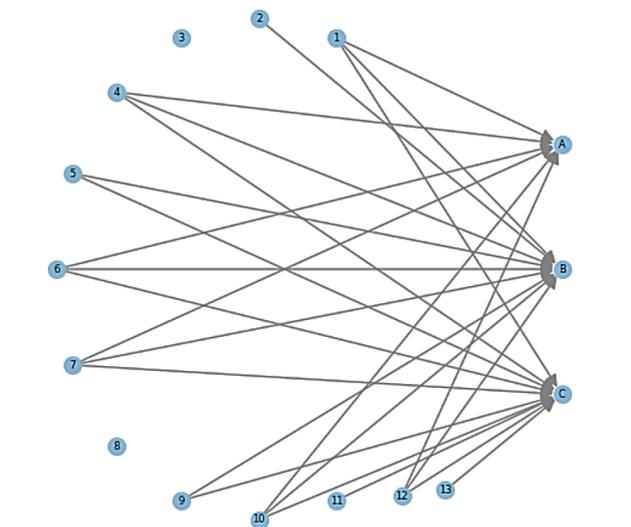
plt.title("Graf Berarah")
plt.axis("off")

# Simpan hasil sebagai gambar untuk jurnal
plt.savefig("graf_berarah.png", dpi=300, bbox_inches="tight")
plt.show()

```

**Gambar 3.** Kode Visualisasi Penggambaran

Visualisasi akhir graf dapat dilihat pada Gambar 4, yang memperlihatkan struktur hubungan antar siswa dalam kelompok belajar. Setiap simpul dan sisi memberikan informasi tentang bagaimana siswa saling berhubungan melalui kemampuan akademik mereka.



**Gambar 4.** Tampilan Graf

Graf kemampuan pra-literasi siswa terdiri dari 13 simpul yang mewakili siswa dan 53 sisi yang menunjukkan keterkaitan berdasarkan kesamaan kemampuan menulis, membaca, dan berhitung. Analisis komunitas mengidentifikasi satu kelompok besar beranggotakan 11 siswa yang saling terhubung erat, serta dua simpul terisolasi yang

tidak memiliki kemampuan pra-literasi. Enam siswa dengan derajat tertinggi yang menguasai ketiga kemampuan. Visualisasi ini memudahkan identifikasi pola keterkaitan siswa, serta menunjukkan siswa-siswa yang memiliki koneksi paling banyak dengan kategori tertentu. Dengan demikian, data graf ini memberikan dasar kuat untuk strategi pengelompokan yang lebih terarah dan objektif.

### 3.2 Pembahasan

Keunggulan utama dari hasil ini adalah kemampuan graf untuk menunjukkan struktur hubungan antar siswa dengan cara yang sistematis dan terarah. Representasi graf berarah membuatnya lebih mudah untuk melihat posisi siswa berdasarkan tingkat keterkaitannya. Simpul dengan derajat tinggi, seperti simpul 1 untuk Adriel Imanuel Nifu, simpul 4 untuk Al Fariz, dan simpul 6 untuk Azizah Khumaeroh, menunjukkan siswa yang memiliki banyak hubungan pra-literasi. Hal ini menunjukkan bahwa mereka dapat menjadi pusat pengaruh dalam kelompok belajar. Penemuan ini sejalan dengan gagasan Buhaerah et al. tentang sentralitas dalam teori graf (2022).

Penemuan ini memperkuat penelitian sebelumnya oleh Sirait et al. (2024), yang menyatakan bahwa penerapan graf dalam lingkungan pembelajaran dapat meningkatkan interaksi dengan mengidentifikasi simpul kunci. Namun, penelitian Sirait lebih berfokus pada interaksi sosial dalam diskusi kelas, dan penelitian ini menambahkan dimensi baru, yaitu pemetaan yang didasarkan pada kemampuan akademik dasar pra-literasi, yang memberikan pendekatan yang lebih kontekstual dan edukatif untuk pengelompokan.

Penelitian ini menggunakan pendekatan graf berarah untuk mengidentifikasi hubungan multi-arah dan mendalam antar individu. Ini berbeda dengan penelitian oleh (Maulani & Wulandari, 2023), yang membagi siswa berdasarkan kategori kemampuan mereka dengan menggunakan pewarnaan graf. Oleh karena itu, kontribusi unik dari pendekatan ini adalah bahwa itu tidak hanya mengelompokkan siswa, tetapi juga mengevaluasi tingkat konektivitas dan posisi strategis mereka dalam jaringan akrobat.

