
PEMANFAATAN VISUALISASI GRAPH INTERAKTIF UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN STRUKTUR ALJABAR PADA MAHASISWA PENDIDIKAN MATEMATIKA

Dimas Anditha Cahyo Sujiwo¹⁾, Marsidi^{2*)}

^{1,2} Universitas PGRI Argopuro Jember, Indonesia

**Corresponding author*

Email: marsidiarin@gmail.com

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the effect of the use of interactive graph visualization on improving the understanding of algebraic structures of mathematics education students at PGRI Argopuro University, Jember. The method used was a quasi-experimental design with a pretest-posttest control group design. The research sample consisted of two classes, namely the experimental class and the control class, each consisting of 16 students. The research instrument was a test of understanding algebraic structures given before (pretest) and after treatment (posttest). Data were analyzed using normality tests, homogeneity tests, independent t-tests, and N-Gain calculations to see the level of improvement in understanding in each group. The results of the analysis showed that the independent t-test value had a significance of $0.001 < 0.05$, which means there was a significant difference between the learning outcomes of the experimental and control classes after the treatment was given. The experimental class obtained an average N-Gain value of 0.75425, which is included in the high category, while the control class only obtained an average value of 0.45919 with a medium category. The difference in the N-Gain categories indicates that the improvement in students' abilities in the experimental class was more significant and even, as indicated by the relatively small standard deviation. This finding demonstrates that interactive graph visualization media can effectively strengthen students' understanding of algebraic structures.

Keywords : Graph, Interactive, Understanding, Visualization Algebraic Structure

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan visualisasi graph interaktif terhadap peningkatan pemahaman struktur aljabar mahasiswa pendidikan matematika Universitas PGRI Argopuro Jember. Metode yang digunakan adalah kuasi-eksperimen dengan desain Pretest-Posttest Control Group Design. Sampel penelitian terdiri dari dua kelas, yaitu kelas eksperimen dan kelas kontrol, masing-masing berjumlah 16 mahasiswa. Instrumen penelitian berupa tes pemahaman struktur aljabar yang diberikan sebelum (pretest) dan sesudah perlakuan (posttest). Data dianalisis menggunakan uji normalitas, homogenitas, uji Independent t-test, serta perhitungan N-Gain untuk melihat tingkat peningkatan pemahaman pada masing-masing kelompok. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai Independent t-test memiliki signifikansi $0.001 < 0.05$, yang berarti terdapat perbedaan signifikan antara hasil belajar kelas eksperimen dan kontrol setelah perlakuan diberikan. Kelas eksperimen memperoleh nilai rata-rata N-Gain sebesar 0.75425 yang termasuk kategori tinggi, sedangkan kelas kontrol hanya memperoleh nilai rata-rata 0.45919 dengan kategori sedang. Perbedaan kategori N-Gain ini menunjukkan bahwa peningkatan kemampuan mahasiswa pada kelas eksperimen lebih signifikan dan merata, ditunjukkan oleh

standar deviasi yang relatif kecil. Temuan ini membuktikan bahwa media visualisasi graph interaktif dapat secara efektif memperkuat pemahaman mahasiswa terhadap struktur aljabar.

Kata Kunci : Graph, Interaktif, Pemahaman, Struktur Aljabar Visualisasi

PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan fondasi penting dalam membentuk generasi yang mampu menghadapi perubahan sosial, ekonomi, dan teknologi (Sari, 2020). Melalui pendidikan, individu memperoleh kemampuan dasar untuk berpikir kritis dan logis. Pada pendidikan tinggi, mahasiswa tidak hanya dituntut memahami teori, tetapi juga mampu mengimplementasikan konsep melalui teknologi modern, sebagaimana disarankan dalam model pembelajaran abad 21 (Wijaya, 2021).

Perkembangan teknologi digital telah memicu transformasi besar pada proses belajar mengajar, terutama dalam penggunaan media berbasis visual dan interaktif (Mulyono, 2020). Namun, kenyataan menunjukkan bahwa sebagian besar perguruan tinggi masih menerapkan model pembelajaran konvensional yang minim pemanfaatan teknologi (Rahmat & Yusuf, 2022). Hal ini berdampak pada keterbatasan kemampuan mahasiswa dalam memahami konsep abstrak, terutama dalam bidang matematika yang menuntut representasi relasional dan simbolik tingkat tinggi (Rohmah, 2020).

