E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Pengaruh Pembelajaran Berbasis Simulasi Phet Dengan Pendekatan Deep Learning Terhadap Pengurangan Miskonsepsi Siswa Pada Materi Gelombang Menggunakan Analisis Rasch

Olivia Talalu[1], Mohamad Jahja[2], Meilan Demulawa[3]
[1]Universitas Negeri Gorontalo, oliviatalalu2@gmail.com
[2]Universitas Negeri Gorontalo, mj@ung.ac.id
[3]Universitas Negeri Gorontalo, meilan.demulawa@ung.ac.id

Abstrak

Miskonsepsi pada materi gelombang menjadi salah satu permasalahan dalam pembelajaran fisika karena karakteristik konsepnya yang abstrak dan sulit diamati secara langsung. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh pembelajaran berbasis simulasi PhET yang diintegrasikan dengan pendekatan Deep Learning terhadap pengurangan miskonsepsi peserta didik pada materi gelombang serta mengidentifikasi perubahan kemampuan konseptual menggunakan Model Rasch. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode quasi-experiment dan desain Pretest-Posttest Replicated Experimental Design. Subjek penelitian terdiri atas 59 peserta didik dari dua kelas XI. Data dikumpulkan menggunakan Three-Tier Diagnostic Test dan dianalisis secara deskriptif serta menggunakan Model Rasch melalui Winsteps 5.11.2. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan kategori Paham Konsep dari 12,0% menjadi 88,0% pada kelas XI-1 dan dari 19,7% menjadi 86,9% pada kelas XI-2. Sebaliknya, total miskonsepsi menurun dari 59,1% menjadi 8,3% pada kelas XI-1 dan dari 54,8% menjadi 7,2% pada kelas XI-2. Analisis Rasch juga menunjukkan peningkatan Person Measure serta reliabilitas item yang tinggi pada post-test. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi simulasi PhET dan pendekatan Deep Learning efektif mendukung perubahan konseptual dan mengurangi miskonsepsi pada materi gelombang.

Kata Kunci: *Miskonsepsi; Simulasi Phet; Deep Learning; Model Rasch; Materi Gelombang*.

Abstract

Misconceptions in wave concepts remain a challenge in physics learning because many concepts are abstract and difficult for students to observe directly. This study aimed to analyze the effect of PhET simulation-based learning integrated with a Deep Learning approach on reducing students' misconceptions about waves and to identify changes in conceptual ability using the Rasch Model. A quantitative approach with a quasi-experimental method and a Pretest-Posttest Replicated Experimental Design was employed. The participants were 59 eleventh-grade students from two classes. Data were collected using a Three-Tier Diagnostic Test and analyzed descriptively and through the Rasch Model using Winsteps 5.11.2. The results showed a substantial increase in the Conceptual Understanding category, from 12.0% to 88.0% in class XI-1 and from 19.7% to 86.9% in class XI-2. In contrast, the overall misconception rate decreased from 59.1% to 8.3% in XI-1 and from 54.8% to 7.2% in XI-2. Rasch analysis also indicated increased Person Measure and high item reliability in the post-test. These findings demonstrate that integrating PhET simulations with a Deep Learning approach effectively supports conceptual change and reduces students' misconceptions in wave learning.

Keywords: *Misconceptions; Phet Simulation; Deep Learning; Rasch Model; Wave Concepts.*

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Corresponding Author:
Olivia Talalu

Universitas Negeri Gorontalo; oliviatalalu2@gmail.com

PENDAHULUAN

Pembelajaran fisika pada hakikatnya tidak hanya berorientasi pada kemampuan siswa dalam menghafal rumus, tetapi juga pada kemampuan membangun konsep, menjelaskan fenomena, dan memproyeksikan berbagai peristiwa berdasarkan prinsip-prinsip fisika. Oleh karena itu, proses pembelajaran fisika perlu menekankan pembentukan pemahaman konseptual daripada sekadar peningkatan hasil belajar siswa (Nabilah Az Zahra et al., 2023). Pemahaman konsep yang kuat menjadi dasar bagi siswa untuk menghubungkan pengetahuan teoritis dengan fenomena fisik yang dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu materi yang membutuhkan pemahaman konseptual yang baik adalah gelombang, karena materi tersebut memuat berbagai konsep abstrak, seperti frekuensi, periode, panjang gelombang, kecepatan rambat, serta karakteristik gelombang transversal dan longitudinal. Kompleksitas konsep tersebut berpotensi menimbulkan kesalahan persepsi apabila proses pembelajaran tidak memberikan pengalaman belajar yang memungkinkan siswa mengamati dan mengeksplorasi konsep secara langsung.