Namun, ada beberapa keterbatasan yang harus diperhatikan saat menginterpretasikan hasil ini. Pertama, sumber informasi yang digunakan sangat terbatas, mencakup hanya 13 siswa dari satu lembaga pendidikan informal. Ini dapat berdampak pada tingkat generalisasi model grafik yang dibangun. Kedua, beberapa siswa tidak memiliki informasi pra-literasi yang lengkap. Ini dapat menyebabkan simpul terisolasi, seperti simpul 3 dan 8, muncul dan berdampak pada pembacaan pola hubungan secara keseluruhan.

Ketiga, representasi graf mengutamakan keterkaitan akademik, tetapi mengabaikan aspek sosial dan emosional siswa, yang mungkin penting dalam interaksi belajar. Oleh karena itu, temuan tersebut hanya parsial dan perlu digabungkan dengan metode kualitatif untuk mendapatkan pemahaman yang lebih menyeluruh. Dalam penentuan

derajat keterhubungan, juga dapat terjadi kesalahan interpretasi, terutama jika keterkaitan kemampuan tidak selalu menunjukkan hubungan interpersonal yang sebenarnya.

Penelitian ini memberikan dasar visual dan matematis yang kuat untuk strategi pengelompokan siswa meskipun ada keterbatasan. Dengan menggunakan data ini, guru dan pengelola sekolah dapat membuat kelompok belajar yang lebih seimbang dan sesuai dengan kemampuan siswa. Metode ini tidak hanya meningkatkan efisiensi proses belajar, tetapi juga menawarkan wawasan tentang cara membuat sistem pembelajaran berbasis data yang lebih terukur dan jujur.

#### 4. SIMPULAN

Penelitian ini mengimplementasikan metode studi literatur dan analisis komputasi untuk membangun graf berarah menggunakan bahasa pemrograman *Python*. Dengan memanfaatkan pustaka *NetworkX*, hubungan antar siswa dalam kelompok belajar berdasarkan kemampuan pra-literasi berhasil direpresentasikan secara sistematis melalui simpul dan sisi dalam graf. Proses pembangunan graf dimulai dari deklarasi objek graf berarah, penambahan simpul dan sisi, hingga visualisasi menggunakan pustaka *Matplotlib*. Hasil visualisasi memperlihatkan pola keterkaitan antar siswa yang sebelumnya sulit ditangkap melalui tabel atau matriks konvensional.

Penerapan model graf dalam penelitian ini memberikan gambaran visual yang lebih intuitif mengenai struktur hubungan akademik siswa, serta mengidentifikasi siswa dengan peran sentral berdasarkan derajat keterkaitannya. Pendekatan ini sejalan dengan teori graf yang menyatakan bahwa struktur jaringan dapat digunakan untuk menganalisis interaksi sosial-edukatif secara lebih dalam.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan graf dalam pengelompokan siswa memberikan wawasan yang sistematis, visual, dan lebih adaptif terhadap realitas hubungan antar individu. Implikasi dari penelitian ini memberikan kontribusi praktis bagi pengelola pendidikan dalam menyusun strategi pengelompokan siswa yang lebih objektif dan efektif berdasarkan pola interaksi nyata yang teridentifikasi melalui analisis graf.

#### 5. REKOMENDASI

Beberapa hal yang dapat direkomendasikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya antara lain, penerapan model graf berarah pada skala data yang lebih besar, baik di lembaga pendidikan lain maupun pada populasi siswa yang lebih beragam. Hal ini bertujuan untuk menguji sejauh mana pendekatan ini dapat digeneralisasi dan tetap efektif dalam konteks yang lebih kompleks. Selain itu, disarankan agar penelitian selanjutnya mempertimbangkan integrasi variabel lain seperti aspek sosial dan emosional siswa, karena faktor-faktor tersebut juga

memiliki peran penting dalam dinamika kelompok belajar dan proses interaksi antarindividu.

Adapun hambatan yang dihadapi selama penelitian ini meliputi keterbatasan jumlah data siswa serta tidak tersedianya informasi historis yang lebih mendalam mengenai interaksi antar siswa. Kondisi ini membatasi ruang lingkup analisis yang dapat dilakukan, khususnya dalam mengembangkan graf yang lebih kompleks dan representatif. Di samping itu, keterbatasan waktu serta sumber daya komputasi juga menjadi kendala yang memengaruhi kedalaman eksplorasi dan visualisasi model graf secara optimal.