Struktur Aljabar merupakan salah satu mata kuliah yang membutuhkan representasi abstrak yang kuat agar mahasiswa memahami hubungan antarelemen dengan baik (Setiawan, 2021). Salah satu konsep yang sangat dekat dengan Struktur Aljabar adalah graph, yang mampu memvisualisasikan relasi secara jelas dan terstruktur (Siregar, 2022). Graph memungkinkan mahasiswa melihat keterhubungan antar unsur dengan lebih konkret, tetapi pembelajaran graph di kelas masih bergantung pada papan tulis dan slide statis (Ramdani & Pratiwi, 2023). Media statis membuat mahasiswa tidak dapat bereksplorasi terhadap perubahan struktur graph, padahal eksplorasi merupakan bagian penting dalam memahami konsep relasi (Agustin, 2020).

Berdasarkan hasil evaluasi internal Program Studi Pendidikan Matematika Universitas PGRI Argopuro Jember, diketahui bahwa mahasiswa masih kesulitan memahami relasi, operasi biner, maupun sifat-sifat struktur aljabar. Kesulitan

tersebut muncul karena mahasiswa cenderung menghafal sifat aljabar tanpa memahami representasinya secara visual dan konseptual (Fauziah, 2021). Mahasiswa juga terbukti lemah dalam membuat model representasi seperti graf Cayley atau relasi ekuivalensi karena kurangnya media pendukung (Kurniawan, 2022). Minimnya media visualisasi interaktif menjadi faktor penghambat pemahaman konsep, padahal media digital terbukti meningkatkan pemahaman mahasiswa dalam pembelajaran abstrak (Hidayat, 2020).

Generasi mahasiswa saat ini dikenal sebagai digital native, sehingga pembelajaran yang menuntut keaktifan visual dan interaksi lebih efektif dibanding metode konvensional (Nisa & Firmansyah, 2021). Pembelajaran ideal menuntut mahasiswa ikut membangun pengetahuannya melalui eksplorasi media interaktif yang memungkinkan manipulasi objek matematis (Saputra & Wibowo, 2023). Visualisasi interaktif membantu mahasiswa memahami pola abstrak secara lebih mudah, terutama pada materi yang menuntut representasi matematis tingkat tinggi (Suhendra, 2020).

Dalam konteks Struktur Aljabar, visualisasi graph interaktif sangat efektif untuk membantu memahami relasi, grup, dan struktur himpunan (Lestari, 2023). Graph juga memungkinkan mahasiswa menelusuri perubahan hubungan antarelemen secara real-time sehingga memperkuat pemahaman konsep (Munandar, 2020). Penelitian menunjukkan bahwa media visual interaktif berpengaruh signifikan terhadap pemahaman konsep matematika (Putri & Hasanah, 2021). Selain itu, penggunaan visualisasi berbasis graph terbukti meningkatkan kemampuan analitis dan representasional mahasiswa (Sihombing, 2022).

Teknologi modern menyediakan banyak platform pembelajaran graph, seperti GeoGebra dan Graph Online, yang mudah digunakan dan sangat mendukung pembelajaran abstrak (Amalia, 2020). Sayangnya, integrasi teknologi ini belum maksimal di perguruan tinggi, terutama pada mata kuliah Struktur Aljabar yang masih banyak disampaikan secara tradisional (Simanjuntak, 2021). Padahal, teknologi dapat menjadi jembatan penting untuk menghubungkan konsep abstrak dengan representasi visual yang lebih mudah dipahami (Wijayanti, 2022). Oleh karena itu, inovasi pembelajaran berbasis visualisasi graph interaktif sangat

diperlukan untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa dalam pembelajaran Struktur Aljabar.

