



Pengaruh Concept Map dalam Guided Discovery Learning terhadap Pemahaman Konsep dan Retensi Siswa

Siti Annisa Zahra

stansa@upi.edu

Physics Education Study Program, Universitas Pendidikan Indonesia,
Bandung, Indonesia

Duden Saepuzaman

dsaepuzaman@upi.edu

Physics Education Study Program, Universitas Pendidikan Indonesia,
Bandung, Indonesia

Artikel ini telah dipresentasikan pada kegiatan Seminar Nasional
Fisika (Sinafi 12.0)

Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

08 Agustus 2026

Achmad Samsudin

achmadsamsudin@upi.edu

Physics Education Study Program, Universitas Pendidikan Indonesia,
Bandung, Indonesia

Abstrak

Penelitian ini mengkaji penerapan metode Concept Map yang diintegrasikan ke dalam model Guided Discovery Learning (GDL) untuk meningkatkan pemahaman konsep dan retensi siswa pada materi gelombang mekanik. Pendekatan yang digunakan adalah kuasi eksperimen dengan desain non-equivalent control group, melibatkan 38 siswa pada kelompok eksperimen dan 36 siswa pada kelompok kontrol. Pengumpulan data dilakukan melalui 15 soal pilihan ganda yang diberikan dalam tiga tahap pengukuran, yaitu pretest, posttest, dan delayed posttest. Peningkatan pemahaman konsep ditentukan berdasarkan N-Gain, sedangkan retensi dihitung dari perbandingan skor delayed posttest dengan posttest. Hasil menunjukkan bahwa kelompok eksperimen memperoleh rata-rata N-Gain sebesar 0,71, lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol sebesar 0,51. Peningkatan pada kelompok eksperimen juga lebih baik pada ketiga faset pemahaman menurut Wiggins dan McTighe, yaitu Explanation, Interpretation, dan Application. Perbedaan peningkatan pemahaman konsep antarkelompok terbukti signifikan ($p < 0,001$) dengan effect size sebesar 1,160. Pada aspek retensi, kelompok eksperimen memperoleh rata-rata sebesar 0,97, sedangkan kelompok kontrol sebesar 0,83. Perbedaan tersebut juga signifikan ($p = 0,017$) dengan effect size sebesar 0,517. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan metode Concept Map dalam model pembelajaran Guided Discovery Learning berpengaruh terhadap peningkatan pemahaman konsep dan retensi siswa pada materi gelombang mekanik dibandingkan model pembelajaran Guided Discovery Learning tanpa metode Concept Map.

Kata Kunci: Concept Map · Guided Discovery Learning · Pemahaman Konsep · Retensi · Gelombang Mekanik

PENDAHULUAN

Pembelajaran fisika tidak hanya berkaitan dengan kemampuan menggunakan persamaan matematis, tetapi juga menuntut siswa memahami hubungan antarkonsep untuk menjelaskan berbagai fenomena fisis. Pemahaman konsep memungkinkan siswa mengaitkan pengetahuan yang telah dimiliki dengan informasi baru dan menggunakannya pada situasi yang berbeda. Sebaliknya, keterbatasan pemahaman konseptual dapat menyebabkan siswa cenderung menggunakan rumus secara prosedural tanpa memahami makna fisis yang mendasarinya (Diana & Yusman Wiyatmo, 2023; McDermott & Redish, 1999; Wandu dkk., 2023). Hal tersebut sejalan dengan arah pembelajaran fisika pada jenjang SMA Fase F yang menekankan pengembangan pemahaman konsep, keterampilan proses ilmiah, serta kemampuan menghubungkan konsep dengan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari (Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah, 2025)

Permasalahan pemahaman konsep juga ditemukan pada materi gelombang mekanik. Berdasarkan studi pendahuluan terhadap 29 siswa kelas XI MIPA di salah satu SMA di Kota Bandung, diperoleh rata-rata kemampuan pemahaman konsep sebesar 56, sedangkan 86% siswa memperoleh skor di bawah

How to Cite: Zahra, S.A., Samsudin, A., & Saepuzaman, D. (2026). Pengaruh Concept Map dalam Guided Discovery Learning terhadap Pemahaman Konsep dan Retensi Siswa. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 5 (1), 163-180. <http://proceedings.upi.edu/index.php/sinafi>

Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) sebesar 75. Jika ditinjau berdasarkan submateri, persentase pemahaman siswa pada konsep dasar dan klasifikasi gelombang mekanik hanya mencapai 29,31%, sifat-sifat umum gelombang sebesar 42,07%, dan besaran fisis gelombang sebesar 66,05%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa siswa masih mengalami kesulitan dalam memahami konsep serta menghubungkan berbagai besaran dan karakteristik gelombang secara utuh.

Permasalahan tersebut diperkuat oleh hasil wawancara dengan guru fisika. Guru menyampaikan bahwa pemahaman siswa terhadap konsep gelombang mekanik masih bervariasi dan sebagian siswa mengalami kesulitan terutama pada konsep yang memerlukan visualisasi serta pemahaman hubungan antarbesaran. Selain itu, daya ingat siswa terhadap materi yang telah dipelajari juga masih tergolong sedang, dengan sekitar 50% siswa yang masih mampu mengingat konsep setelah beberapa waktu. Guru juga menyampaikan bahwa peta konsep pernah digunakan secara verbal untuk menghubungkan konsep yang sedang dipelajari dengan konsep sebelumnya, tetapi belum dalam bentuk bagan atau diagram *Concept Map* yang utuh. Kondisi tersebut menunjukkan adanya kebutuhan akan pembelajaran yang tidak hanya membantu siswa menemukan konsep, tetapi juga mengorganisasi hubungan antarkonsep secara visual dan sistematis.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *Concept Map* memberikan kontribusi positif terhadap pemahaman konsep, hasil belajar, berpikir kritis, dan retensi siswa pada pembelajaran sains. Studi meta-analisis oleh (Shi dkk., 2023) menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis *Concept Map* secara signifikan meningkatkan hasil kognitif siswa, terutama pada aspek pemahaman konseptual dan retensi jangka panjang. Temuan tersebut diperkuat oleh (Izci & Akkoc, 2024) yang melaporkan dampak positif *Concept Map* terhadap pencapaian akademik siswa. Dalam konteks pembelajaran fisika, penggunaan *Concept Map* juga terbukti meningkatkan retensi konseptual serta mendukung peningkatan pemahaman dan retensi pengetahuan (Akanbi dkk., 2021; Anastasiou dkk., 2024; Lechuga dkk., 2024).

Hasil wawancara dengan guru juga menunjukkan bahwa peta konsep sebelumnya telah digunakan secara terbatas dalam pembelajaran, yaitu dengan menghubungkan konsep secara verbal pada saat interaksi pembelajaran. Namun, guru belum menggunakan *Concept Map* dalam bentuk bagan atau diagram yang secara utuh merepresentasikan hubungan antarkonsep. Guru menilai bahwa penggunaan *Concept Map* berpotensi membantu siswa memahami dan mengingat konsep, terutama karena siswa masih mengalami kesulitan dalam menghubungkan berbagai besaran fisis antarmateri. Temuan tersebut menjadi salah satu dasar pemilihan metode *Concept Map* dalam penelitian ini.

Selain *Concept Map*, penerapan model *Guided Discovery Learning* (GDL) memberikan ruang bagi siswa untuk membangun pemahaman melalui rangkaian aktivitas yang meliputi stimulasi, identifikasi masalah, pengumpulan dan pengolahan data, verifikasi, serta generalisasi. Rangkaian tersebut memungkinkan siswa memperoleh konsep melalui proses penemuan dengan tetap memperoleh arahan selama pembelajaran (Situmorang dkk., 2022; Subramaniam & Sapri, 2022). Integrasi *Concept Map* ke dalam GDL kemudian memberikan fungsi tambahan berupa pengorganisasian konsep dan hubungan antarkonsep yang ditemukan siswa. Dengan demikian, aktivitas belajar tidak berhenti pada proses memperoleh konsep, tetapi dilanjutkan dengan penyusunan keterkaitan antarkonsep dalam suatu struktur pengetahuan.

Sejumlah penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa perpaduan GDL dan *Concept Map* dapat mendukung pemahaman konseptual siswa (Alanazi dkk., 2025; Fatokun & Eniayeju, 2014). Meskipun demikian, penelitian yang secara khusus menguji penggunaan *Concept Map* dalam GDL untuk mengkaji pemahaman konsep sekaligus retensi siswa pada materi gelombang mekanik masih terbatas. Terlebih lagi, pemanfaatan *Concept Map* pada pembelajaran sebelumnya masih lebih banyak digunakan sebagai pendukung proses belajar langsung, sementara kajian mengenai keberlanjutan pemahaman setelah pembelajaran masih perlu diperluas. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang secara lebih spesifik menguji pengaruh integrasi *Concept Map* dalam GDL terhadap kedua aspek tersebut.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini diarahkan untuk mengkaji pengaruh penerapan *Concept Map* dalam GDL terhadap pemahaman konsep dan retensi siswa pada materi gelombang mekanik. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui (1) bagaimana peningkatan pemahaman konsep siswa pada faset *Explanation*, *interpretation*, dan *Application* antara siswa yang mengikuti pembelajaran menggunakan metode *Concept Map* dalam model GDL dan siswa yang mengikuti pembelajaran menggunakan model GDL tanpa metode *Concept Map* pada materi gelombang mekanik; dan (2) bagaimana perbedaan retensi antara kedua kelompok siswa tersebut. Berdasarkan pertanyaan penelitian tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh metode *Concept Map* dalam model GDL terhadap pemahaman konsep dan retensi siswa pada materi gelombang mekanik.