## 6. REFERENSI

- Addani, R. A., Turmudi, T., & Sujarwo, I. (2023). Penerapan Graf Berarah dan Berbobot untuk Mengetahui Influencer yang Paling Berpengaruh dalam Penyebaran Informasi pada Twitter. *Jurnal Riset Mahasiswa Matematika*, 2(5), 186–194. <https://doi.org/10.18860/jrmm.v2i5.16810>
- Arsyad, T. D., Dwi, M., Nababan, C., & Harliana, P. (2025). Implementasi Algoritma Dijkstra dalam Mencari Rute Terpendek dari Universitas Negeri Medan ke Museum Negeri Sumatera Utara. *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, 9(1), 235–242.
- Buhaerah, Busrah, Z., & Sanjaya, H. (2022). *Teori Graf dan Aplikasinya*.
- Christian Rufus, E., Rizkyaka Riyadi, R., Nugraha Hasibuan, D., Christian, E., & Handrianus Pranatawijaya, V. (2024). Penerapan Algoritma Dijkstra dalam Menentukan Rute Terpendek untuk Jasa Pengiriman Barang di Palangkaraya. *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, 8(3), 3387–3391.
- Dwi Febrianti, B., Naufal Musyaafa, M., Rifail Azis, K., & Harliana, P. (2025). Implementasi Algoritma Ant Colony dalam Menentukan Rute Terpendek dari Johor ke Universitas Negeri Medan. *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, 9(1), 243–249.
- Halawa, S. P. P., Indra, Z., Hutagalung, F., & Hasibuan, N. L. (2024). Optimalisasi Rute Transportasi: Studi Kasus Algoritma Greedy Menggunakan Bahasa Pemrograman Python. *Jurnal Mutidisciplin Teknologi Dan Arsitektur*, 2(2), 858–862.
- Kusnanto, R., & Handoko, K. (2021). Penentuan Jarak Terdekat Wisata Kuliner Menggunakan Algoritma Dijkstra. *Jurnal Comasie*, 4(5), 111–118.
- Makalew, R., Montolalu, C., & Mananohas, M. (2020). Lintasan Hamiltonian pada Graf 4-Connected. *Jurnal Matematika Dan Aplikasi*, 9(2), 181–188. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/decartesian>
- Maulani, A., & Wulandari, D. (2023). Implementasi Pewarnaan Graf Pada Pengelompokan Siswa/i Rumah Belajar Azalea Dengan Algoritma Welch-Powell. *Jurnal Siger Matematika*, 04(02), 37–42.
- Mubarak, A. (2023). *Analisis Jaringan Sosial dengan Menggunakan Graf dan NetworkX*. 1–5.
- Pinandito, A., Kharisma, A. P., Akbar, M. A., & Saputra, M. C. (2024). Peningkatan Performa Komputasi Sistem Navigasi Transportasi Publik Pada Perangkat Bergerak Melalui Penerapan Teknik Kompresi Data dan Penyederhanaan Graf. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 11(6), 1185–1196. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2023108054>

- Simbolon, A. B., Artika, D. A., Sitanggang, Y. C., & Harliana, P. (2025). Implementasi Algoritma Dijkstra dalam Menganalisis Rute Terpendek dan Efisiensi Jarak Tempuh dari Stasiun Kereta Api Medan Menuju 6 Kampus di Area Medan Estate. *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, 9(1), 162–168.
- Sirait, L. T., Simanjuntak, H. S., Sinaga, M. C., Hijriyanti, P., Putra, O., Simamora, M., Putri, A., Dameria Sianturi, Y., & Haris, D. (2024). Penerapan Teori Graph untuk Meningkatkan Interaksi Siswa dalam Pembelajaran Matematika Berbasis Diskusi di SMP Negeri 27 Medan. *Journal on Education*, 07(01), 7339–7349.
- Wihartanti, A. R. (2022). Partisipasi Peserta Didik dalam Pembelajaran Bahasa Inggris di Sekolah Dasar Pada Blended Learning. *Jurnal Cakrawala Pendas*, 8(2), 367–377. <https://doi.org/10.31949/jcp.v8i2.2130>
- Yaqin, A., Setiyowati, D. F., Yuliandari, D., Ningsih, F. S., Fitriyah, L., Putri, M. A. A., Oktaviani, R. D., Aguzzawa, R. F., Ruliyani, & Fathoni, M. I. A. F. (2023). Penerapan Teori Graf pada Pengaturan Lampu Lalu Lintas di Perempatan Alun Alun Kota Bojonegoro. *Jurnal Ilmiah Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 13(2), 125–136.