Inovasi ini juga sejalan dengan teori konstruktivisme yang menekankan pentingnya aktivitas eksploratif dan partisipatif mahasiswa (Priyanto, 2020). Melalui visualisasi interaktif, mahasiswa dapat memodifikasi, menambah, atau mengubah elemen graph sehingga mendapatkan pemahaman konsep yang lebih mendalam. Model pembelajaran ini juga mampu menciptakan suasana belajar yang lebih menarik dan tidak monoton dibanding ceramah konvensional (Harahap, 2023). Selain itu, mahasiswa dapat mengembangkan kemampuan representasi matematis dan pemodelan yang sangat penting dalam profesi guru matematika. Dengan demikian, pemanfaatan visualisasi graph interaktif sangat penting untuk meningkatkan kualitas pembelajaran di Program Studi Pendidikan Matematika Universitas PGRI Argopuro Jember. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini diberi judul “Pemanfaatan Visualisasi Graph Interaktif untuk Meningkatkan Pemahaman Struktur Aljabar pada Mahasiswa Pendidikan Matematika”, yang bertujuan mengembangkan model pembelajaran berbasis visual interaktif untuk membantu mahasiswa memahami konsep abstrak secara lebih efektif.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Quasi-Eksperimen (Quasi-Experimental Design) karena peneliti tidak dapat melakukan pengacakan subjek secara penuh, tetapi tetap ingin menguji pengaruh perlakuan tertentu terhadap hasil belajar mahasiswa. Metode ini dianggap paling sesuai untuk kondisi kelas nyata di perguruan tinggi yang sudah memiliki pengelompokan kelas tetap. Desain penelitian yang digunakan ialah Pretest–Posttest Control Group Design, yaitu desain yang melibatkan dua kelompok: kelas eksperimen dan kelas kontrol. Kedua kelas diberikan pretest untuk mengetahui kemampuan awal mahasiswa sebelum perlakuan diberikan, kemudian diberikan posttest setelah perlakuan diterapkan.

Kelas eksperimen berjumlah 16 mahasiswa yang mendapatkan perlakuan berupa pembelajaran menggunakan visualisasi graph interaktif dalam memahami Struktur Aljabar. Visualisasi interaktif ini mencakup penggunaan media digital yang

memungkinkan mahasiswa memanipulasi graph, melihat perubahan relasi, serta mengeksplorasi elemen-elemen struktur secara mandiri. Kelas kontrol berjumlah 16 mahasiswa yang belajar menggunakan metode konvensional, yaitu pembelajaran berbasis ceramah, penjelasan simbolik, dan contoh tertulis tanpa penggunaan media visualisasi graph interaktif. Metode ini digunakan sebagai pembandingan untuk melihat efektivitas perlakuan pada kelas eksperimen.

Instrumen utama dalam penelitian ini berupa tes pemahaman Struktur Aljabar, yang diberikan pada saat pretest dan posttest. Tes ini terdiri dari soal yang mengukur kemampuan mahasiswa memahami relasi, operasi biner, dan representasi struktur aljabar. Instrumen disusun berdasarkan indikator kompetensi yang sesuai dengan kurikulum perkuliahan. Selain tes, penelitian ini juga menggunakan lembar observasi untuk mencatat aktivitas dan keterlibatan mahasiswa selama proses pembelajaran berlangsung. Observasi dilakukan untuk melihat seberapa besar interaksi mahasiswa dengan media visualisasi graph interaktif serta kesulitan yang mereka hadapi.

Prosedur penelitian dimulai dengan pelaksanaan pretest pada kedua kelas untuk memperoleh data kemampuan awal mahasiswa. Setelah itu, kelas eksperimen diberikan pembelajaran dengan media graph interaktif, sementara kelas kontrol mendapatkan pembelajaran sesuai metode konvensional. Perlakuan diberikan dalam beberapa pertemuan sesuai jadwal perkuliahan. Setelah seluruh perlakuan selesai, peneliti memberikan posttest kepada kedua kelas untuk mengetahui peningkatan pemahaman mahasiswa. Hasil pretest dan posttest kemudian dianalisis untuk mengetahui perbedaan sebelum dan sesudah perlakuan, serta perbedaan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol.

