

Pemodelan Teori Graph untuk Menganalisis Dinamika Kelompok dalam Pembelajaran Kooperatif Matematika di SMP Swasta Santa Maria Medan

Nela Emelia Samosir¹, Miranda Cristin Sitindaon², Rikha Malika Manik³, Ika Reslina Sitanggung⁴, Tria Agrelina Simanullang⁵, Roberto C Sitorus⁶, Denny Haris⁷

^{1,2,3,4,5,6,7} Pendidikan Matematika, Universitas Universitas Negeri Medan

e-mail: nelasamosir2005@gmail.com

Abstrak

Pembelajaran kooperatif efektif dalam meningkatkan hasil belajar matematika siswa, tetapi dinamika interaksi antarsiswa dalam pembelajaran ini masih kurang dipahami. Penelitian ini menggunakan pendekatan teori graf untuk menganalisis pola komunikasi dan kontribusi individu dalam kelompok belajar kooperatif di SMP Swasta Santa Maria Medan. Metode Mixed Methods diterapkan untuk memetakan interaksi sosial dan akademik siswa. Hasil menunjukkan bahwa teori graf memberikan wawasan mendalam tentang pola interaksi, mengidentifikasi anggota yang berpengaruh, dan memahami dampak struktur komunikasi terhadap hasil belajar. Kelompok dengan interaksi merata cenderung menunjukkan kolaborasi lebih baik dibandingkan kelompok yang bergantung pada individu tertentu. Temuan ini memberikan kontribusi bagi pengembangan strategi pembelajaran kooperatif yang lebih efektif, dengan menciptakan lingkungan belajar yang mendorong keterlibatan aktif semua siswa untuk hasil belajar yang optimal.

Kata kunci: *Graph, Interaksi, Kooperatif*

Abstract

Cooperative learning was effective in improving students' mathematics learning outcomes; however, the dynamics of student interactions within this approach were not fully understood. This study employed a graph theory approach to analyze communication patterns and individual contributions in cooperative learning groups at Santa Maria Private Junior High School in Medan. A Mixed Methods approach was used to map students' social and academic interactions. The findings indicate that graph theory provides deep insights into interaction patterns, identifies influential group members, and reveals how communication structures affect learning outcomes. Groups with balanced interactions demonstrate better collaboration compared to those reliant on specific individuals. These findings contribute to the development of more effective cooperative learning strategies by fostering an environment that encourages active participation from all students, leading to optimal learning outcomes

Keywords : *Graph, Interaction, Cooperative*

PENDAHULUAN

Pembelajaran kooperatif telah diakui sebagai metode yang efektif untuk meningkatkan hasil belajar siswa, khususnya dalam mata pelajaran matematika. Melalui interaksi dan kolaborasi antar siswa, pendekatan ini mampu menciptakan lingkungan belajar yang inklusif dan mendukung, dimana siswa tidak hanya belajar dari materi yang diberikan oleh guru tetapi juga melalui interaksi aktif dengan teman sekelompoknya. Dalam proses tersebut, siswa dapat saling membantu, berbagi ide, dan membangun pemahaman bersama. Pendekatan ini berfokus pada pengembangan keterampilan sosial, tanggung jawab individu maupun kelompok, serta kepercayaan diri siswa (Slavin, 1995).

Konsep pembelajaran kooperatif didasarkan pada prinsip bahwa pembelajaran menjadi lebih efektif ketika siswa aktif berkolaborasi. Tidak seperti pembelajaran tradisional yang sering kali bersifat kompetitif, pembelajaran kooperatif menekankan pentingnya kerja sama dan kontribusi setiap anggota kelompok, yang memungkinkan siswa dengan beragam kemampuan

untuk saling mengajar dan memperdalam pemahaman (Johnson & Johnson, 1994). Menurut Ibrahim et al. (2000), pembelajaran kooperatif juga berdampak signifikan dalam meningkatkan hasil belajar, terutama pada mata pelajaran yang membutuhkan pemahaman mendalam, seperti matematika.

Meskipun pembelajaran kooperatif memiliki banyak manfaat, memahami dinamika kelompok dalam pembelajaran ini masih menjadi tantangan tersendiri. Interaksi antar siswa seringkali kompleks dan multidimensional, memerlukan alat analisis yang mampu menangkap nuansa hubungan sosial serta akademik. Sayangnya, belum banyak penelitian yang secara khusus memodelkan dan menganalisis dinamika kelompok menggunakan pendekatan teoritis graph. Saat ini, sebagian besar penelitian cenderung fokus pada aspek individu atau keseluruhan kelas tanpa memanfaatkan potensi teori graph untuk menggali lebih dalam dinamika kelompok dalam konteks pembelajaran matematika secara spesifik. Kesenjangan penelitian ini menunjukkan bahwa meskipun banyak studi telah meneliti efektivitas pembelajaran kooperatif, masih terdapat keterbatasan dalam memahami interaksi antar siswa menggunakan model graph.