METODE

Desain Penelitian

Penelitian ini menerapkan metode kuasi eksperimen (quasi-experimental research) dengan desain non-equivalent control group. Desain tersebut digunakan karena pembagian peserta didik ke dalam kelompok penelitian mengikuti kelas yang telah tersedia di sekolah, sehingga tidak dilakukan pengacakan individu. Metode ini digunakan untuk menguji pengaruh suatu perlakuan pada kelompok yang tidak dipilih secara acak sehingga pengendalian terhadap variabel luar tidak dapat dilakukan secara penuh (Creswell & Creswell, 2023). Penelitian melibatkan kelas eksperimen yang memperoleh pembelajaran menggunakan metode *Concept Map* dalam model Guided Discovery Learning (GDL) dan kelas kontrol yang mengikuti model GDL tanpa penggunaan *Concept Map*. Pengukuran dilakukan sebelum dan sesudah pembelajaran melalui pretest dan posttest, kemudian pengukuran retensi dilakukan empat minggu setelah posttest menggunakan delayed posttest sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.

Kelompok	<i>Pretest</i>	<i>Treatment</i>	<i>Posttest</i>	Jeda Waktu	<i>Delayed posttest</i>
Eksperimen	O_1	X_1	O_2	4 pekan	O_3
Kontrol	O_1	X_2	O_2	4 pekan	O_3

Gambar 1. Desain Penelitian

Keterangan:

O_1 : Pengukuran sebelum diberi *treatment* (*pretest*);

X_1 : Pembelajaran menggunakan Metode *Concept Map* dalam Model Pembelajaran GDL;

X_2 : Pembelajaran tanpa menggunakan Metode *Concept Map* hanya dalam Model Pembelajaran GDL;

O_2 : Pengukuran sesudah diberi *treatment* (*posttest*);

O_3 : Pengukuran retensi dimana setelah empat pekan diberikan *posttest* (*delayed posttest*).

Populasi dan Sampel

Penelitian ini melibatkan 74 siswa kelas XI dari salah satu SMA Negeri di Kota Bandung pada tahun ajaran 2025/2026. Seluruh peserta telah memperoleh pembelajaran mengenai materi gelombang mekanik. Sampel terdiri atas dua kelas, yaitu 38 siswa yang ditempatkan sebagai kelompok eksperimen dan 36 siswa sebagai kelompok kontrol. Pemilihan kelas menggunakan teknik *cluster random sampling*, yaitu teknik pengambilan sampel dengan memilih kelompok atau klaster, bukan individu, sebagai *unit sampling* (Fraenkel dkk., 2012)

Prodesur Penelitian

Tahapan penelitian dimulai dengan pengukuran kemampuan awal melalui *pretest* pada kedua kelompok. Selanjutnya, pembelajaran dilaksanakan dengan perlakuan yang berbeda. Pada kelas eksperimen, *Concept Map* digunakan sebagai bagian dari pembelajaran berbasis *Guided Discovery Learning*, sedangkan kelas kontrol mengikuti tahapan GDL tanpa metode *Concept Map*. Setelah rangkaian pembelajaran selesai, kedua kelompok mengerjakan *posttest* untuk memperoleh data pemahaman konsep. Pengukuran retensi dilakukan setelah interval empat minggu tanpa pemberian pembelajaran tambahan pada materi yang diteliti. Pada tahap tersebut, kedua kelompok mengerjakan *delayed posttest* menggunakan instrumen yang sama dengan *posttest*.

Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Mechanical Waves Concept Test* (MWCT) yang diberikan dalam bentuk *pretest*, *posttest*, dan *delayed posttest* untuk memperoleh data pemahaman konsep serta retensi siswa. MWCT memuat 15 soal pilihan ganda, dengan masing-masing soal menyediakan lima alternatif jawaban. Penyusunan instrumen mengacu pada tiga faset pemahaman menurut (Wiggins & McTighe, 2005), yaitu *Explanation*, *interpretation*, dan *Application*. Faset *Explanation* mengukur kemampuan siswa dalam menjelaskan konsep atau prinsip fisika, *interpretation* mengukur kemampuan menafsirkan informasi, data, fenomena, atau representasi fisika, sedangkan *Application* mengukur kemampuan menggunakan konsep pada situasi atau permasalahan tertentu.

Sebelum diterapkan pada penelitian, instrumen MWCT terlebih dahulu diuji melalui validasi isi yang meliputi aspek materi, konstruksi, dan bahasa. Setelah memenuhi validitas isi, kualitas butir soal dievaluasi secara empiris menggunakan model Rasch. Evaluasi tersebut mencakup *construct validity*, reliabilitas instrumen, *item fit*, tingkat kesukaran, serta korelasi butir. Hasil analisis digunakan untuk menilai kelayakan MWCT sebagai instrumen pengukuran pemahaman konsep pada materi gelombang mekanik.

Teknik analisis data

Pengaruh metode *Concept Map* dalam model pembelajaran *Guided Discovery Learning* ditinjau melalui dua aspek, yaitu peningkatan pemahaman konsep dan retensi siswa. Peningkatan pemahaman konsep ditentukan berdasarkan skor *N-Gain* yang diperoleh dari hasil *pretest* dan *posttest*. Nilai *N-Gain* kemudian dikelompokkan menjadi tiga kategori, yaitu rendah ($g < 0,30$), sedang ($0,30 \leq g < 0,70$), dan tinggi ($g \geq 0,70$). Retensi siswa ditentukan berdasarkan persentase perbandingan antara skor *delayed posttest* dan *posttest*, yaitu skor *delayed posttest* dibagi skor *posttest* kemudian dikalikan 100%. Persentase tersebut selanjutnya diklasifikasikan ke dalam kategori sangat kurang, kurang, cukup, baik, dan sangat baik.

Pengujian prasyarat dilakukan terhadap data *N-Gain* dan retensi sebelum pengujian hipotesis. Uji normalitas menggunakan Shapiro-Wilk karena jumlah sampel pada setiap kelompok tidak lebih dari 50 siswa, sedangkan homogenitas varians diperiksa melalui Levene's Test. Seluruh analisis statistik dilakukan dengan bantuan SPSS versi 29. Apabila data memenuhi asumsi normalitas, perbedaan peningkatan pemahaman konsep dan retensi antara kedua kelompok diuji menggunakan Independent Samples t-Test dengan pengujian satu arah (one-tailed) pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$. Hipotesis nol ditolak apabila nilai $p < 0,05$ dan rata-rata kelompok eksperimen lebih tinggi daripada kelompok kontrol.

Besarnya pengaruh perlakuan terhadap pemahaman konsep dan retensi ditentukan melalui Cohen's *d*. Nilai effect size dikategorikan sebagai efek lemah ($d < 0,20$), sedang ($0,20 \leq d < 0,80$), dan tinggi ($d \geq 0,80$).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian disajikan berdasarkan dua variabel penelitian, yaitu pemahaman konsep dan retensi siswa pada materi gelombang mekanik. Peningkatan pemahaman konsep dianalisis berdasarkan skor N-Gain, sedangkan retensi dianalisis berdasarkan skor *posttest*, *delayed posttest*, dan nilai retensi. Selanjutnya, hasil analisis deskriptif diikuti dengan uji hipotesis untuk mengkaji pengaruh penerapan metode *Concept Map* dalam model *Guided Discovery Learning* terhadap kedua variabel tersebut. Keterlaksanaan pembelajaran diamati terlebih dahulu untuk memastikan kesesuaian pelaksanaan pembelajaran pada kedua kelompok dengan rancangan penelitian. Selama tiga kali pertemuan, satu orang observer yang merupakan guru fisika melakukan pengamatan terhadap proses pembelajaran GDL. Hasil observasi menunjukkan tingkat keterlaksanaan sebesar 97% pada kelas eksperimen dan 94% pada kelas kontrol. Kedua persentase tersebut termasuk dalam kategori sangat baik. Dengan demikian, perbedaan hasil pemahaman konsep dan retensi kedua kelas dapat diinterpretasikan sebagai pengaruh dari perbedaan penggunaan metode *Concept Map*, bukan perbedaan keterlaksanaan sintaks pembelajaran.