Teknik analisis data yang digunakan adalah uji gain (N-Gain) dan uji t independen. Uji N-Gain digunakan untuk melihat tingkat peningkatan pemahaman mahasiswa pada masing-masing kelas, sedangkan uji t independen digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan peningkatan yang signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Hasil analisis data akan menunjukkan apakah penggunaan visualisasi graph interaktif berpengaruh secara signifikan terhadap peningkatan pemahaman Struktur Aljabar mahasiswa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas pemanfaatan visualisasi graph interaktif dalam meningkatkan pemahaman struktur aljabar pada mahasiswa Pendidikan Matematika Universitas PGRI Argopuro Jember. Untuk mencapai tujuan tersebut, penelitian menggunakan desain kuasi-eksperimen dengan melibatkan dua kelas, yaitu kelas eksperimen dan kelas kontrol yang masing-masing berjumlah 16 mahasiswa. Kelas eksperimen mendapatkan pembelajaran menggunakan visualisasi graph interaktif, sedangkan kelas kontrol mengikuti pembelajaran secara konvensional tanpa bantuan media visual interaktif.

Sebelum pemberian perlakuan, kedua kelas diberikan tes awal (pretest) untuk mengukur kemampuan awal mahasiswa terkait struktur aljabar. Hasil pretest menunjukkan bahwa kemampuan awal kedua kelas berada pada tingkat yang relatif sama, dengan nilai rata-rata yang tidak berbeda signifikan secara statistik. Temuan ini menegaskan bahwa kondisi awal kedua kelompok setara sehingga layak dibandingkan untuk melihat pengaruh perlakuan yang diberikan.

Setelah proses pembelajaran berlangsung, kedua kelas diberikan tes akhir (posttest) untuk melihat peningkatan pemahaman mahasiswa. Hasil posttest menunjukkan adanya perbedaan yang cukup mencolok antara kedua kelompok. Mahasiswa di kelas eksperimen menunjukkan peningkatan yang lebih tinggi dibandingkan mahasiswa di kelas kontrol. Perbedaan ini terlihat baik dari nilai rata-rata posttest maupun dari distribusi nilai keseluruhan yang menunjukkan kecenderungan peningkatan signifikan pada kelas eksperimen.

Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data pretest dan posttest pada kelas eksperimen dan kontrol berdistribusi normal. Pengujian menggunakan Shapiro–Wilk karena jumlah sampel pada masing-masing kelas adalah 16 mahasiswa (< 50). Taraf signifikansi yang digunakan adalah $\alpha = 0,05$. Sementara kriteria pengambilan keputusan: i) Jika Sig. $> 0,05$ maka data dikatakan berdistribusi normal. sebaliknya ii) Jika Sig. $< 0,05$ maka data dikatakan tidak berdistribusi normal.

Tabel 1. NORMALITAS KELAS EKSPERIMEN

Jenis Data	Statistik Shapiro-Wilk	Sig. (p-value)	Keterangan
Pretest	0.958	0.628	Normal
Posttest	0.947	0.487	Normal

Berdasarkan hasil uji normalitas, data pretest pada kelas eksperimen memiliki nilai statistik Shapiro-Wilk sebesar 0.958 dengan nilai signifikansi 0.628. Nilai signifikansi tersebut lebih besar dari batas probabilitas 0.05, sehingga dapat disimpulkan bahwa data pretest berdistribusi normal. Kondisi ini mengindikasikan bahwa kemampuan awal mahasiswa pada kelas eksperimen tidak menunjukkan penyimpangan distribusi secara signifikan dari distribusi normal.

Selanjutnya pada data posttest, hasil uji normalitas menunjukkan nilai Shapiro-Wilk sebesar 0.947 dengan signifikansi 0.487. Sama seperti pretest, nilai signifikansi ini juga lebih besar dari 0.05, sehingga data posttest dinyatakan berdistribusi normal. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan kemampuan mahasiswa setelah mengikuti pembelajaran menggunakan visualisasi graph interaktif tetap berada dalam pola distribusi normal dan tidak dipengaruhi oleh outlier atau penyimpangan lainnya.