Teori graph menawarkan pendekatan inovatif untuk memodelkan dan menganalisis interaksi sosial dan akademik antar siswa dalam kelompok belajar, yang memungkinkan pemetaan pola komunikasi dan pengaruh individu dalam diskusi kelompok. Dengan menggunakan teori graph, kita dapat memperoleh wawasan lebih mendalam tentang bagaimana struktur interaksi siswa mempengaruhi proses pembelajaran dan hasil belajar. Graph dapat menunjukkan pola interaksi, seperti siapa saja yang aktif dalam kelompok, bagaimana distribusi peran antaranggota, serta mengidentifikasi pusat-pusat komunikasi atau peserta yang kurang berpartisipasi (Borgatti, Everett, & Johnson, 2013). Selain itu, pemodelan ini juga dapat membantu dalam mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi kualitas interaksi kelompok, seperti struktur jaringan komunikasi, peran sosial, dan ketergantungan pada beberapa anggota dalam dinamika kelompok. Hal ini selaras dengan temuan Ibrahim et al. (2000), yang menunjukkan bahwa pemahaman konsep matematika siswa dapat meningkat melalui analisis interaksi dalam kelompok menggunakan modul pembelajaran berbasis teori graph.

Lebih lanjut, Klang et al. (2021) menyoroti pentingnya penerimaan dari teman sebaya dan hubungan pertemanan dalam pembelajaran kooperatif, yang menunjukkan bahwa interaksi sosial dan penerimaan dari kelompok dapat memengaruhi keberhasilan proses pemecahan masalah matematika dalam konteks pembelajaran kooperatif. Selain itu, Li et al. (2023) mengusulkan model pembelajaran kooperatif terstruktur yang memanfaatkan model graph untuk mengoordinasikan pembelajaran, yang memungkinkan perangkat dalam jaringan berinteraksi secara sinergis. Dalam konteks pembelajaran matematika, pemodelan graph membantu mengidentifikasi hubungan antarsiswa dan distribusi pengetahuan di antara mereka. Pemahaman ini memungkinkan pendidik mengoptimalkan struktur kelompok belajar, sehingga setiap siswa mendapatkan peluang belajar yang lebih seimbang dan terarah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan dalam studi terkait dengan menggunakan model graph guna mempelajari dan menilai dinamika kelompok dalam konteks pembelajaran kooperatif matematika. Beberapa tujuan spesifik penelitian ini meliputi: (1) memetakan struktur interaksi antar siswa dalam kelompok belajar menggunakan model graph untuk memahami pola komunikasi dan pengaruh individu dalam diskusi, (2) menilai bagaimana dinamika kelompok mempengaruhi proses pembelajaran dan hasil belajar siswa, termasuk peran masing-masing anggota dalam interaksi, dan (3) menghasilkan strategi serta rekomendasi berbasis data untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran kooperatif dalam matematika, dengan fokus pada pengoptimalan interaksi antar siswa.

METODE

Penelitian ini menggunakan **metode Mixed Methods (Metode Campuran)** yang disesuaikan untuk mengeksplorasi dan menganalisis dinamika kelompok dalam pembelajaran kooperatif matematika dengan pendekatan teori graph. Pendekatan ini mengintegrasikan analisis deskriptif kualitatif untuk memahami interaksi kelompok secara mendalam, serta analisis kuantitatif untuk mengevaluasi pola komunikasi menggunakan metrik teori graph.

Desain penelitian mengikuti konsep yang dikemukakan oleh John W. Creswell dan Vicki L. Plano Clark (2007) dalam bukunya *Designing and Conducting Mixed Methods Research*. Metode ini dipilih untuk memahami masalah penelitian dari berbagai sudut pandang. Data kuantitatif diperoleh melalui analisis graf berbasis interaksi antar siswa, sementara data kualitatif berasal dari wawancara, observasi, dan analisis dokumen. Kombinasi kedua jenis data ini memberikan pemahaman holistik tentang dinamika kelompok dan pola komunikasi siswa dalam pembelajaran kooperatif matematika.

Instrumen dari penelitian ini dilakukan dengan observasi dengan merekam interaksi antara anggota kelompok selama sesi pembelajaran kooperatif menggunakan video atau audio. Selanjutnya, graph komunikasi yang dibentuk berdasarkan data observasi, di mana setiap siswa dianggap sebagai node, dan interaksi diantara mereka sebagai edge. Graph ini kemudian dianalisis menggunakan metrik graph seperti derajat simpul (degree), kehubungan (closeness), dan sentralitas (centrality).

Proses analisis data berupa data interaksi akan dipetakan ke dalam graph yang menunjukkan intensitas dan arah komunikasi di dalam kelompok. Software graph analysis yaitu Graphvis akan digunakan untuk menganalisis graph. Metode content analysis akan digunakan untuk mengevaluasi pola interaksi dan kontribusi siswa dalam kelompok berdasarkan data kualitatif yang dikumpulkan.