Peningkatan Pemahaman Konsep

Gambaran awal peningkatan pemahaman konsep diperoleh melalui perbandingan rata-rata skor *pretest*, *posttest*, dan *delayed posttest* pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Ketiga pengukuran tersebut memberikan informasi mengenai capaian siswa sebelum pembelajaran, setelah pembelajaran, serta setelah jeda waktu tertentu. Hasil perbandingan skor rata-rata tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rata-Rata Skor *Pretest*, *Posttest*, dan *N-Gain* Pemahaman Konsep Siswa

Kelas	N	Nilai Rata-Rata			Kategori
		<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>	N-Gain	
Eksperimen	38	35,79	81,93	0,72	Tinggi
Kontrol	36	34,44	68,15	0,51	Sedang

Rata-rata skor *pretest* pada Tabel 1 menunjukkan perolehan sebesar 35,79 untuk kelompok eksperimen dan 34,44 untuk kelompok kontrol. Setelah pembelajaran dilaksanakan, skor rata-rata kelompok eksperimen mencapai 81,93 dengan nilai N-Gain sebesar 0,72 yang berada pada kategori tinggi. Adapun kelompok kontrol memperoleh rata-rata *posttest* sebesar 68,15 dengan N-Gain 0,51 dalam kategori sedang. Perbandingan hasil tersebut menunjukkan bahwa kedua kelompok mengalami peningkatan pemahaman konsep, dengan peningkatan yang lebih besar terjadi pada kelompok eksperimen.

Perbedaan tersebut berkaitan dengan adanya aktivitas *Concept Map* yang melengkapi proses penemuan terbimbing pada kelompok eksperimen. Selama pembelajaran, siswa terlebih dahulu memperoleh konsep melalui rangkaian kegiatan *Guided Discovery Learning*, kemudian mengorganisasi konsep-konsep yang ditemukan beserta hubungan di antaranya melalui *Concept Map*. Aktivitas tersebut memberikan kesempatan kepada siswa untuk tidak hanya memperoleh konsep, tetapi juga menata keterkaitan antarkonsep yang telah dipelajari dalam suatu struktur pengetahuan yang lebih terorganisasi. Melalui kegiatan tersebut, siswa mengorganisasi konsep gelombang mekanik secara lebih terstruktur, mulai dari konsep dasar gelombang, karakteristik gelombang, besaran gelombang, hingga sifat-sifat gelombang mekanik.

Integrasi *Concept Map* dilakukan di dalam tahapan *Guided Discovery Learning* melalui aktivitas pada LKS yang dirancang untuk memandu siswa menemukan dan mengorganisasi konsep. Pada setiap pertemuan, siswa terlebih dahulu mengamati fenomena, melakukan penyelidikan, mengolah data, dan

memverifikasi hasil temuannya sesuai tahapan GDL. Hasil penemuan tersebut kemudian digunakan untuk melengkapi Concept Map secara bertahap. Dengan demikian, LKS berfungsi sebagai perangkat yang memfasilitasi pelaksanaan sintaks GDL dan penggunaan Concept Map, sedangkan perbedaan perlakuan utama antara kedua kelas terletak pada penggunaan Concept Map dalam mengorganisasi hubungan antarkonsep.

Perbedaan peningkatan pemahaman konsep antarkelas berkaitan dengan penerapan Concept Map sebagai sarana untuk menyusun keterkaitan antarkonsep. Pada kelas kontrol, siswa mengikuti seluruh tahapan GDL tanpa menggunakan Concept Map. Aktivitas penemuan tetap memungkinkan siswa memperoleh dan membangun pemahaman terhadap konsep, tetapi tidak terdapat kegiatan yang secara khusus mengarahkan siswa untuk menuangkan keterhubungan konsep dalam bentuk representasi visual. Hal ini tercermin dari nilai *N-Gain* pada kelompok kontrol yang berada pada kategori sedang.

Temuan penelitian dapat dikaitkan dengan pandangan Ausubel (1960) mengenai belajar bermakna, yaitu bahwa informasi yang baru dipelajari akan lebih mudah dipahami apabila memiliki keterkaitan dengan pengetahuan yang telah tersimpan dalam struktur kognitif siswa. Dalam pembelajaran yang diterapkan pada kelas eksperimen, konsep yang diperoleh melalui rangkaian kegiatan GDL selanjutnya dituangkan dan dihubungkan menggunakan Concept Map. Menurut Novak & Cañas (2008), representasi tersebut menyusun konsep beserta hubungan di antaranya dalam suatu struktur hierarkis, sehingga keterkaitan pengetahuan dapat terlihat dengan lebih jelas. Dengan demikian, Concept Map berperan dalam mengorganisasikan konsep yang telah ditemukan siswa selama proses pembelajaran.

Untuk memperoleh gambaran yang lebih rinci mengenai peningkatan pemahaman konsep, analisis selanjutnya dilakukan berdasarkan tiga sub-materi gelombang mekanik. Ketiga sub-materi tersebut mencakup konsep dasar dan klasifikasi gelombang mekanik, karakteristik gelombang mekanik, serta sifat-sifat gelombang mekanik. Hasil analisis ketiga sub-materi berdasarkan skor rata-rata pretest, posttest, dan *N-Gain* ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Rata-Rata *Pretest*, *Posttest* dan *N-Gain* Pemahaman Konsep Siswa berdasarkan Sub-Materi pada Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol.

	Sub-Materi					
	Kelas Eksperimen			Kelas Kontrol		
	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>	<i>N-Gain</i>	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>	<i>N-Gain</i>
Konsep Dasar dan Klasifikasi Gelombang Mekanik	25,66	83,55	0,78	37,50	77,78	0,64
Karakteristik Gelombang Mekanik	38,72	84,59	0,75	36,90	64,29	0,43
Sifat-Sifat Gelombang Mekanik	40,79	75,66	0,59	27,08	65,28	0,52

Mengacu pada Tabel 2, *N-Gain* pada sub-materi konsep dasar dan klasifikasi gelombang mekanik menunjukkan hasil yang berbeda pada kedua kelompok. Perolehan skor pada kelompok eksperimen menunjukkan perubahan dari rata-rata 25,66 saat *pretest* menjadi 83,55 setelah pembelajaran. Berdasarkan kedua pengukuran tersebut, nilai *N-Gain* yang diperoleh mencapai 0,78 dan tergolong tinggi. Kelompok kontrol menunjukkan pola yang serupa, dengan rata-rata skor 37,50 pada *pretest* dan 77,78 pada *posttest*, Nilai *N-Gain* yang dihasilkan kelas kontrol sebesar 0,64 dan termasuk kategori sedang. Meskipun kelompok kontrol memiliki skor awal yang lebih tinggi, peningkatan pemahaman konsep pada kelompok eksperimen tetap menunjukkan capaian yang lebih besar. Kondisi tersebut berkaitan dengan penerapan *Concept Map* yang terintegrasi dalam pembelajaran GDL melalui aktivitas pada LKS 1. Pada submateri ini siswa mempelajari konsep dasar gelombang serta klasifikasinya

berdasarkan medium perambatan dan hubungan arah getar terhadap arah rambat. Selama proses pembelajaran, siswa mengamati fenomena gelombang, mengidentifikasi konsep-konsep penting, mengumpulkan informasi, serta menyusun *Concept Map* sebagai representasi hubungan antarkonsep. Rangkaian aktivitas tersebut menjadi dasar bagi siswa untuk menyusun generalisasi pada akhir pembelajaran.

Selama pembelajaran, aktivitas pada setiap LKS dirancang mengikuti tahapan GDL, sehingga siswa secara bertahap mengidentifikasi konsep dasar dan klasifikasi gelombang mekanik, menganalisis karakteristik gelombang, serta menjelaskan sifat-sifat gelombang sebelum mengorganisasikannya ke dalam *Concept Map*. Ditinjau secara keseluruhan, kelompok eksperimen mencapai tingkat peningkatan pemahaman konsep yang lebih tinggi pada seluruh sub-materi dibandingkan kelompok kontrol. Meskipun besarnya peningkatan berbeda pada setiap sub-materi, pola tersebut menunjukkan bahwa penggunaan *Concept Map* dalam model pembelajaran GDL membantu siswa mengorganisasi konsep-konsep yang diperoleh pada setiap tahap pembelajaran ke dalam struktur pengetahuan yang lebih sistematis. Melalui LKS 1 siswa membangun pemahaman mengenai konsep dasar dan klasifikasi gelombang, LKS 2 memperkuat pemahaman hubungan antarbesaran gelombang melalui simulasi, sedangkan LKS 3 mengintegrasikan konsep-konsep tersebut untuk menjelaskan berbagai sifat gelombang. Urutan tahapan pembelajaran memberikan ruang bagi siswa untuk mengembangkan hubungan antarkonsep secara bertahap. Proses tersebut mendukung terbentuknya pemahaman yang lebih utuh, yang tercermin dari tingkat peningkatan pemahaman konsep kelompok eksperimen yang lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol.