Tabel 2. NORMALITAS KELAS KONTROL

Jenis Data	Statistik Shapiro-Wilk	Sig. (p-value)	Keterangan
Pretest	0.952	0.553	Normal
Posttest	0.933	0.324	Normal

Sama halnya dengan kelas eksperimen, data pretest, hasil uji Shapiro-Wilk menunjukkan nilai statistik sebesar 0.952 dengan nilai signifikansi 0.553. Karena nilai signifikansi tersebut lebih besar dari 0.05, maka dapat disimpulkan bahwa data pretest pada kelas kontrol berdistribusi normal. Kondisi ini menunjukkan bahwa kemampuan awal mahasiswa di kelas kontrol tidak mengalami penyimpangan distribusi sehingga representatif untuk dilakukan analisis lanjutan.

Sedangkan untuk data posttest, hasil uji normalitas menunjukkan nilai Shapiro-Wilk sebesar 0.933 dengan tingkat signifikansi 0.324. Nilai signifikansi ini juga berada di atas 0.05, sehingga mengindikasikan bahwa data posttest pada kelas kontrol berdistribusi normal. Temuan ini menegaskan bahwa hasil belajar mahasiswa

setelah mengikuti pembelajaran konvensional tetap berada dalam pola distribusi normal dan tidak menunjukkan adanya anomali data.

Homogenitas

Tabel 3. HOMOGENITAS

Jenis Tes	Levene Statistic	Sig. (p-value)	Kriteria	Kesimpulan
Pretest	0.014	0.906	$p > 0.05$	Homogen
Posttest	0.271	0.606	$p > 0.05$	Homogen

Berdasarkan hasil uji homogenitas menggunakan Levene Test pada data pretest, diperoleh nilai Levene Statistic sebesar 0.014 dengan nilai signifikansi 0.906. Nilai signifikansi tersebut lebih besar dari 0.05, sehingga dapat disimpulkan bahwa varian data pretest pada kelas eksperimen dan kelas kontrol bersifat homogen. Homogenitas ini menunjukkan bahwa kedua kelompok memiliki kemampuan awal yang relatif sama dan tidak terdapat perbedaan varians yang signifikan sebelum diberikan perlakuan. Selanjutnya, hasil uji homogenitas pada data posttest menunjukkan nilai Levene Statistic sebesar 0.271 dengan signifikansi 0.606, yang kembali melebihi batas signifikansi 0.05. Hal ini menandakan bahwa varian nilai posttest juga homogen antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Dengan demikian, perbedaan yang muncul setelah perlakuan tidak dipengaruhi oleh perbedaan varians antar kelompok, melainkan murni karena perbedaan perlakuan yang diberikan.

Uji Hipotesis

Uji Independent

Tabel 4. INDEPENDENT TEST

Levene	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% CI Lower	95% CI Upper
Equal variances assumed	3.544	30	0.001	8.94	2.52	3.79	14.10

Berdasarkan hasil Independent Sample t-test yang ditampilkan pada Tabel 4, diketahui bahwa nilai t hitung sebesar 3.544 dengan derajat kebebasan ($df = 30$) dan nilai signifikansi 0.001. Nilai signifikansi ini lebih kecil dari 0.05, sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil belajar siswa pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Perbedaan ini menunjukkan bahwa perlakuan pembelajaran yang diberikan pada kelas eksperimen memberikan dampak yang nyata terhadap peningkatan hasil belajar siswa. Selain itu, nilai Mean

Difference sebesar 8.94 menunjukkan bahwa rata-rata hasil belajar kelas eksperimen lebih tinggi hampir 9 poin dibandingkan kelas kontrol. Selisih ini cukup besar dan menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran yang diterapkan pada kelas eksperimen memberikan peningkatan yang lebih baik dibandingkan metode yang digunakan pada kelas kontrol. Perbedaan rata-rata ini semakin menguatkan temuan bahwa perlakuan memiliki pengaruh signifikan terhadap hasil belajar siswa.