Rancangan penelitian terdiri dari lima tahapan yaitu (1) tahapan persiapan dan penyusunan materi berupa penyusunan modul pembelajaran matematika berbasis kooperatif yang akan digunakan dalam penelitian, seperti materi aljabar atau geometri dan mengatur formasi kelompok siswa secara acak atau berdasarkan kemampuan untuk melihat efek formasi kelompok terhadap dinamika komunikasi. (2) tahapan pelaksanaan pembelajaran kooperatif di mana siswa akan melakukan pembelajaran kooperatif dalam kelompok-kelompok kecil (5-6 siswa per kelompok). Sesi pembelajaran akan direkam untuk dianalisis kemudian. (3) tahapan pengumpulan dan pemodelan data dengan menggunakan rekaman video/audio untuk mencatat interaksi verbal antar anggota kelompok, kemudian memetakan interaksi tersebut ke dalam bentuk graph, lalu setiap interaksi antara dua siswa dalam kelompok direpresentasikan sebagai sebuah edge dalam graph, sementara siswa itu sendiri menjadi node. (4) tahapan analisis teori graph dengan melakukan analisis jaringan dengan menghitung beberapa metrik graph seperti: Derajat simpul (degree): Mengukur seberapa banyak siswa terlibat dalam interaksi, Sentralitas (centrality): Mengidentifikasi siswa yang paling berpengaruh dalam kelompok dan diameter graph: Mengukur jarak komunikasi terjauh antara dua siswa dalam kelompok. (5) tahapan interpretasi hasil melakukan analisis hasil dari graf untuk memahami pola komunikasi yang mendukung keberhasilan pembelajaran kooperatif lalu membandingkan pola komunikasi antara kelompok yang memiliki hasil belajar tinggi dan rendah untuk melihat hubungan antara dinamika komunikasi dan hasil pembelajaran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil data temuan berdasarkan adaptasi teori graf yang digunakan untuk menganalisis lima jenis kelompok dengan karakteristik komunikasi yang unik, disajikan dalam Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 1. Parameter teori graph terkait pengembangan metodologi

Parameter	Defenisi	Metodologi	Analisis Jaringan Sosial
Node (Simpul)	Objek yang menarik	Mahasiswa atau fasilitator	Orang
Edge (Sisi)	Konektor antara dua node	Perputaran antara dua individu	Aliran informasi antara dua orang
Direction (Arah)	Menentukan mode mana yang menunjuk ke node lain menggunakan	Menunjukkan individu mana yang berbicara setelah yang lainnya	Menunjukkan orang mana yang memiliki hubungan dengan orang tersebut

	tepi		
Weight (Berat)	Angka yang terkait dengan tepi	Frekuensi pembicaraan antara dua individu	Frekuensi aliran informasi antara dua orang
Degree (Derajat)	Jumlah tepi yang terhubung ke sebuah node	Jumlah orang yang diajak bicara oleh seseorang (sebelum/sesudah)	Jumlah orang yang memiliki ikatan dengan seseorang
Density (Kepadatan)	Jumlah sisi dibagi dengan jumlah sisi yang mungkin	Pembicaraan bergantian terjadi di antara individu yang berbeda	Interaksi yang terjadi antara orang yang berbeda
Centrality (Sentralitas)	Angka untuk pentingnya suatu node tertentu dalam grafik	Jumlah sumbangan giliran bicara untuk seorang individu	Besarnya pengaruh masing-masing orang
centralization (Sentralisasi)	Angka untuk pentingnya simpul pusat	Ketergantungan suatu kelompok terhadap individu yang paling aktif	Ketergantungan jaringan pada orang yang paling aktif
Subgraph	Grafik yang lebih kecil di dalam grafik	Orang yang berbicara satu sama lain lebih sering	Individu yang memiliki hubungan lebih dekat satu sama lain

Tabel 2. Pengamatan kelompok dan tipe hubungan antar anggota

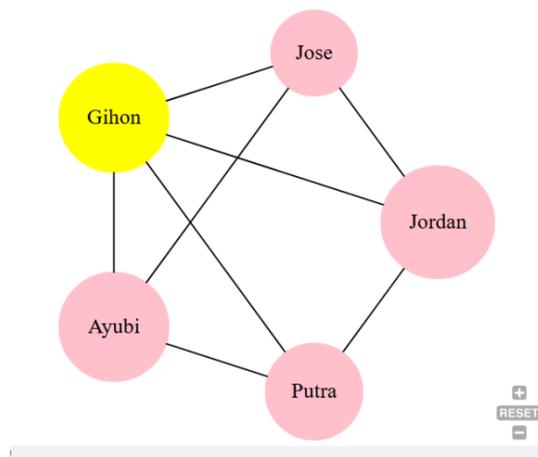
No	Nama Kelompok	Jumlah anggota	Anggota kelompok	Tipe Hubungan Antar Anggota	Tipe Hubungan (Edge)
1	Kelompok A	5 orang	Putra, Jose, Ayubi, Gihon, Jordan	Gihon↔Putra, Gihon↔Ayubi, Jose↔Ayubi, Jordan↔Putra, Ayubi↔Putra	Undirected
2	Kelompok B	5 orang	Angel, Dhea, Gracia, Fidela, Rivana	Angel↔Rivana, Angel↔Fidela, Gracia↔Rivana, Dhea↔Gracia, Gracia↔Fidela	Undirected
3	Kelompok C	5 orang	Grimonia, Kezia, Yolande, Yohana, Theresia	Grimonia↔Kezia, Grimonia↔Yolanda, Grimonia↔Yohana, Grimonia↔Theresia, Kezia↔Theresia, Kezia↔Yolanda, Theresia↔Yolanda, Yolanda↔Yohana	Undirected
4	Kelompok D	5 orang	Wiliam, Arvin, Sterando, Gedwin, Josua	Arvin↔Wiliam, Arvin↔Gedwin, Gedwin↔Sterando, Gedwin↔Josua	Undirected
5	Kelompok E	6 orang	Abil, Alinskie, Aprilia,	Abil↔Alinskie, Abil↔Glen, Abil↔Reva,	Undirected
				Abil↔Aprilia, Abil↔Marisa, Alinskie↔Glen,	