Permasalahan pemahaman konsep dalam pembelajaran fisika berkaitan erat dengan praktik pembelajaran yang masih bersifat konvensional. Pembelajaran yang berpusat pada guru, dominan menggunakan metode ceramah, dan terbatas dalam memberikan kesempatan kepada siswa untuk melakukan eksperimen dapat menyebabkan siswa menjadi pasif serta lebih bergantung pada kemampuan mengingat informasi. Kondisi tersebut menjadi semakin problematis pada materi gelombang karena sebagian besar fenomena yang dipelajari bersifat abstrak dan tidak selalu dapat diamati secara langsung. Metode pembelajaran yang kurang interaktif dan minim pengalaman konkret dapat menjadi salah satu faktor yang menyebabkan miskonsepsi siswa. Miskonsepsi bahkan dapat muncul dan bertahan meskipun siswa telah memperoleh pembelajaran mengenai konsep tersebut. Menurut (Utami & Khotimah, 2023), masih banyak orang yang tidak memahami secara tepat mengenai konsep gelombang. Oleh karena itu, diperlukan pengalaman pembelajaran konkret yang didukung oleh media praktikum untuk membantu mengurangi miskonsepsi siswa dalam memahami konsep gelombang, getaran, dan cahaya (Kamilah et al., 2025).

Kebutuhan terhadap pengalaman belajar yang konkret menunjukkan pentingnya penggunaan media pembelajaran yang mampu mengubah konsep abstrak menjadi representasi visual yang mudah diamati dan dieksplorasi. Salah satu media yang memiliki karakteristik tersebut adalah *PhET Interactive Simulations*. Simulasi PhET bersifat interaktif, mudah digunakan, dan mampu memodelkan berbagai fenomena fisika melalui animasi yang menyerupai situasi nyata (Banda & Nzabahimana, 2023). Penggunaan simulasi tersebut memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengamati perubahan suatu variabel, mengeksplorasi hubungan antarkonsep, serta memperoleh pengalaman belajar melalui interaksi langsung dengan representasi fenomena fisika. Dengan demikian, PhET tidak hanya berpotensi meningkatkan ketertarikan siswa terhadap pembelajaran, tetapi juga dapat membantu siswa memahami konsep-konsep fisika yang sulit diamati secara langsung.

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Meskipun demikian, penggunaan media pembelajaran interaktif belum sepenuhnya menjamin terbentuknya pemahaman konseptual yang mendalam. Media pembelajaran perlu didukung oleh pendekatan pembelajaran yang mendorong keterlibatan kognitif siswa secara aktif. Dalam konteks tersebut, pendekatan *Deep Learning* relevan untuk diterapkan karena memiliki tiga prinsip utama, yaitu *joyful learning, mindful learning*, dan *meaningful learning* (Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah Republik Indonesia, 2025). Ketiga prinsip tersebut menempatkan siswa sebagai pembelajar aktif melalui pengalaman belajar yang menyenangkan, kesadaran terhadap proses belajar, serta keterkaitan antara pengetahuan baru dengan pemahaman yang telah dimiliki. Pendekatan ini juga memberikan ruang bagi siswa untuk melakukan eksplorasi, refleksi, dan pengembangan kemampuan berpikir kritis. Hal tersebut sejalan dengan pandangan (Bao & Koenig, 2019) bahwa tujuan utama pendidikan fisika pada abad ke-21 tidak hanya berkaitan dengan penguasaan pengetahuan, tetapi juga peningkatan pemahaman konseptual dan keterampilan penalaran yang kuat untuk mendukung kemampuan berpikir ilmiah.

Integrasi antara media pembelajaran interaktif dan pendekatan pembelajaran yang berorientasi pada pemahaman mendalam menjadi penting karena miskonsepsi tidak cukup diatasi hanya dengan penyampaian informasi atau visualisasi konsep. Siswa perlu memperoleh kesempatan untuk menguji pemahamannya, membandingkan prediksi dengan fenomena yang diamati, serta melakukan refleksi terhadap konsep yang telah dipelajari. Dalam hal ini, simulasi PhET dapat menyediakan lingkungan eksploratif, sedangkan pendekatan *Deep Learning* dapat memberikan kerangka pembelajaran yang mendorong siswa untuk terlibat secara aktif, sadar, dan bermakna. Integrasi keduanya diharapkan mampu menciptakan pengalaman belajar yang lebih mendalam sekaligus membantu siswa membangun kembali pemahaman terhadap konsep-konsep gelombang yang sebelumnya mengalami miskonsepsi.