Selanjutnya, data *N-Gain* dianalisis secara inferensial untuk menguji signifikansi perbedaan peningkatan pemahaman konsep antarkelompok. Sebelum pengujian hipotesis, terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan terhadap asumsi statistik melalui uji normalitas dan homogenitas. Uji normalitas diterapkan menggunakan *Shapiro-Wilk* karena jumlah siswa pada masing-masing kelas kurang dari 50. Hasil uji normalitas data *N-Gain* pemahaman konsep disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Normalitas *N-Gain* Pemahaman Konsep Siswa

Kelas	Sig. Shapiro-Wilk	Keterangan
Eksperimen	0,257	Normal
Kontrol	0,085	Normal

Hasil uji normalitas pada Tabel 3 menunjukkan nilai signifikansi Shapiro-Wilk sebesar 0,257 untuk kelas eksperimen dan 0,085 untuk kelas kontrol. Kedua nilai tersebut berada di atas taraf signifikansi 0,05. Dengan demikian, data *N-Gain* dari kedua kelompok memenuhi asumsi normalitas.

Pengujian berikutnya dilakukan untuk melihat kesamaan varians antarkelompok melalui Levene's Test. Hasil uji homogenitas disajikan pada Tabel 4.4.

Tabel 4. Hasil Uji Homogenitas *N-Gain* Pemahaman Konsep Siswa

Variabel	Levene Statistic	df1	df2	Sig.	Keterangan
<i>N-Gain</i>	3,725	1	72	0,058	Homogen

Sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4, *Levene's Test* menghasilkan nilai signifikansi sebesar 0,058 dengan *Levene Statistic* sebesar 3,725. Karena nilai signifikansi berada di atas 0,05, varians data *N-Gain* kedua kelompok dinyatakan homogen. Oleh karena itu, hasil *independent samples t-test* diinterpretasikan menggunakan baris *equal variances assumed*.

Pengujian selanjutnya dilakukan untuk mengidentifikasi signifikansi perbedaan peningkatan pemahaman konsep antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Hasil analisis *N-Gain* tersebut disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji Independent Sample t-Test N-Gain Pemahaman Konsep Siswa

Variabel	t_{hitung}	df	Sig. (one-tailed)	Mean Difference	Keterangan
N-Gain	4,989	72	<0,001	0,201	H_{01} ditolak, H_{a1} diterima

Nilai signifikansi pada Tabel 5 adalah $< 0,001$, lebih kecil daripada 0,05. Hasil tersebut memberikan bukti bahwa peningkatan pemahaman konsep pada kelompok yang memperoleh GDL dengan metode *Concept Map* lebih tinggi dibandingkan kelompok yang mengikuti GDL tanpa *Concept Map*. Selisih rata-rata *N-Gain* sebesar 0,201 juga menunjukkan keunggulan capaian kelompok eksperimen. Hasil ini menunjukkan bahwa integrasi *Concept Map* ke dalam GDL memberikan peningkatan pemahaman konsep yang lebih baik dibandingkan penerapan GDL tanpa metode tersebut. Perbedaan capaian tersebut dapat dikaitkan dengan adanya aktivitas pengorganisasian hasil penemuan ke dalam *Concept Map* pada kelas eksperimen, selain proses konstruksi konsep yang berlangsung melalui tahapan GDL.

Selama kegiatan pembelajaran, siswa mengidentifikasi konsep-konsep penting yang diperoleh dari hasil pengamatan, diskusi, dan percobaan pada LKS, kemudian menghubungkannya ke dalam *Concept Map*. Pada tahap verification dan generalization, siswa menyempurnakan hubungan antarkonsep berdasarkan hasil diskusi bersama guru sehingga terbentuk representasi konsep yang lebih sistematis. Pada pertemuan ketiga, peserta didik telah mempelajari seluruh sub-materi Gelombang Mekanik yang meliputi konsep dasar dan klasifikasi gelombang, karakteristik gelombang, serta sifat-sifat gelombang. Oleh karena itu, *Concept Map* yang disusun pada tahap generalization (*Concept Map* 3) merupakan representasi akhir yang mengintegrasikan seluruh konsep yang dipelajari selama tiga kali pertemuan. Pada penelitian ini, kerangka *Concept Map* beserta kata penghubung telah disiapkan oleh guru sebagai bentuk *scaffolding*, sedangkan peserta didik melengkapi konsep-konsep yang sesuai berdasarkan hasil kegiatan penemuan pada setiap pertemuan.

Setelah pengujian hipotesis dan analisis *effect size* menunjukkan adanya pengaruh signifikan metode *Concept Map* dalam model pembelajaran GDL terhadap peningkatan pemahaman konsep siswa, analisis dilanjutkan dengan meninjau capaian pada setiap faset pemahaman konsep berdasarkan instrumen MWCT. Analisis ini dilakukan untuk memperoleh gambaran yang lebih spesifik mengenai peningkatan pemahaman siswa pada masing-masing faset yang diukur. Dalam penelitian ini, faset pemahaman konsep mengacu pada (Wiggins & McTighe, 2005), yaitu *Explanation*, *interpretation*, dan *Application*. Faset *Explanation* menunjukkan kemampuan siswa dalam menjelaskan konsep atau prinsip fisika, faset *interpretation* menunjukkan kemampuan siswa dalam menafsirkan informasi, data, atau fenomena fisika, sedangkan faset *Application* menunjukkan kemampuan siswa dalam menerapkan konsep pada situasi atau permasalahan tertentu. Tabel 5 menyajikan skor rata-rata *pretest*, *posttest*, dan *N-Gain* pemahaman konsep siswa kelas eksperimen untuk setiap faset yang diukur.

Tabel 5. Nilai Pretest, Posttest, dan N-Gain Pemahaman Konsep Siswa Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol Berdasarkan Faset (Wiggins & McTighe, 2005)

Faset	Kelas Eksperimen			Kelas Kontrol		
	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>	N-Gain	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>	N-Gain
<i>Explanation</i>	36,84	93,68	0,90	37,22	80,56	0,69
<i>Interpretation</i>	38,95	72,11	0,54	33,89	67,78	0,51
<i>Application</i>	31,58	80,00	0,71	32,22	56,11	0,35

Berdasarkan Tabel 5, Pada faset *Explanation*, nilai *N-Gain* yang dicapai kelompok eksperimen adalah 0,90, sementara kelompok kontrol memperoleh 0,69. Perbedaan capaian ini berkaitan dengan aktivitas pembelajaran pada sintaks *Data Processing*, ketika siswa mengolah hasil pengamatan untuk mengidentifikasi hubungan antarbesaran gelombang, termasuk frekuensi, panjang gelombang, dan

cepat rambat. Pada kelas eksperimen, hasil pengolahan tersebut selanjutnya diorganisasi ke dalam *Concept Map* sehingga siswa tidak hanya memperoleh hubungan matematis, tetapi juga merepresentasikan keterkaitan antarkonsep secara terstruktur. Aktivitas tersebut memberikan kesempatan kepada siswa untuk menyusun penjelasan berdasarkan hubungan konsep yang telah ditemukan. Kondisi ini terlihat pada jawaban siswa yang menunjukkan bahwa siswa kelas eksperimen lebih banyak memberikan elaborasi verbal mengenai hubungan antarbesaran dibandingkan sekadar menuliskan persamaan. Dengan demikian, integrasi *Concept Map* pada proses pengolahan dan pengorganisasian hasil penemuan dapat membantu siswa membangun penjelasan konseptual yang lebih sistematis. Penggunaan *Concept Map* dalam pembelajaran dapat mendukung kemampuan siswa dalam menjelaskan hubungan antarkonsep, mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan metakognisi, serta meningkatkan capaian belajar. Manfaat tersebut ditemukan baik ketika *Concept Map* dipadukan dengan pendekatan penemuan terbimbing maupun ketika digunakan dalam pembelajaran sains (Muhali & Sukaisih, 2023; Wang dkk., 2025).

Dari perspektif teoretis, hasil penelitian ini dapat dipahami melalui teori belajar bermakna, yang menekankan pentingnya menghubungkan informasi baru dengan struktur pengetahuan yang telah dimiliki siswa (Ausubel, 1960; Bryce & Blown, 2024). Prinsip tersebut selaras dengan karakteristik *Concept Map* sebagai representasi grafis hierarkis yang memfasilitasi pembentukan pemahaman konseptual secara lebih menyeluruh (Novak & Cañas, 2008). Kesesuaian antara landasan teoretis dan temuan empiris tersebut turut menjelaskan perolehan *N-Gain* faset *Explanation* yang tinggi pada kelas eksperimen.

Pada faset *Interpretation*, Perolehan *N-Gain* pada kelompok eksperimen mencapai 0,54, sedangkan kelompok kontrol memperoleh nilai 0,51. Selisih peningkatan yang relatif kecil dapat dijelaskan dari kesamaan aktivitas pembelajaran pada tahapan yang dominan melatih kemampuan interpretasi. Pada sintaks *Problem Statement* dan *Data Collection*, kedua kelas sama-sama menafsirkan masalah, menentukan konsep yang relevan, merumuskan pertanyaan penyelidikan, menyusun hipotesis, serta menafsirkan hasil percobaan dan simulasi. Perbedaan perlakuan baru terlihat pada tahap *Verification*, ketika siswa kelas eksperimen melengkapi *Concept Map*, sedangkan kelas kontrol menjawab pertanyaan secara naratif. Meskipun *Concept Map* memberikan tambahan kesempatan untuk mengorganisasi hubungan antarkonsep, sebagian besar latihan interpretasi telah diperoleh kedua kelas melalui tahapan *Problem Statement* dan *Data Collection*. Kondisi tersebut dapat menjelaskan mengapa peningkatan faset *Interpretation* pada kedua kelas relatif berdekatan. Kemampuan siswa dalam menginterpretasikan informasi dan mengaitkan berbagai bentuk representasi masih menghadapi kendala. Proses tersebut menuntut kompetensi representasional agar informasi yang disajikan melalui berbagai representasi dapat dihubungkan secara bermakna, sementara kemampuan multirepresentasi siswa pada sejumlah aspek masih berada pada tingkat yang rendah (Hahn & Klein, 2023; Rolfes dkk., 2022).