Glen, Eva↔Aprilia, Aprilia↔Marisa
 Marisa,
 Reva

Tabel 3. Hasil angket persentase kepuasan siswa terhadap pembelajaran kelompok dengan pendekatan teori graph

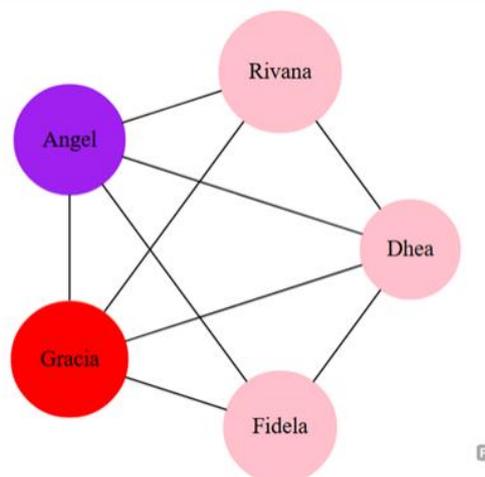
No.	Pernyataan	Sangat Setuju (%)	Setuju (%)	Netral (%)	Tidak Setuju (%)	Sangat Tidak Setuju (%)
1.	Pembelajaran kelompok menggunakan teori graf membantu saya memahami materi dengan lebih baik.	3 orang (11,5%)	20 orang (76,9%)	3 orang (11,5%)	0 orang (0%)	0 orang (0%)
2.	Struktur kelompok yang dibentuk seperti jaringan (graf) memudahkan saya dalam bekerja sama dengan anggota kelompok lainnya.	3 orang (11,5%)	14 orang (53,8%)	9 orang (34,6%)	0 orang (0%)	0 orang (0%)
3.	Pembagian peran dalam kelompok berdasarkan teori graf membuat diskusi dan pemecahan masalah lebih efektif.	8 orang (30,76%)	16 orang (61,5%)	2 orang (7,69%)	0 orang (0%)	0 orang (0%)
4.	Saya merasa lebih terlibat dalam kegiatan kelompok saat menggunakan pembelajaran berbasis teori graf.	4 orang (15,38%)	17 orang (65,3%)	5 orang (19,2%)	0 orang (0%)	0 orang (0%)
5.	Saya merasa nyaman mengkomunikasikan ide dan pendapat saya di dalam kelompok saat menggunakan pendekatan teori graf.	9 orang (34,6%)	11 orang (42,3%)	5 orang (19,2%)	1 orang (3,8%)	0 orang (0%)
6.	Pendekatan teori graf dalam pembelajaran kelompok membantu memperjelas hubungan dan aliran informasi antar anggota kelompok.	8 orang (30,76%)	12 orang (46,15%)	6 orang (23,07%)	0 orang (0%)	0 orang (0%)
7.	Metode ini membantu saya lebih mudah dalam memahami materi melalui kolaborasi dan interaksi dalam kelompok.	10 orang (38,46%)	4 orang (15,38%)	12 orang (46,15%)	0 orang (0%)	0 orang (0%)
8.	Saya merasa pendekatan teori graf membuat pembelajaran kelompok lebih menarik dan menyenangkan.	12 orang (46,15%)	5 orang (19,2%)	7 orang (26,9%)	2 orang (7,69%)	0 orang (0%)
9.	Teori graf memudahkan saya untuk mengenali dan memahami posisi saya dalam jaringan kerja kelompok.	5 orang (19,2%)	12 orang (46,15%)	8 orang (30,76%)	1 orang (3,8%)	0 orang (0%)
10.	Saya merasa metode ini	7 orang	16 orang	3 orang	0 orang	0 orang

	efektif dalam meningkatkan pemahaman saya terhadap materi dan keterampilan pemecahan masalah secara kolaboratif.	(26,9%)	(61,5%)	(11,5%)	(0%)	(0%)
11.	Pembelajaran dengan pendekatan graf membuat komunikasi antar anggota lebih terarah dan jelas.	8 orang (30,76%)	14 orang (53,8%)	4 orang (15,38%)	0 orang (0%)	0 orang (0%)
12.	Dengan teori graf, saya merasa lebih termotivasi untuk berkontribusi dan aktif di dalam kelompok.	13 orang (50%)	9 orang (34,6%)	3 orang (11,5%)	1 orang (3,8%)	0 orang (0%)