Selain membutuhkan strategi pembelajaran yang tepat, identifikasi miskonsepsi juga memerlukan instrumen diagnostik dan metode analisis yang mampu memberikan informasi secara akurat mengenai karakteristik kemampuan siswa maupun kualitas butir soal. Pengukuran yang hanya didasarkan pada skor total belum memberikan informasi yang cukup mengenai hubungan antara kemampuan peserta didik dan tingkat kesulitan setiap butir. Oleh karena itu, Model Rasch menjadi salah satu pendekatan metodologis yang relevan untuk menganalisis miskonsepsi siswa secara lebih terperinci. Model Rasch merupakan salah satu model dalam teori respons butir (*Item Response Theory*, IRT) yang dikembangkan oleh Georg Rasch pada tahun 1960-an. Berbeda dengan pendekatan pengukuran tradisional yang lebih banyak mengandalkan skor total, Model Rasch memungkinkan analisis karakteristik peserta dan item secara lebih terperinci sehingga dapat digunakan untuk mengevaluasi kualitas instrumen, termasuk tingkat kesulitan item dan kesesuaian respons peserta didik.

Salah satu keunggulan Model Rasch adalah kemampuannya menghasilkan peta orang-item (*Wright Map*) yang dapat menggambarkan distribusi kemampuan peserta didik dan tingkat kesulitan item pada skala yang sama. Informasi tersebut dapat membantu peneliti mengidentifikasi posisi kemampuan siswa terhadap karakteristik soal sehingga pola miskonsepsi dapat dianalisis secara lebih sistematis. Prinsip pengukuran dalam Model Rasch memungkinkan tingkat interval diturunkan dari peningkatan nilai atribut yang diukur. Studi yang dilakukan oleh (Y. E. Suryani, 2018) menunjukkan bahwa skala logit (*log odds unit*) dalam Model Rasch merupakan skala interval yang bersifat linear terhadap rasio data. Dengan demikian, Model Rasch dapat memberikan dasar pengukuran yang lebih informatif untuk menganalisis kemampuan siswa sekaligus karakteristik instrumen yang digunakan dalam penelitian.

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Keunggulan lainnya terletak pada kemampuan Model Rasch dalam memberikan informasi mengenai alasan suatu responden perlu dikeluarkan dari analisis berdasarkan kriteria tertentu, sehingga dapat membantu proses analisis hasil siswa maupun kualitas soal penilaian guru (Abdullah et al., 2022). Selain itu, pemodelan Rasch menghasilkan kesesuaian statistik (*fit statistic*) yang dapat digunakan untuk melihat apakah pola respons peserta didik terhadap item sesuai dengan karakteristik kemampuan peserta dan tingkat kesulitan item. Dengan demikian, kemampuan tinggi secara ideal diharapkan menghasilkan pola respons yang lebih sesuai terhadap item dengan tingkat kesulitan tertentu (Eka Setiawan et al., 2022). Penggunaan Model Rasch dalam penelitian ini menjadi penting karena dapat melengkapi penerapan strategi pembelajaran dengan memberikan gambaran kuantitatif mengenai kemampuan siswa dan karakteristik miskonsepsi yang teridentifikasi melalui instrumen diagnostik.

Permasalahan tersebut juga ditemukan berdasarkan pengamatan awal di SMA Negeri 1 Telaga Biru Kabupaten Gorontalo. Sebagian besar siswa masih mengalami kesulitan dalam memahami konsep dasar gelombang, terutama dalam membedakan frekuensi, periode, panjang gelombang, dan kecepatan rambat gelombang. Salah satu bentuk miskonsepsi yang ditemukan adalah anggapan bahwa panjang gelombang berbanding lurus dengan frekuensi, padahal pada kondisi kecepatan rambat gelombang konstan, panjang gelombang dan frekuensi memiliki hubungan berbanding terbalik. Siswa juga mengalami kesulitan dalam menafsirkan bentuk gelombang transversal dan longitudinal serta cenderung menganggap bahwa partikel medium berpindah bersama gelombang, bukan sekadar mengalami getaran di sekitar posisi kesetimbangannya. Kondisi tersebut menunjukkan adanya miskonsepsi konseptual dan faktual yang berpotensi menghambat pemahaman siswa terhadap materi gelombang secara lebih lanjut.