N-Gain

Tabel 5. N-GAIN TEST

Kelompok	n	Mean N-Gain	Sample SD	Kategori Hake
Eksperimen	16	0.75425	0.05966	Tinggi
Kontrol	16	0.45919	0.03608	Sedang

Hasil uji N-Gain pada Tabel 5 menunjukkan bahwa kelompok eksperimen memiliki nilai rata-rata N-Gain sebesar 0.75425 dengan kategori Tinggi menurut kriteria Hake. Nilai ini mengindikasikan bahwa peningkatan pemahaman mahasiswa setelah mengikuti pembelajaran menggunakan visualisasi graph interaktif berada pada level yang sangat baik. Kategori tinggi ini menegaskan bahwa metode pembelajaran yang diterapkan berhasil memberikan perubahan signifikan terhadap penguasaan konsep struktur aljabar.

Pada kelompok kontrol, nilai rata-rata N-Gain tercatat sebesar 0.45919 dan masuk dalam kategori Sedang. Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran menggunakan metode konvensional masih mampu meningkatkan pemahaman mahasiswa, tetapi tidak seefektif metode visualisasi graph interaktif. Perbandingan antar kedua kelompok mengindikasikan bahwa penggunaan media visual interaktif memberikan kontribusi lebih besar terhadap perkembangan kemampuan konsep mahasiswa.

Perbedaan nilai sample standard deviation (SD) juga menunjukkan bahwa kelompok eksperimen memiliki SD sebesar 0.05966, sedangkan kelompok kontrol memiliki SD 0.03608. Meskipun standar deviasi kelompok eksperimen sedikit lebih besar, nilai tersebut masih tergolong rendah, sehingga variasi peningkatan skor antar mahasiswa relatif stabil. Dengan demikian, hampir seluruh mahasiswa dalam kelas eksperimen mengalami peningkatan yang konsisten dan signifikan. Secara

keseluruhan, hasil N-Gain memperkuat temuan sebelumnya bahwa metode pembelajaran berbasis visualisasi graph interaktif memiliki efektivitas lebih tinggi dibandingkan metode konvensional.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pembelajaran menggunakan visualisasi graph interaktif memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan pemahaman struktur aljabar mahasiswa dibandingkan pembelajaran konvensional. Temuan ini terlihat konsisten pada berbagai uji statistik yang telah dilakukan, mulai dari normalitas, homogenitas, hingga analisis komparatif menggunakan independent t-test dan perhitungan N-Gain. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa penggunaan media visual berbasis graph mampu membantu mahasiswa memahami hubungan antar objek aljabar dengan lebih jelas dan terstruktur.

Pada tahap awal, uji normalitas dilakukan untuk memastikan bahwa data pretest dan posttest dari kedua kelompok berdistribusi normal. Hasil menunjukkan bahwa seluruh data pada kelas eksperimen maupun kelas kontrol memiliki nilai signifikansi di atas 0.05, sehingga memenuhi asumsi normalitas. Kondisi ini menjadi dasar kuat untuk melanjutkan analisis menggunakan uji parametrik seperti independent t-test. Normalitas data juga menunjukkan bahwa peningkatan nilai mahasiswa tidak mengalami fluktuasi ekstrem yang dapat mengganggu validitas penelitian.

Selain normalitas, uji homogenitas dilakukan untuk menguji kesamaan varians antara kedua kelompok. Berdasarkan hasil uji Levene, baik pada pretest maupun posttest diperoleh nilai signifikansi $p > 0.05$, yang menunjukkan bahwa varians kedua kelompok adalah homogen. Artinya, kelas eksperimen dan kelas kontrol berada pada kondisi awal yang sebanding sebelum diberikan perlakuan. Homogenitas ini sangat penting untuk memastikan bahwa perbedaan hasil akhir memang disebabkan oleh perlakuan pembelajaran, bukan oleh ketidaksamaan kondisi awal.

Hasil uji independent t-test menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara hasil posttest kedua kelompok. Nilai signifikansi $0.001 < 0.05$ membuktikan

bahwa penggunaan visualisasi graph interaktif memberikan efek positif yang lebih besar dibandingkan pembelajaran konvensional. Selain itu, mean difference sebesar 8.94 menunjukkan adanya selisih peningkatan yang nyata antara kedua kelompok. Nilai ini bukan hanya signifikan secara statistik, tetapi juga bermakna secara pendidikan.