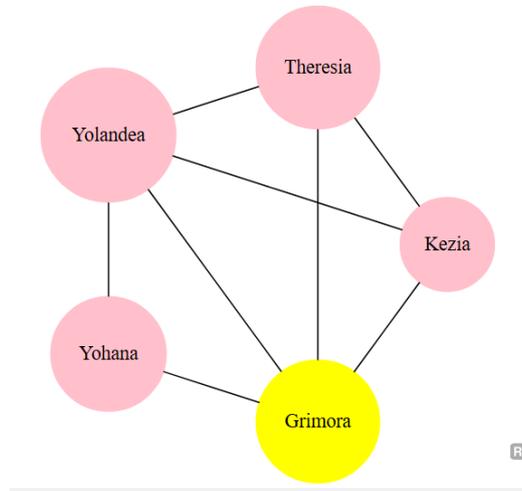
Gambar 1. Diagram kelompok A

Kelompok A menunjukkan hubungan saling terhubung antara semua anggota tanpa arah spesifik, ini merupakan tipe hubungan graph tak berarah. Hubungan ini menciptakan pola interaksi yang cenderung egaliter. Node kuning terhubung dengan setiap anggota kelompok dan tampak memegang posisi sentral dalam komunikasi. Hal ini menunjukkan bahwa node ini berperan sebagai penghubung utama atau "hub" dalam kelompok sehingga terjadi aliran informasi yang lebih cepat di antara anggota lain melaluinya. Ini mendukung stabilitas interaksi, tetapi dapat menyebabkan ketergantungan pada node kuning dalam koordinasi kelompok.



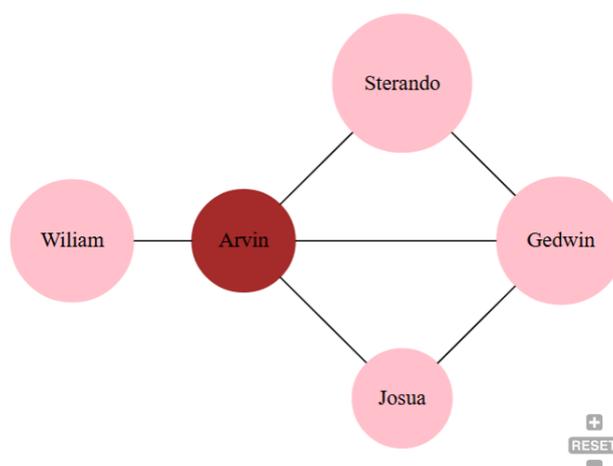
Gambar 2. Diagram kelompok B

Kelompok B merupakan tipe hubungan graph tak berarah. Hubungan ini terdapat dua node yang terhubung dengan setiap anggota kelompok. Node ungu dan node merah memiliki keterhubungan langsung dengan semua anggota dan menunjukkan posisi yang sentral dalam graf tak berarah. Hal ini menggambarkan bahwa node ungu dan merah memiliki peran signifikan dalam menjaga kohesi kelompok dan mendorong interaksi antar siswa. Keterhubungan yang hampir merata antara anggota lainnya mencerminkan pola komunikasi yang kolaboratif. Namun, jika node ungu dan merah berperan dominan, kelompok ini mungkin kurang fleksibel dalam distribusi tugas ketika node ungu dan merah tidak aktif.



Gambar 3. Diagram kelompok C

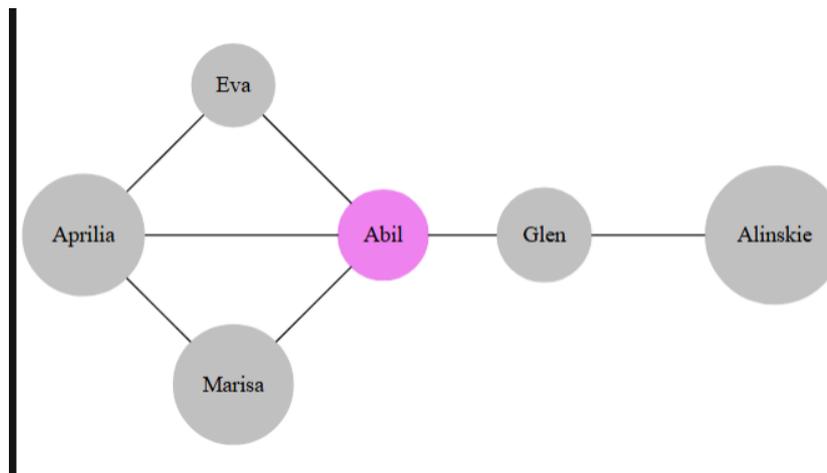
Kelompok C menunjukkan bahwa node kuning memiliki banyak hubungan langsung dengan anggota lain, memberikan indikasi sebagai "central node" yang berperan penting dalam menghubungkan anggota lain. Hubungan Kezia dengan beberapa anggota, seperti Theresia dan Yolanda, menunjukkan pola komunikasi tambahan di luar node kuning. Struktur ini memungkinkan adanya distribusi tanggung jawab, dan tidak hanya bertumpu pada satu orang. Namun, beberapa hubungan tidak langsung antara anggota lain menunjukkan bahwa interaksi bisa lebih optimal untuk memastikan semua anggota terlibat dalam proses komunikasi yang merata.