Temuan awal tersebut menunjukkan adanya kesenjangan antara tuntutan pembelajaran fisika yang menekankan pemahaman konseptual dan kondisi pembelajaran yang masih menghadapi permasalahan miskonsepsi siswa. Di sisi lain, penggunaan media simulasi interaktif perlu dipadukan dengan pendekatan yang mampu mendorong keterlibatan kognitif secara mendalam, sedangkan identifikasi perubahan pemahaman siswa memerlukan instrumen dan analisis yang dapat memberikan informasi secara kuantitatif. Kesenjangan tersebut menjadi dasar perlunya penelitian yang mengintegrasikan simulasi PhET dengan pendekatan *Deep Learning* serta menggunakan Model Rasch sebagai pendekatan analisis untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi miskonsepsi siswa pada materi gelombang.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan simulasi *PhET Interactive Simulations* yang diintegrasikan dengan pendekatan *Deep Learning* dalam pembelajaran fisika pada materi gelombang, serta mengidentifikasi miskonsepsi siswa menggunakan Model Rasch. Integrasi tersebut diharapkan dapat memberikan pengalaman belajar yang interaktif, menyenangkan, reflektif, dan bermakna sehingga siswa tidak hanya memperoleh pengetahuan secara prosedural, tetapi juga membangun pemahaman konseptual yang lebih kuat. Penggunaan Model Rasch diharapkan dapat memberikan informasi yang lebih rinci mengenai kemampuan siswa, tingkat kesulitan instrumen, kesesuaian item, serta pola miskonsepsi yang muncul. Dengan demikian, hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan pembelajaran fisika yang lebih interaktif dan berorientasi pada pemahaman konseptual, sekaligus menjadi dasar bagi guru dalam merancang strategi pembelajaran dan asesmen yang lebih tepat untuk mengatasi miskonsepsi siswa pada materi gelombang.

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen semu (*quasi-experiment*) dan desain *Pretest-Posttest Replicated Experimental Design*. Desain tersebut digunakan untuk menganalisis dampak pembelajaran berbasis simulasi *PhET Interactive Simulations* yang diintegrasikan dengan pendekatan *Deep Learning* terhadap penurunan miskonsepsi siswa pada materi gelombang sekaligus menguji konsistensi efek perlakuan pada kelompok yang berbeda. Dua kelas diberikan perlakuan yang sama, yaitu pembelajaran menggunakan simulasi PhET dengan pendekatan *Deep Learning*. Pengukuran dilakukan melalui *pretest* sebelum perlakuan dan *posttest* setelah perlakuan. Model Rasch digunakan untuk melakukan kalibrasi kuantitatif terhadap data tes diagnostik sehingga diperoleh informasi mengenai kemampuan siswa, tingkat kesulitan item, kesesuaian respons, dan distribusi kemampuan siswa melalui *Wright Map (Person-Item Map)* dalam skala logit. Desain penelitian mengacu pada Sugiono (Pratiwi & Sugiharto, 2025).

Penelitian dilaksanakan di SMA Negeri 1 Telaga Biru, Kabupaten Gorontalo, Provinsi Gorontalo, pada semester genap tahun akademik 2025/2026, yaitu sekitar Januari hingga Maret 2026. Populasi penelitian mencakup seluruh siswa kelas XI SMA Negeri 1 Telaga Biru pada semester genap tahun ajaran 2025/2026 yang telah mempelajari materi gelombang. Populasi dipahami sebagai wilayah generalisasi yang terdiri atas subjek atau objek dengan karakteristik tertentu yang ditetapkan untuk dipelajari dan ditarik kesimpulannya (N. H. Suryani, 2023). Sampel dipilih menggunakan teknik *purposive sampling* berdasarkan pertimbangan karakteristik kelas dan hasil pengamatan awal mengenai miskonsepsi pada materi gelombang. Dua kelas yang memiliki jumlah siswa dan prestasi akademik yang relatif sebanding dipilih, yaitu kelas XI-1 sebagai kelas eksperimen dan XI-2 sebagai kelas replikasi (Sugiyono, 2022). Kelas XI-1 terdiri atas 30 siswa, sedangkan kelas XI-2 terdiri atas 29 siswa, sehingga jumlah sampel keseluruhan adalah 59 siswa. Kedua kelas diberikan perlakuan yang sama berupa pembelajaran berbasis simulasi PhET dengan pendekatan *Deep Learning*. Kesetaraan kemampuan awal diperiksa berdasarkan nilai fisika dan hasil *pretest* sebelum perlakuan.