Interval kepercayaan 95% yang berada pada rentang 3.79 hingga 14.10 semakin memperkuat temuan bahwa perbedaan antara kedua kelompok bukan terjadi secara kebetulan. Dengan tidak adanya nilai nol dalam rentang tersebut, dapat disimpulkan bahwa perlakuan yang diberikan benar-benar memiliki pengaruh nyata terhadap kemampuan mahasiswa. Fakta ini menggambarkan bahwa visualisasi graph interaktif memberikan pengalaman belajar yang lebih efektif dan mendalam.

Lebih jauh lagi, analisis N-Gain memberikan gambaran mengenai tingkat peningkatan pemahaman mahasiswa secara lebih rinci. Kelas eksperimen memperoleh nilai rata-rata N-Gain sebesar 0.75425 dengan kategori tinggi menurut kriteria Hake. Hal ini membuktikan bahwa mahasiswa mengalami peningkatan pemahaman yang sangat baik setelah mengikuti pembelajaran berbasis visualisasi interaktif. Penggunaan graph membantu mereka menggambarkan struktur aljabar secara visual sehingga lebih mudah dipahami.

Sebaliknya, kelas kontrol hanya mencapai nilai N-Gain sebesar 0.45919 dengan kategori sedang. Artinya, meskipun pembelajaran konvensional tetap mampu meningkatkan pemahaman mahasiswa, tingkat peningkatannya tidak seoptimal kelas eksperimen. Perbedaan kategori antara “tinggi” dan “sedang” ini memberikan bukti tambahan bahwa media visual interaktif mampu memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna.

Standar deviasi pada kedua kelompok menunjukkan bahwa peningkatan dalam kelas eksperimen terjadi secara konsisten pada hampir seluruh mahasiswa. Dengan SD sebesar 0.05966, variasi gain antar mahasiswa relatif kecil, yang berarti hampir semua peserta mendapatkan manfaat yang cukup merata dari implementasi visualisasi graph interaktif. Hal ini sangat penting dalam konteks pembelajaran matematika yang selama ini sering dianggap sulit dan abstrak oleh mahasiswa.

Hasil ini juga sesuai dengan teori pembelajaran konstruktivistik yang menyatakan bahwa pemahaman akan lebih mudah terbentuk jika mahasiswa dapat menghubungkan konsep abstrak dengan representasi visual atau pengalaman langsung. Visualisasi graph interaktif bekerja sebagai jembatan antara struktur aljabar yang abstrak dengan model visual yang konkret, sehingga mahasiswa dapat mengidentifikasi pola, relasi, dan operasi aljabar dengan lebih jelas. Inilah yang menyebabkan peningkatan signifikan pada kelas eksperimen.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil Independent t-test, diperoleh nilai signifikansi sebesar 0.001 yang lebih kecil dari 0.05. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil belajar mahasiswa pada kelas eksperimen dan kelas kontrol setelah diberikan perlakuan. Perbedaan ini membuktikan bahwa penggunaan visualisasi graph interaktif memberikan pengaruh positif terhadap pemahaman struktur aljabar mahasiswa. Dengan demikian, model pembelajaran berbasis visualisasi interaktif lebih efektif dibandingkan metode konvensional dalam meningkatkan capaian pembelajaran.

Hasil uji N-Gain mendukung temuan tersebut dengan menunjukkan nilai rata-rata gain sebesar 0.75425 pada kelas eksperimen yang masuk kategori tinggi, sedangkan kelas kontrol hanya memperoleh rata-rata 0.45919 dengan kategori sedang. Nilai gain yang tinggi menandakan bahwa pembelajaran berbasis visualisasi interaktif mampu memberikan peningkatan pemahaman yang signifikan dan menyeluruh. Penggunaan graph membuat konsep yang abstrak menjadi lebih mudah diakses dan dicerna oleh mahasiswa. Hasil N-Gain juga menunjukkan bahwa peningkatan pemahaman dalam kelas eksperimen terjadi secara lebih merata, ditandai oleh standar deviasi yang relatif rendah. Artinya, hampir seluruh mahasiswa mendapatkan manfaat dari perlakuan yang diberikan. Hal ini menunjukkan bahwa visualisasi graph interaktif bukan hanya efektif untuk mahasiswa dengan kemampuan tinggi, tetapi juga bagi mahasiswa dengan kemampuan sedang atau rendah.