Gambar 4. Diagram kelompok D

Dalam Kelompok D, node coklat tampak sebagai titik sentral dengan koneksi ke semua anggota lain, menunjukkan dominasi dalam pengaruh komunikasi. Pola ini mengarah pada pembentukan struktur hierarkis informal, di mana node coklat kemungkinan menjadi pemimpin

kelompok. Hubungan lain, seperti antara Gedwin dan Sterando, menggambarkan adanya subkelompok kecil dalam dinamika ini. Meskipun struktur ini dapat mempercepat pengambilan keputusan, ketergantungan tinggi pada node coklat berpotensi menghambat interaksi antaranggota yang lain.



Gambar 5. Diagram kelompok E

Kelompok E terdiri dari enam anggota, yang mana node ungu memiliki keterhubungan dengan semua anggota, memperlihatkan pola sentralitas yang dominan. Ini menunjukkan bahwa node ungu mungkin berfungsi sebagai penggerak utama komunikasi dalam kelompok. Sementara itu, beberapa hubungan tambahan antara anggota lain (misalnya, Alinskie dengan Glen) menggambarkan adanya interaksi yang cukup terbuka dan mendukung kolaborasi. Namun, posisi sentral node ungu juga dapat mengakibatkan dominasi dalam arah diskusi, sehingga perlu diperhatikan agar anggota lain tetap memiliki kesempatan untuk berkontribusi secara seimbang.

Pola-pola ini menunjukkan bahwa kelompok dengan titik sentral yang kuat cenderung bergantung pada satu atau dua anggota utama, yang dapat meningkatkan efisiensi komunikasi tetapi berisiko menciptakan ketergantungan berlebihan. Kelompok yang memiliki keterhubungan merata di antara semua anggota memperlihatkan interaksi yang lebih kolaboratif, yang ideal untuk pembelajaran kooperatif. Struktur graph tak berarah ini memungkinkan fleksibilitas dalam distribusi peran, yang mendukung terciptanya dinamika kelompok yang sehat dan kooperatif.

Dengan demikian, pemahaman mengenai pola graph ini dapat memberikan gambaran yang lebih mendalam tentang bagaimana kelompok bekerja dan bagaimana posisi serta peran setiap anggota memengaruhi interaksi kelompok. Insight ini penting untuk mendukung efektivitas pembelajaran kooperatif dan menciptakan lingkungan yang saling mendukung dalam proses belajar-mengajar.

Dari hasil observasi yang dilakukan selama proses pembelajaran siswa pada kelompok eksperimen, hasil penelitian menunjukkan bahwa pola komunikasi dalam kelompok pembelajaran memiliki pengaruh signifikan terhadap dinamika kelompok dan hasil belajar siswa. Kelompok terpusat memungkinkan kontrol yang lebih besar oleh fasilitator tetapi cenderung mengurangi partisipasi siswa lainnya. Sebaliknya, kelompok terdesentralisasi mendorong kesetaraan partisipasi, yang dapat meningkatkan kepuasan dan hasil belajar. Adapun kelompok dengan subkelompok memberikan keuntungan dalam interaksi yang lebih fokus, tetapi batas komunikasi antar subkelompok mungkin mengurangi kohesi dan inklusi.

Selanjutnya, sebagian besar responden merasa bahwa pembelajaran kelompok menggunakan teori graph membantu mereka memahami materi lebih baik. Respon peserta didik 11,5% sangat setuju, 76,9% setuju, dan 11,5% netral dengan pernyataan ini. Teori graph efektif dalam memfasilitasi kerja sama antar anggota kelompok, dengan 11,5% sangat setuju, 53,8% setuju dan 34,5% netral maka dapat disimpulkan bahwa struktur seperti jaringan (graph) memudahkan mereka dalam berkolaborasi.

Pembagian peran dalam kelompok menurut teori graph dilihat sangat efektif untuk diskusi dan pemecahan masalah, dengan 30,76% sangat setuju, 61,5% setuju dan 7,6% netral. Pembelajaran berbasis teori graph meningkatkan keterlibatan peserta, dengan 15,3% sangat setuju, 65,3% merasa lebih terlibat dan 15,3% sangat setuju. Perasaan nyaman mengkomunikasikan ide dan pendapat di dalam kelompok saat menggunakan pendekatan teori graph, dengan 34,6% sangat setuju, 42,3% setuju, 19,2% netral dan 3,8% tidak setuju. Teori graph membantu memperjelas hubungan dan aliran informasi antar anggota kelompok, dengan 30,76% sangat setuju, 46,15% setuju dan 23,07% netral. Kolaborasi dan interaksi dalam kelompok lebih mudah dilakukan, dengan 38,46% sangat setuju, 15,38% setuju, dan 46,15% netral. Maka dapat disimpulkan metode ini membantu mereka memahami materi dengan lebih baik.