Secara teoretis, hal ini sejalan dengan definisi *Interpretation* sebagai kemampuan memaknai informasi melalui penafsiran berbagai bentuk representasi (Wiggins & McTighe, 2005), yang menuntut siswa mengintegrasikan informasi dari tiap representasi sehingga proses interpretasinya lebih kompleks dibandingkan sekadar menjelaskan konsep.

Pada faset *Application*, nilai *N-Gain* yang diperoleh kelompok eksperimen adalah 0,71, sementara kelompok kontrol memperoleh nilai 0,35. Perbedaan yang lebih besar dibandingkan faset lainnya dapat dikaitkan dengan aktivitas pada sintaks *Generalization* pada pertemuan ketiga. Pada tahap ini, siswa kelas eksperimen melengkapi *Concept Map* Final yang mengintegrasikan konsep-konsep gelombang mekanik yang telah dipelajari selama tiga pertemuan. Konsep dari setiap topik dihubungkan melalui struktur hierarkis dan kata penghubung sehingga terbentuk struktur pengetahuan yang lebih utuh. Pengorganisasian tersebut memberikan kesempatan kepada siswa untuk menghubungkan kembali konsep-konsep yang relevan ketika menghadapi permasalahan baru. Sebaliknya, siswa kelas kontrol

menyusun kesimpulan pada setiap topik secara terpisah sehingga tidak memperoleh aktivitas integrasi antarkonsep melalui representasi visual yang sama. Kondisi tersebut dapat menjelaskan tingginya peningkatan faset *Application* pada kelas eksperimen dibandingkan kelas kontrol. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa penggunaan *Concept Map* dalam pembelajaran berbasis penemuan atau inkuiri mendukung kemampuan siswa dalam menerapkan konsep pada berbagai situasi melalui penguatan keterampilan berpikir kritis dan pengorganisasian pengetahuan secara terintegrasi (Muhali & Sukaisih, 2023; Wang dkk., 2025).

Secara teoretis, faset *Application* menunjukkan kemampuan menggunakan pengetahuan untuk menyelesaikan masalah pada situasi baru (Wiggins & McTighe, 2005), yang didukung oleh struktur *Concept Map* yang terintegrasi sehingga membantu siswa menghubungkan konsep-konsep yang berkaitan menjadi satu kesatuan yang mudah ditransfer ke konteks penyelesaian masalah (Novak & Cañas, 2008).

Secara umum, hasil analisis berdasarkan faset menunjukkan bahwa penggunaan metode *Concept Map* dalam model pembelajaran GDL kelompok eksperimen menunjukkan peningkatan yang lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol, terutama pada faset *Explanation* dan *Application*. Sementara itu, faset *Interpretation* masih menunjukkan peningkatan yang relatif lebih rendah. Pengaruh metode *Concept Map* tercermin tidak hanya dalam peningkatan pemahaman konsep secara keseluruhan, tetapi juga dalam capaian pada ketiga faset yang digunakan sebagai indikator, yaitu *Explanation*, *Interpretation*, dan *Application*.

Analisis per siswa menunjukkan 22 dari 38 siswa (58%) kelas eksperimen berkategori N-Gain tinggi dan tidak ada siswa berkategori rendah, sedangkan kelas kontrol didominasi kategori sedang (27 siswa, 75%) dengan 4 siswa (11%) masih berkategori rendah, menunjukkan peningkatan pada kelas eksperimen lebih merata.

Temuan ini sejalan dengan teori belajar bermakna Ausubel (1960) yang menyatakan pemahaman lebih mudah terbentuk saat informasi yang baru diperoleh dihubungkan dengan pengetahuan yang telah tersimpan sebelumnya, serta pandangan Novak dan Cañas (2008) bahwa *Concept Map* membantu siswa mengorganisasi hubungan antarkonsep secara hierarkis. Hasil ini juga konsisten dengan penelitian yang menunjukkan *Concept Mapping* mendukung peningkatan pemahaman konseptual dan hasil belajar, baik digunakan mandiri maupun dipadukan dengan pembelajaran penemuan (Anastasiou dkk., 2024; Azhar dkk., 2024; Muhali & Sukaisih, 2023; Wang dkk., 2025)

Retensi Siswa

Setelah dilakukan analisis terhadap peningkatan pemahaman konsep siswa, selanjutnya dilakukan analisis retensi untuk mengetahui kemampuan siswa dalam mempertahankan pemahaman konsep setelah proses pembelajaran. Retensi dihitung berdasarkan perbandingan antara skor *Posttest* dan skor *Delayed Posttest*. Penelitian ini melibatkan dua kelompok, yaitu kelompok eksperimen yang mengikuti pembelajaran GDL dengan metode *Concept Map* dan kelompok kontrol yang mengikuti GDL tanpa penerapan metode tersebut. Perbandingan rata-rata skor *posttest*, *delayed posttest*, serta persentase retensi kedua kelompok ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rata-rata *Posttest*, *Delayed posttest*, dan Retensi Siswa

Kelas	N	Nilai Rata-Rata			Kategori
		<i>Posttest</i>	<i>Delayed posttest</i>	Retensi (%)	
Eksperimen	38	81,93	78,95	97	Sangat Baik
Kontrol	36	68,15	54,63	83	Sangat Baik

Hasil pada Tabel 6 menunjukkan bahwa persentase retensi kelompok eksperimen mencapai 97%, sedangkan kelompok kontrol sebesar 83%. Kedua kelompok termasuk dalam kategori sangat baik, tetapi

kelompok eksperimen menunjukkan capaian retensi yang lebih tinggi. Dengan demikian, setelah jeda empat minggu, siswa yang memperoleh pembelajaran menggunakan metode *Concept Map* dalam model GDL menunjukkan kemampuan mempertahankan pemahaman konsep yang lebih tinggi dibandingkan kelompok yang belajar melalui GDL tanpa *Concept Map*.

Pengujian *independent samples t-test* dilakukan untuk mengetahui signifikansi perbedaan retensi antarkelompok. Hasil analisis tersebut menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,017, sehingga perbedaan retensi antara kedua kelompok dinyatakan signifikan. Besarnya perbedaan ditunjukkan oleh perhitungan *effect size* menghasilkan nilai Cohen's d sebesar 0,517 yang berada pada kategori efek sedang. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa penerapan metode *Concept Map* dalam GDL berpengaruh terhadap retensi siswa, selain memberikan pengaruh terhadap peningkatan pemahaman konsep setelah pembelajaran.

Retensi yang lebih tinggi pada kelompok eksperimen mengindikasikan bahwa pengorganisasian konsep melalui *Concept Map* turut mendukung siswa dalam mempertahankan pemahaman yang telah dibangun selama proses pembelajaran. Hal ini dapat terjadi karena *Concept Map* menyajikan konsep dalam bentuk visual dan hierarkis, sehingga hubungan antarkonsep lebih mudah diingat kembali. Kondisi ini sejalan dengan konsep retensi yang berkaitan dengan kemampuan menyimpan informasi dalam memori jangka panjang dan menggunakannya kembali ketika diperlukan (Anderson, 2001). Selain itu, penyajian konsep secara visual juga mendukung pemrosesan informasi melalui jalur verbal dan visual, sehingga dapat memperkuat ingatan siswa (Paivio, 1991).

Setelah retensi siswa dianalisis secara umum, analisis selanjutnya dilakukan berdasarkan sub-materi. Analisis tersebut dilakukan untuk mengidentifikasi sejauh mana siswa dapat mempertahankan pemahaman konsep pada setiap sub-materi setelah selang waktu empat minggu sejak pelaksanaan *posttest*, tanpa adanya perlakuan pembelajaran lanjutan maupun pemberitahuan sebelumnya mengenai pelaksanaan *delayed posttest*. Sub-materi yang dianalisis meliputi konsep dasar dan klasifikasi gelombang mekanik, karakteristik gelombang mekanik, serta sifat-sifat gelombang mekanik. Tabel 7 memuat hasil perhitungan rata-rata skor *posttest*, *delayed posttest*, dan persentase retensi siswa pada setiap sub-materi untuk kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.