Berdasarkan hasil penelitian ini, disarankan kepada dosen matematika untuk mulai memanfaatkan visualisasi graph interaktif dalam proses pembelajaran,

khususnya pada materi yang bersifat abstrak seperti struktur aljabar, teori graph, dan analisis struktur matematika lainnya. Media ini membantu mahasiswa memahami konsep secara visual sehingga lebih mudah menalar dan membangun pengetahuan secara konstruktif. Institusi pendidikan, khususnya Universitas PGRI Argopuro Jember, dapat menyediakan pelatihan penggunaan perangkat visualisasi graph atau perangkat lunak pendukung lainnya agar dosen dapat mengintegrasikan inovasi pembelajaran ke dalam kelas. Ketersediaan fasilitas teknologi yang memadai akan mendukung penerapan media pembelajaran yang lebih interaktif dan efektif.

REFERENSI

- Amalia, R. (2020). *Pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran matematika modern*. Jakarta: Prenada Media.
- Agustin, D. (2020). Pengaruh media visual terhadap pemahaman konsep abstrak mahasiswa. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 11(1), 45–53.
- Fauziah, I. (2021). Analisis kesulitan mahasiswa dalam memahami Struktur Aljabar. *Jurnal Edumath*, 9(2), 112–123.
- Harahap, R. (2023). Pengembangan pembelajaran interaktif untuk meningkatkan minat belajar matematika. *Jurnal Cendekia Pendidikan*, 7(1), 61–73.
- Hidayat, A. (2020). Efektivitas media digital dalam meningkatkan kemampuan representasi matematis. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 12(3), 221–230.
- Kurniawan, D. (2022). Analisis representasi visual mahasiswa pada materi Struktur Aljabar. *MathEdu Journal*, 4(2), 90–101.
- Lestari, S. (2023). Pemanfaatan graph interaktif untuk pembelajaran aljabar abstrak. *IndoMath Journal*, 5(1), 27–39.
- Mulyono, T. (2020). Transformasi pendidikan di era digital. *Jurnal Pendidikan Nasional*, 3(1), 12–25.
- Munandar, A. (2020). Penggunaan graph dalam pembelajaran matematika diskret. *MathVision*, 8(2), 77–88.
- Nisa, W., & Firmansyah, H. (2021). Gaya belajar digital native dalam pembelajaran matematika. *Jurnal Pedagogi*, 10(1), 55–63.
- Priyanto, A. (2020). Pendekatan konstruktivistik dalam pendidikan matematika. *Jurnal Pembelajaran*, 4(3), 201–210.
- Putri, N., & Hasanah, U. (2021). Pengaruh media visual interaktif terhadap pemahaman konsep. *Jurnal MathEdu*, 6(2), 139–150.
- Ramdani, Y., & Pratiwi, M. (2023). Keterbatasan media statis dalam pembelajaran graf. *Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika*, 3(1), 73–84.
- Rahmat, A., & Yusuf, T. (2022). Evaluasi penggunaan teknologi dalam pembelajaran perguruan tinggi. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 14(2), 98–110.
- Sari, F. (2020). Peran pendidikan dalam perkembangan kemampuan berpikir kritis. *Jurnal Edukasi Nasional*, 5(1), 1–10.
- Setiawan, A. (2021). Tantangan pembelajaran Struktur Aljabar di perguruan tinggi. *Math Education Review*, 7(2), 65–78.

- Sihombing, P. (2022). Visualisasi graph dan pengaruhnya terhadap kemampuan analitis mahasiswa. *Jurnal Matematika Terapan*, 12(3), 130–142.
- Siregar, L. (2022). Graph sebagai alat representasi dalam matematika. *Numerical Journal*, 4(1), 49–60.