Pendekatan teori graph membuat pembelajaran kelompok lebih menarik dan menyenangkan dengan 46,15% sangat setuju, 19,2% setuju, 26,9% netral, dan tidak setuju 7,69%. Teori graph memudahkan untuk mengenali dan memahami posisi dalam jaringan kerja kelompok, dengan 19,2% sangat setuju, 46,15% setuju, 30,76% netral dan 3,8% tidak setuju. Metode ini efektif dalam meningkatkan pemahaman terhadap materi dan keterampilan pemecahan masalah secara kolaboratif, dimana respon peserta didik 26,9% sangat setuju, 61,5% setuju, dan 11,5% netral. Pembelajaran dengan pendekatan graph membuat komunikasi antar anggota lebih terarah dan jelas, dengan 30,76% sangat setuju, 53,8% setuju, dan 15,38% netral. Dengan teori graph, siswa lebih termotivasi untuk berkontribusi dan aktif di dalam kelompok, ditandai dengan respon peserta didik sebanyak 50% menyatakan sangat setuju, 34,6% setuju, 11,5% netral dan 3,8% tidak setuju. Secara keseluruhan, responden cenderung merespons positif terhadap penggunaan teori graph dalam pembelajaran kelompok, dengan banyak yang merasa lebih terlibat, termotivasi, dan memiliki pemahaman yang lebih baik.

Berdasarkan data angket, sebagian besar siswa merasa bahwa pendekatan berbasis teori graph membantu mereka memahami materi lebih baik. Sebanyak 76,9% siswa menyatakan setuju bahwa struktur kelompok berbasis graph memudahkan kerja sama dan diskusi, sementara 61,5% siswa merasa metode ini efektif dalam pemecahan masalah. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan pemahaman materi tetapi juga memberikan pengalaman kolaboratif yang lebih menyenangkan. Sebanyak 50% siswa merasa lebih termotivasi untuk berkontribusi, dan 46,15% merasa metode ini membuat pembelajaran lebih menarik. Temuan ini menegaskan bahwa struktur jaringan dalam teori graph membantu memperjelas aliran informasi, meningkatkan komunikasi, dan mendorong keterlibatan aktif seluruh anggota kelompok.

Meskipun hasil penelitian menunjukkan dampak positif, terdapat kendala dan keterbatasan dalam penelitian. Ini mencakup beberapa aspek yang dapat mempengaruhi hasil dan interpretasi data. Faktor-faktor eksternal seperti lingkungan kelas, hubungan antar siswa, dan pengaruh guru dapat mempengaruhi interaksi dan hasil pembelajaran dan tidak sepenuhnya terukur dalam analisis graph. Adapun setiap kelompok belajar memiliki dinamika yang unik, dan hasil yang diperoleh dari satu kelompok mungkin tidak dapat digeneralisasi ke kelompok lain. Hal ini dapat membatasi kemampuan untuk menarik kesimpulan yang lebih luas. Selain itu, Persepsi peneliti terhadap interaksi dapat berbeda-beda, sehingga definisi hubungan bisa menjadi subjektif sehingga dapat mempengaruhi interpretasi data dan hasil analisis. Kendala dan keterbatasan ini penting untuk diakui agar hasil penelitian dapat dipahami dalam konteks yang tepat dan untuk memberikan rekomendasi yang lebih realistis untuk praktik pembelajaran kooperatif di masa depan.

Penelitian ini memiliki implikasi penting bagi pembelajaran kooperatif, terutama dalam meningkatkan pemahaman tentang dinamika kelompok. Dengan menggunakan teori graph untuk menganalisis interaksi siswa, guru dapat melihat bagaimana pola komunikasi dan peran individu memengaruhi proses belajar, sehingga tidak hanya fokus pada hasil akhir pembelajaran. Temuan ini menyoroti pentingnya desain kelompok yang strategis, di mana pendidik dapat membentuk kelompok yang lebih seimbang untuk memastikan semua siswa berpartisipasi aktif dan mengurangi ketimpangan kontribusi. Selain itu, pembelajaran kooperatif yang didukung analisis interaksi membantu siswa mengembangkan keterampilan sosial seperti komunikasi, kolaborasi, dan empati, yang mendukung pengembangan karakter dan keterampilan interpersonal. Pemahaman yang lebih baik tentang interaksi kelompok memungkinkan guru merancang aktivitas

pembelajaran yang lebih menarik dan efektif, menciptakan lingkungan yang mendorong kolaborasi dan diskusi aktif.

Penelitian ini juga membuka peluang untuk memanfaatkan teknologi dalam memetakan dan mengevaluasi interaksi siswa, sehingga pendidik dapat merancang pengalaman belajar yang lebih interaktif dan responsif. Rekomendasi berbasis data dari penelitian ini memberikan panduan untuk praktik terbaik dalam pembelajaran kooperatif, seperti menetapkan peran yang jelas dan menggunakan teknik fasilitasi yang mendukung partisipasi aktif.

Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan terhadap pengajaran matematika dengan menawarkan pemahaman mendalam mengenai interaksi siswa dalam pembelajaran kooperatif melalui penerapan teori graph. Kontribusi terhadap pengajaran matematika bisa dilakukan dalam berbagai bentuk, baik dalam lingkungan pendidikan formal maupun nonformal. Temuan ini membantu guru merancang strategi pengajaran yang lebih efektif, termasuk optimalisasi struktur kelompok belajar untuk memastikan setiap siswa dapat berkontribusi dan saling belajar, yang pada akhirnya meningkatkan hasil belajar. Selain itu, analisis interaksi ini mendukung pengembangan keterampilan sosial siswa, seperti kerja sama, komunikasi, dan tanggung jawab, yang bermanfaat tidak hanya di kelas tetapi juga dalam kehidupan sehari-hari.

Penelitian ini juga menghasilkan rekomendasi berbasis data untuk merancang aktivitas pembelajaran yang terarah dan inovatif, dengan memanfaatkan teori graf sebagai alat untuk memahami dan meningkatkan dinamika kelompok. Melalui pendekatan ini, diharapkan hasil belajar matematika meningkat seiring dengan terciptanya lingkungan belajar yang lebih inklusif dan kolaboratif, yang mendukung pertumbuhan akademik sekaligus sosial siswa.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian, penggunaan teori graf dalam pembelajaran kooperatif matematika memberikan pemahaman mendalam tentang dinamika interaksi kelompok. Struktur komunikasi yang merata meningkatkan kolaborasi, sementara ketergantungan pada individu tertentu dapat membatasi partisipasi. Penelitian ini merekomendasikan kepada guru untuk merancang kelompok dengan struktur interaksi yang seimbang, memaksimalkan partisipasi siswa dan meningkatkan hasil belajar. Selain itu, kebijakan pendidikan dapat memanfaatkan pendekatan ini untuk memperkuat keterampilan sosial siswa, seperti komunikasi dan kerja tim, yang relevan dalam kehidupan sehari-hari. Implikasi praktis ini bertujuan menciptakan lingkungan belajar yang inklusif dan efektif, mendukung perkembangan akademik serta sosial siswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Abal Abas, Z., Norizan, M. N., Zainal Abidin, Z., Abdul Rahman, A. F. N., Rahmalan, H., Ahmed Tharbe, I. H., ... & Ahmad Sobri, S. (2022). *Modeling physical interaction and understanding peer group learning dynamics: Graph analytics approach perspective. Mathematics*, 10(9), 1430.
- Assiyatun, H. (2024). *Orasi Ilmiah Guru Besar Institut Teknologi Bandung: Teori Graf dalam Peta Matematika Indonesia*. Bandung: ITB Press. ISBN 978-623-297-473- 9.
- Borgatti, S. P., Everett, M. G., & Johnson, J. C. (2013). *Analyzing Social Networks*. Thousand Oaks: SAGE Publications.
- Ibrahim, Muslimin, et al. (2000). *Pembelajaran Kooperatif*. Jakarta: Universitas Terbuka.
- Jiang, P., Ruan, X., Feng, Z., Jiang, Y., & Xiong, B. (2023). *Research on Online Collaborative Problem-Solving in the Last 10 Years: Current Status, Hotspots, and Outlook—A Knowledge Graph Analysis Based on CiteSpace*. *Mathematics*, 11(10), 2353.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1994). *Learning Together and Alone: Cooperative, Competitive, and Individualistic Learning*. Boston: Allyn and Bacon.
- Jong, B., Wu, Y., & Chan, T. (2006). *Dynamic grouping strategies based on a conceptual graph for cooperative learning. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 18(6), 738-747.
- Klang, N., Karlsson, N., Kilborn, W., Eriksson, P., & Karlberg, M. (2021, August). *Mathematical problem-solving through cooperative learning—the importance of peer acceptance and friendships*. In *Frontiers in Education* (Vol. 6, p. 710296). Frontiers Media SA.

- Li, S., Zhou, T., Tian, X., & Tao, D. (2023, July). Structured cooperative learning with graphical model priors. In International Conference on Machine Learning (pp. 20599-20622). PMLR.
- Oktaviana, D., & Abdillah, A. (2021). *Analisis kemampuan representasi matematis mahasiswa pada teori graph ditinjau dari karakteristik cara berpikir*. Jurnal Tadris Matematika, 4(2), 235-250.
- Rahayuningsih, S. (2018). Teori Graph dan Penerapannya. Malang: Universitas Wisnuwardhana Press (Unidha Press). ISBN 978-602-61380-7-1.
- Slavin, R. E. (1995). *Cooperative Learning: Theory, Research, and Practice*. Boston: Allyn and Bacon.
- Susiaty, U. D., & Oktaviana, D. (2021, August). *Peningkatan kemampuan representasi matematis mahasiswa pada mata kuliah teori graph dengan e-LKM berbasis konstruktivisme berbantuan Quizizz*. In *Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika* (Vol. 6, pp. 95-99).