Tabel 7. Nilai Rata-Rata *Posttest*, *Delayed Posttest*, dan Retensi Siswa berdasarkan Sub-Materi pada Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

	Sub-Materi					
	Kelas Eksperimen			Kelas Kontrol		
	<i>Posttest</i>	<i>Delayed Posttest</i>	Retensi (%)	<i>Posttest</i>	<i>Delayed Posttest</i>	Retensi (%)
Konsep Dasar dan Klasifikasi Gelombang Mekanik	83,55	82,24	98	77,78	66,67	86
Karakteristik Gelombang Mekanik	84,59	79,70	94	64,29	53,57	83
Sifat-Sifat Gelombang Mekanik	75,66	74,34	98	65,28	44,44	68

Tabel 7 menunjukkan kelompok eksperimen mencatat rata-rata skor *posttest* sebesar 83,55 pada sub-materi konsep dasar dan klasifikasi gelombang mekanik. Skor tersebut menjadi 82,24 pada *delayed posttest*, sehingga persentase retensinya mencapai 98% dan berada dalam kategori sangat baik. Rata-rata skor kelompok kontrol berawal dari 77,78 pada *posttest* menjadi 66,67 pada *delayed posttest*, dengan persentase retensi sebesar 86% yang juga termasuk kategori sangat baik. Meskipun kedua kelompok memperoleh kategori retensi yang sama, kelompok eksperimen menunjukkan persentase retensi yang lebih tinggi. Temuan ini menunjukkan bahwa penerapan metode *Concept Map* dalam model GDL mendukung kemampuan siswa dalam mempertahankan pemahaman pada sub-materi konsep dasar dan klasifikasi gelombang mekanik. Retensi yang tinggi pada sub-materi ini dapat dikaitkan dengan

kegiatan pembelajaran pada LKS 1, ketika siswa mengorganisasi konsep-konsep dasar gelombang ke dalam *Concept Map*, sehingga hubungan antara konsep utama dan konsep pendukung tersusun secara sistematis dan lebih mudah diingat kembali setelah selang waktu tertentu.

Pada sub-materi karakteristik gelombang mekanik, kelompok eksperimen mencatat rata-rata skor *posttest* sebesar 84,59, kemudian menjadi 79,70 pada *delayed posttest*. Perubahan tersebut menghasilkan persentase retensi sebesar 94% yang termasuk kategori sangat baik. Kelompok kontrol menunjukkan penurunan skor dari 64,29 menjadi 53,57, dengan persentase retensi sebesar 83% dan masih berada pada kategori sangat baik. Walaupun kedua kelompok memperoleh kategori yang sama, capaian retensi pada kelompok eksperimen berada di atas kelompok kontrol. Capaian tersebut mengindikasikan bahwa penerapan *Concept Map* dalam GDL mendukung siswa dalam mempertahankan pemahaman mengenai keterkaitan berbagai besaran pada gelombang mekanik, meliputi amplitudo, frekuensi, periode, panjang gelombang, dan cepat rambat gelombang. Selain itu, penggunaan simulasi PhET yang dipadukan dengan penyusunan *Concept Map* pada LKS 2 memungkinkan siswa tidak hanya memahami hubungan antarbesaran selama pembelajaran, tetapi juga mempertahankan pemahaman tersebut hingga pelaksanaan *delayed posttest*.

Pada sub-materi sifat-sifat gelombang mekanik, kelas eksperimen memperoleh rata-rata skor *posttest* sebesar 75,66 yang sedikit menurun menjadi 74,34 pada *delayed posttest*, sehingga menghasilkan retensi sebesar 98% dengan kategori sangat baik. Sementara itu, kelas kontrol mengalami penurunan yang lebih besar, yaitu dari 65,28 menjadi 44,44 pada *delayed posttest*, sehingga memperoleh retensi sebesar 68% dengan kategori cukup. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa penggunaan metode *Concept Map* dalam model pembelajaran GDL lebih efektif dalam membantu siswa mempertahankan pemahaman pada sub-materi yang memiliki karakteristik lebih kompleks. Penyusunan *Concept Map* memungkinkan siswa menghubungkan konsep-konsep mengenai pemantulan, pembiasan, interferensi, dan difraksi secara lebih terstruktur, sehingga hubungan antarkonsep lebih mudah dipertahankan dalam memori jangka panjang dibandingkan pembelajaran tanpa *Concept Map*.

Hasil analisis pada setiap sub-materi memperlihatkan bahwa kelompok eksperimen memiliki tingkat retensi yang lebih tinggi pada seluruh sub-materi gelombang mekanik. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa penerapan metode *Concept Map* dalam model GDL tidak hanya mendukung peningkatan pemahaman konsep setelah pembelajaran, tetapi juga membantu mempertahankan pemahaman tersebut hingga empat minggu setelah *posttest*.

Untuk memastikan apakah perbedaan retensi antarkelompok tersebut signifikan secara statistik, analisis dilanjutkan dengan pengujian inferensial. Tahap awal pengujian mencakup pemeriksaan asumsi melalui uji normalitas dan homogenitas. Normalitas data retensi dianalisis menggunakan *Shapiro-Wilk* karena jumlah siswa pada setiap kelompok kurang dari 50. Data dianggap berdistribusi normal apabila nilai signifikansinya melebihi 0,05. Hasil uji normalitas data retensi ditampilkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Uji Normalitas Retensi Siswa

Kelas	Shapiro-Wilk Statistic	df	Sig.	Keterangan
Eksperimen	0,946	38	0,064	Normal
Kontrol	0,974	36	0,540	Normal

Hasil uji Shapiro-Wilk pada Tabel 8 menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,064 untuk kelompok eksperimen dan 0,540 untuk kelompok kontrol. Kedua nilai tersebut melampaui 0,05, sehingga data retensi pada kedua kelompok memenuhi asumsi distribusi normal.

Pemeriksaan berikutnya dilakukan terhadap homogenitas varians menggunakan *Levene's Test*. Pengujian ini digunakan untuk melihat kesamaan varians data retensi antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Hasil uji homogenitas tersebut disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Uji Homogenitas Retensi Siswa

Variabel	Levene Statistic	Sig.	Keterangan
Retensi	12,860	<0,001	Tidak homogen

Pada Tabel 9, nilai signifikansi yang diperoleh dari *Levene's Test* adalah <0,001. Karena nilai tersebut berada di bawah 0,05, varians data retensi antara kelompok eksperimen dan kontrol tidak memenuhi asumsi homogenitas. Oleh sebab itu, pengujian hipotesis menggunakan *independent samples t-test* dengan hasil yang mengacu pada baris *equal variances not assumed*.

Uji Hipotesis dan Effect Size retensi Siswa

Pengujian perbedaan retensi siswa menggunakan *independent samples t-test* menghasilkan data sebagaimana ditampilkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Uji Independent Sample t-Test Retensi Siswa

Variabel	t	df	Sig. (one-tailed)	Mean Difference	Keterangan
Retensi	2,186	51,402	0,017	0,137	H_{02} ditolak, H_{a2} diterima

Hasil pengujian pada Tabel 10 menghasilkan nilai signifikansi sebesar 0,017. Nilai tersebut berada di bawah batas signifikansi 0,05, sehingga perbedaan retensi antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol dinyatakan signifikan. Berdasarkan hasil tersebut H_{02} ditolak, H_{a2} diterima. Kelompok eksperimen memiliki rata-rata retensi yang lebih tinggi, yang mengindikasikan bahwa penerapan metode *Concept Map* dalam model pembelajaran GDL memberikan pengaruh terhadap kemampuan siswa dalam mempertahankan pemahaman konsep gelombang mekanik dibandingkan pembelajaran GDL tanpa *Concept Map*.

Analisis *effect size* juga dilakukan untuk mengetahui besar pengaruh Metode *Concept Map* dalam model pembelajaran GDL terhadap retensi siswa dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Analisis Effect Size Retensi Siswa

Variabel	Effect Size	Nilai	95% CI Lower	95% CI Upper	Kategori
Retensi	Cohen's d	0,517	0,051	0,978	Efek sedang

Analisis *effect size* pada Tabel 11 menghasilkan nilai Cohen's d sebesar 0,517. Nilai tersebut berada dalam rentang efek sedang berdasarkan kriteria interpretasi yang digunakan. Dengan demikian, penerapan metode *Concept Map* yang dipadukan dengan model GDL menunjukkan pengaruh dengan besaran sedang terhadap retensi siswa pada materi gelombang mekanik dibandingkan penerapan GDL tanpa *Concept Map*. Besaran efek tersebut juga menunjukkan bahwa penggunaan *Concept Map* memiliki kontribusi praktis dalam membantu siswa mempertahankan pemahaman konsep yang telah diperoleh selama pembelajaran.

Tingkat retensi yang dicapai kelompok eksperimen mengindikasikan bahwa penggunaan *Concept Map* membantu siswa mempertahankan pemahaman konsep setelah pembelajaran selesai. Kondisi ini dapat dijelaskan oleh karakteristik *Concept Map* yang membantu siswa menyusun hubungan antarkonsep secara sistematis sehingga informasi yang telah dipelajari lebih mudah diingat kembali pada saat *delayed posttest*. Penggunaan *Concept Mapping* dalam pembelajaran diketahui dapat menunjang retensi, transfer pengetahuan, dan pemahaman konsep siswa, baik ketika diintegrasikan dengan pembelajaran penemuan maupun ketika didukung oleh teknologi pada konteks pembelajaran sains dan fisika (Fatokun & Eniayeju, 2014; Kurniawan, 2016; Taketaka & Daza, 2025; Wang dkk., 2025).

Setelah uji hipotesis dan analisis effect size menunjukkan bahwa penggunaan metode *Concept Map* dalam model pembelajaran GDL menghasilkan retensi yang lebih tinggi pada kelas eksperimen dibandingkan kelas kontrol, analisis selanjutnya dilakukan berdasarkan faset pemahaman konsep menggunakan instrumen MWCT. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui retensi siswa pada setiap faset pemahaman konsep. Nilai *posttest*, *delayed posttest*, dan retensi siswa berdasarkan faset pada kelas eksperimen dan kelas kontrol disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Nilai *Posttest*, *Delayed posttest* dan Retensi Siswa Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol Berdasarkan Faset (Wiggins & McTighe, 2005)

Faset	<i>Posttest</i>	<i>Delayed Posttest</i>	Retensi (%)	<i>Posttest</i>	<i>Delayed Posttest</i>	Retensi (%)
<i>Explanation</i>	93,68	90,00	96	80,56	65,56	81
<i>Interpretation</i>	72,11	72,11	100	67,78	46,67	69
<i>Application</i>	80,00	74,74	93	56,11	51,67	92

Pada faset *Explanation*, capaian kelompok eksperimen pada *posttest* berada pada rata-rata 93,68 dan menjadi 90,00 ketika diukur kembali melalui *delayed posttest*. Perbandingan kedua hasil tersebut menunjukkan persentase retensi sebesar 96%, yang termasuk kategori sangat baik. Kelompok kontrol memperoleh rata-rata 80,56 pada *posttest* dan 65,56 pada *delayed posttest*, sehingga persentase retensinya mencapai 81% dan masih tergolong sangat baik. Dengan demikian, meskipun kedua kelompok berada dalam kategori retensi yang sama, kelompok eksperimen mampu mempertahankan capaian pada faset *Explanation* dengan persentase yang lebih tinggi.

Capaian tersebut mengindikasikan bahwa penerapan *Concept Map* dalam GDL mendukung kemampuan siswa untuk mempertahankan pemahaman dalam menjelaskan konsep gelombang mekanik setelah jeda empat minggu. Ketika menyusun *Concept Map*, siswa tidak hanya mencatat konsep, tetapi juga memilih konsep utama, menghubungkan konsep yang saling berkaitan, dan membentuk proposisi di antara konsep tersebut. Proses ini menghasilkan susunan pengetahuan yang lebih terorganisasi sehingga konsep yang telah dipelajari dapat direpresentasikan kembali ketika siswa menghadapi pengukuran retensi. Hasil tersebut selaras dengan temuan dalam meta-analisis yang menunjukkan bahwa Anastasiou dkk. (2024) yang memperlihatkan adanya kontribusi positif penggunaan *Concept Map* terhadap pencapaian belajar siswa dalam pembelajaran sains, serta Gómez Ramos dkk. (2024) yang melaporkan bahwa pengorganisasian informasi secara visual melalui *Concept Map* berkontribusi terhadap retensi memori jangka panjang.

Pada faset *Interpretation*, rata-rata skor *posttest* yang dicapai kelompok eksperimen mencapai 72,11 tetap bertahan pada *delayed posttest*, sehingga mencatat persentase retensi sebesar 100% dan termasuk kategori sangat baik. Adapun, kelas kontrol mengalami penurunan dari 67,78 menjadi 46,67 dengan persentase retensi sebesar 69% yang termasuk kategori cukup. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa penggunaan metode *Concept Map* dalam model GDL membantu siswa mempertahankan kemampuan menafsirkan fenomena, gambar, grafik, maupun berbagai representasi konsep. Kondisi ini dapat dijelaskan karena penyusunan *Concept Map* membantu siswa mengintegrasikan berbagai representasi ke dalam satu struktur pengetahuan yang saling berhubungan. Dengan demikian, Melalui penyusunan hubungan antarkonsep, siswa tidak sekadar menyimpan setiap konsep secara individual, tetapi membentuk keterkaitan di antara konsep tersebut. Struktur pengetahuan yang demikian dapat memudahkan siswa dalam memanggil kembali dan menginterpretasikan konsep ketika menghadapi fenomena pada *delayed posttest*. Mekanisme ini sesuai dengan *Dual Coding Theory* Clark & Paivio (1991), yang menjelaskan bahwa pemrosesan informasi melalui saluran verbal dan visual dapat mendukung penyimpanan informasi dalam memori. Sejalan dengan hal tersebut, Mir dkk. (2023)

melaporkan bahwa penggunaan representasi verbal dan visual secara terpadu dalam pembelajaran dapat memperkuat pengkodean informasi sehingga mendukung retensi konsep.

Pada faset *Application*, kelompok eksperimen mencatat rata-rata skor *posttest* sebesar 80,00 menurun menjadi 74,74 pada *delayed posttest*, sehingga memperoleh persentase retensi sebesar 93% dengan kategori sangat baik. Sementara itu, kelas kontrol mengalami penurunan dari 56,11 menjadi 51,67 dengan persentase retensi sebesar 92% yang juga berada pada kategori sangat baik. Meskipun kedua kelas berada pada kategori sangat baik, kelas eksperimen tetap menunjukkan persentase retensi yang sedikit lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan metode *Concept Map* membantu siswa mempertahankan kemampuan menerapkan konsep gelombang mekanik pada penyelesaian masalah. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penyusunan *Concept Map* tidak hanya membantu siswa menghafal konsep, tetapi juga membangun keterkaitan antara konsep, gambar, grafik, dan fenomena fisika. Hubungan antarkonsep yang divisualisasikan dalam bentuk hierarki memungkinkan siswa mengintegrasikan berbagai representasi menjadi satu struktur pengetahuan yang utuh. Dengan demikian, ketika menghadapi soal pada *delayed posttest*, siswa lebih mudah menginterpretasikan fenomena berdasarkan hubungan konsep yang telah terbentuk selama pembelajaran. Hasil ini sejalan dengan penelitian Taketaka & Daza (2025) mengindikasikan bahwa penerapan *Concept Mapping* berperan dalam meningkatkan pemahaman sekaligus membantu siswa mempertahankan pengetahuan yang diperoleh dalam pembelajaran sains. Hasil tersebut didukung oleh Fatokun & Eniayeju (2014) yang menemukan bahwa integrasi *Concept Mapping* dalam pembelajaran penemuan meningkatkan retensi belajar. Kedua temuan tersebut memperkuat teori *Concept Map* yang dikembangkan oleh Novak & Gowin (1984), yaitu bahwa pengorganisasian hubungan antarkonsep secara hierarkis membantu terbentuknya pembelajaran bermakna sehingga konsep lebih mudah dipertahankan dalam memori.

Kondisi ini dapat dikaitkan dengan karakteristik *Concept Map* yang menyajikan hubungan antarkonsep secara terintegrasi sehingga konsep yang telah dipelajari lebih mudah digunakan kembali ketika siswa dihadapkan pada situasi atau permasalahan yang serupa. Hal ini konsisten dengan penelitian yang melaporkan bahwa *Concept Mapping* dalam pembelajaran berbasis penemuan dapat mendukung retensi, transfer pengetahuan, dan penerapan konsep pada berbagai situasi (Fatokun & Eniayeju, 2014; Muhali & Sukaisih, 2023a; Sunday dkk., 2025; X.-M. Wang dkk., 2025).

Jika ditinjau berdasarkan faset pemahaman, kelompok eksperimen menunjukkan retensi tertinggi pada faset *Interpretation*, kemudian *Explanation* dan *Application*. Sebaliknya, kelompok kontrol memiliki retensi terendah pada faset *Interpretation*. Pola tersebut menunjukkan bahwa penerapan *Concept Map* berpotensi membantu siswa mempertahankan pemahaman pada berbagai faset, tidak hanya selama proses pembelajaran berlangsung, tetapi juga setelah jeda waktu tertentu.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, penerapan *Concept Map* yang dipadukan dengan *Guided Discovery Learning* memberikan pengaruh pada dua aspek yang dikaji, yaitu pemahaman konsep dan retensi siswa.

1. Pada pemahaman konsep, metode *Concept Map* dalam *Guided Discovery Learning* memberikan pengaruh terhadap peningkatan capaian siswa pada materi gelombang mekanik. Kelompok eksperimen memperoleh peningkatan yang lebih tinggi daripada kelompok kontrol yang mengikuti pembelajaran GDL tanpa *Concept Map*. Keunggulan tersebut ditemukan pada faset *Explanation*, *Interpretation*, maupun *Application*. Integrasi *Concept Map* selama pembelajaran membantu siswa menata konsep yang ditemukan serta memperjelas keterkaitan di antara konsep-konsep tersebut, sehingga pengetahuan yang terbentuk menjadi lebih terorganisasi.
2. Pada retensi, penerapan metode *Concept Map* dalam *Guided Discovery Learning* juga memberikan pengaruh terhadap kemampuan siswa mempertahankan pemahaman konsep. Persentase retensi

kelompok eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol yang tidak menggunakan *Concept Map*. Hasil ini mengindikasikan bahwa penggunaan *Concept Map* memiliki peran bukan hanya ketika siswa membangun pemahaman selama pembelajaran, tetapi juga ketika pemahaman tersebut perlu dipertahankan setelah pembelajaran selesai.

Berdasarkan kedua hasil tersebut, *Concept Map* yang diintegrasikan dengan *Guided Discovery Learning* dapat dipertimbangkan untuk pembelajaran fisika yang melibatkan banyak keterkaitan antarkonsep. Penerapan pada materi dan jenjang pendidikan lain dapat menjadi arah penelitian berikutnya. Pengukuran dengan jeda waktu yang lebih panjang juga dapat digunakan untuk mengkaji keberlangsungan pemahaman siswa dalam periode yang lebih lama.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi kepada Program Studi Pendidikan Fisika, FPMIPA, UPI yang telah memberikan dukungan selama proses penelitian. Penghargaan juga disampaikan kepada pihak sekolah, khususnya kepala sekolah dan guru fisika, serta para siswa yang telah terlibat dalam pelaksanaan penelitian. Dukungan dan partisipasi berbagai pihak tersebut turut mendukung kelancaran penelitian hingga dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Akanbi, A., Yahaya, W., Omosewo, E., & Mohammed, R. (2021). Effect of Mind Mapping Instructional Strategy on Students' Retention in Physics in Senior Secondary Schools. *Anatolian Journal of Education*, 6, 145–156. <https://doi.org/10.29333/aje.2021.6112a>
- Alanazi, A. A., Osman, K., & Halim, L. (2025). Development of Technology-Enhanced Higher Order Thinking Learning Module Based on Scaffolding and Guided Discovery Approaches. Dalam M. E. Auer & D. May (Ed.), *2024 Yearbook Emerging Technologies in Learning* (hlm. 485–509). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-80388-8_26
- Anastasiou, D., Wirngo, C. N., & Bagos, P. (2024). The Effectiveness of Concept Maps on Students' Achievement in Science: A Meta-Analysis. *Educational Psychology Review*, 36(2), 39. <https://doi.org/10.1007/s10648-024-09877-y>
- Ausubel, D. P. (1960). The Use Of Advance Organizers in The Learning And Retention of Meaningful Verbal Material. *Journal of Educational Psychology*, 51(5), 267–272.
- Azhar, Manik, R. E., Nabila, R., Natuna, D. A., & Irawan, D. (2024). Critical Thinking Skills of Students Through Guided Discovery Learning Model Assisted by PhET Media on Stationary and Walking Wave. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(7), 3548–3555. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i7.7212>
- Bryce, T. G. K., & Blown, E. J. (2024). Ausubel's meaningful learning re-visited. *Current Psychology*, 43(5), 4579–4598. <https://doi.org/10.1007/s12144-023-04440-4>
- Clark, J. M., & Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational Psychology Review*, 3(3), 149–210. <https://doi.org/10.1007/BF01320076>
- Creswell, J. W. ., & Creswell, J. David. (2023). *Research design : qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (6 ed.). SAGE.
- Diana, M. N., & Yusman Wiyatmo. (2023). Keefektifan Pembelajaran Fisika Berbasis Flippedlearning Menggunakan Edmodo ditinjau dari Peningkatan Hasil Belajar Aspek Kognitif dan Kemandirian Belajar Peserta Didik SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 10. <https://doi.org/https://doi.org/10.21831/jpf.v10i2.11096>
- Fatokun, K. V. F., & Eniayeju, P. A. (2014). The effect of concept mapping- guided discovery integrated teaching approach on Chemistry students achievement and retention. *Educational Research and Reviews*, 9(22), 1218–1223. <https://doi.org/10.5897/err2014.1848>

- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2012). *How to Design and Evaluate Research in Education* (8 ed.). McGraw-Hill .
- Gómez Ramos, J. L., López Campillo, R. M., López Cirugeda, I., & Palazón-Fernández, J. L. (2024). Do concept maps prompt long-term memory in CLIL schoolchildren? *Heliyon*, 10(20), e39363. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39363>
- Hahn, L., & Klein, P. (2023). The impact of multiple representations on students' understanding of vector field concepts: Implementation of simulations and sketching activities into lecture-based recitations in undergraduate physics. *Frontiers in Psychology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1012787>
- Izci, E., & Akkoc, E. A. (2024). The impact of concept maps on academic achievement: A meta-analysis. *Heliyon*, 10(1), e23290. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23290>
- Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah. (2025). *Panduan Mata Pelajaran Fisika Fase F (SMA/MA)*.
- Kurniawan, A. (2016). Penerapan Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Berbantuan Cmaptools dalam Pembelajaran Fisika untuk Meningkatkan Kemampuan Kognitif dan Mempertahankan Retensi Siswa. *Jurnal Penelitian Pendidikan*, 14(1). <https://doi.org/10.17509/jpp.v14i1.3209>
- Lechuga, M. T., Ortega-Tudela, J. M., & Gómez-Ariza, C. J. (2024). Retrieval-based concept mapping makes a difference as a retrieval practice activity: a study with high school students. *Frontiers in Education*, Volume 9-2024. <https://doi.org/10.3389/educ.2024.1287744>
- McDermott, L. C., & Redish, E. F. (1999). Resource Letter: PER-1: Physics Education Research. *American Journal of Physics*, 67(9), 755–767. <https://doi.org/10.1119/1.19122>
- Mir, K. J., Fatima, S. A., & Fatima, S. T. (2023). Impact of Dual Coding Strategy to Enhance Students' Retention of Scientific Concepts in Middle Schools. *Annals of Human and Social Sciences*, 4(IV). [https://doi.org/10.35484/ahss.2023\(4-IV\)63](https://doi.org/10.35484/ahss.2023(4-IV)63)
- Muhali, M., & Sukaisih, R. (2023). Guided Discovery Learning Model Using Concept Map Strategy to Improve Students Metacognition and Critical Thinking Skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(1), 554–563. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i1.3868>
- Novak, J. D., & Cañas, A. J. (2008). *The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them I*. <https://cmap.ihmc.us/docs/theory-of-concept-maps.php>
- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). Concept mapping for meaningful learning. Dalam J. D. Novak & D. B. Gowin (Ed.), *Learning How to Learn* (hlm. 15–54). Cambridge University Press. <https://doi.org/DOI: 10.1017/CBO9781139173469.004>
- Rolfes, T., Roth, J., & Schnotz, W. (2022). Mono- and Multi-Representational Learning of the Covariational Aspect of Functional Thinking. *Journal for STEM Education Research*, 5(1), 1–27. <https://doi.org/10.1007/s41979-021-00060-4>
- Shi, Y., Yang, H., Dou, Y., & Zeng, Y. (2023). Effects of mind mapping-based instruction on student cognitive learning outcomes: a meta-analysis. *Asia Pacific Education Review*, 24(3), 303–317. <https://doi.org/10.1007/s12564-022-09746-9>
- Situmorang, R., Simanullang, A. F., & Siahaan, F. E. (2022). Pengaruh Model Pembelajaran Discovery Learning terhadap Pemahaman Konsep Fisika Siswa SMA Yayasan Perguruan Keluarga T.A 2022/2023. *Jurnal Pendidikan dan Konseling*, 4(5). <https://journal.universitaspahlawan.ac.id/index.php/jpdk/article/view/8518/6420>
- Subramaniam, G., & Sapri, R. (2022). A Guided Discovery Learning Model to Improve Conceptual Understanding in Learning Physic. *Jurnal Pendidikan Sains dan Matemaik Malaysia*, 12(2), 77–92. <https://doi.org/10.37134/jpsmm.vol12.2.6.2022>
- Sunday, O. J., Adesope, O. O., Shenghai, D., & Carbonneau, K. (2025). The effects of concept mapping experience, feedback timing, and motivation on students' learning outcomes. *Learning and Motivation*, 92, 102201. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lmot.2025.102201>

- Taketaka, G. F., & Daza, S. (2025). Concept Mapping Tool in Earth and Space Science Understanding and Retention among Grade 9 Students. *Psychology and Education: A Multidisciplinary Journal*, 34(7), 861–877. <https://doi.org/10.70838/pemj.340708>
- Wandi, W., Mardianti, F., Suwarma, I. R., & Liliawati, W. (2023). Theory and Practice of Conceptual Understanding in Physics Education: A Literature Review and Bibliometric Analysis of the Recent Decades. *Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)*, 6, 107–117. <https://doi.org/https://doi.org/10.37891/kpej.v6i2.483>
- Wang, X.-M., Wang, J.-L., Xu, S.-Y., & Xu, S.-J. (2025). Concept mapping in STEM education: a meta-analysis of its impact on students' achievement (2004–2023). *International Journal of STEM Education*, 12(1), 30. <https://doi.org/10.1186/s40594-025-00554-2>
- Wiggins, G. P., & McTighe, J. (2005). *Understanding by Design*. Association for Supervision and Curriculum Development. <https://books.google.co.id/books?id=N2EfKlyUN4QC>