Data penelitian dikumpulkan menggunakan *Three-Tier Diagnostic Test* untuk mengidentifikasi miskonsepsi siswa pada materi gelombang. Tes diagnostik merupakan instrumen yang digunakan untuk menentukan miskonsepsi dan dapat dikembangkan dalam bentuk tes terbuka, pilihan ganda, maupun tes bertingkat, termasuk tes diagnostik tiga tingkat (Khoiri, 2025). Instrumen tiga tingkat digunakan karena memungkinkan identifikasi jawaban siswa, alasan yang mendasari jawaban, serta tingkat keyakinan siswa terhadap jawabannya. Tingkat pertama (K1) digunakan untuk mengukur jawaban konsep, tingkat kedua (K2) digunakan untuk mengidentifikasi alasan ilmiah, sedangkan tingkat ketiga (K3) digunakan untuk mengukur tingkat keyakinan terhadap jawaban (Febliza et al., 2024). Tes diberikan dua kali, yaitu *pretest* untuk mengidentifikasi kondisi awal dan *posttest* untuk mengidentifikasi perubahan pemahaman setelah penerapan pembelajaran berbasis PhET dan *Deep Learning*.

Setiap butir instrumen terdiri atas tiga komponen (K1, K2, dan K3) yang mengintegrasikan pengukuran diagnostik dengan *Certainty of Response Index* (CRI). Pola respons siswa diklasifikasikan berdasarkan kategori pemahaman yang diadopsi dari (Laliyo et al., 2022). Pola K1 benar, K2 benar, dan K3 yakin (CCC) dikategorikan sebagai *Scientific Knowledge* atau pemahaman konsep pada tingkat 6. Pola K1 benar, K2 salah, K3 yakin (CIC) dikategorikan sebagai miskonsepsi *false positive* (MFP) pada tingkat 5; pola K1 salah, K2 benar, K3 yakin (ICC) sebagai miskonsepsi *false negative* (MFN) pada tingkat 4; dan pola K1 salah, K2 salah, K3 yakin (IIC) sebagai

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

miskonsepsi pada tingkat 3. Sementara itu, pola K1 benar, K2 benar, K3 tidak yakin (CCU) dikategorikan sebagai tebakan pada tingkat 2, sedangkan pola CIU, ICU, dan IIU dikategorikan sebagai kurangnya pengetahuan atau *Lack of Knowledge* (LOK) pada tingkat 1. Pengodean tersebut digunakan untuk membedakan miskonsepsi dari ketidaktahuan atau kekosongan pengetahuan.

Prosedur penelitian dilaksanakan dalam tiga pertemuan. Pada pertemuan pertama diberikan *pretest* menggunakan tes diagnostik tiga tingkat untuk mengukur kondisi awal miskonsepsi siswa. Pada pertemuan kedua dan ketiga dilaksanakan pembelajaran fisika menggunakan simulasi PhET yang diintegrasikan dengan pendekatan *Deep Learning*. Pembelajaran diarahkan agar siswa dapat mengamati fenomena gelombang secara visual, mengeksplorasi hubungan antarkonsep, menganalisis fenomena, serta merefleksikan makna ilmiah dari hasil pengamatan. Setelah perlakuan selesai, *posttest* diberikan menggunakan instrumen yang sama untuk mengidentifikasi perubahan pemahaman konseptual dan miskonsepsi siswa.

Analisis data dilakukan secara deskriptif dan menggunakan Model Rasch. Analisis deskriptif digunakan untuk membandingkan kategori pemahaman siswa sebelum dan sesudah perlakuan, meliputi pemahaman konsep, miskonsepsi, dan tebakan. Persentase respons dianalisis pada konsep-konsep materi gelombang, termasuk panjang gelombang, frekuensi, dan energi, kemudian dibandingkan antara hasil *pretest* dan *posttest* untuk memperoleh gambaran kuantitatif mengenai perubahan pola pemahaman dan miskonsepsi siswa.

Model Rasch digunakan untuk menganalisis kualitas instrumen dan karakteristik respons siswa. Analisis reliabilitas meliputi *Person Reliability, Item Reliability, Person Separation Index, Item Separation Index*, dan *Cronbach's Alpha*. *Person Reliability* digunakan untuk mengetahui konsistensi respons siswa terhadap item, sedangkan *Item Reliability* digunakan untuk mengetahui kestabilan item dalam mengukur konstruk miskonsepsi. Nilai reliabilitas minimal ≥0,80 digunakan sebagai indikator reliabilitas yang baik (Afifi et al., 2023). *Person Separation Index* digunakan untuk mengetahui kemampuan instrumen dalam membedakan siswa berdasarkan tingkat kemampuan atau miskonsepsi, dengan nilai minimal ≥2,0 menunjukkan kemampuan pengelompokan siswa ke dalam sedikitnya tiga kategori kemampuan (Rosli et al., 2020). *Item Separation Index* digunakan untuk mengetahui kemampuan instrumen dalam membedakan item berdasarkan tingkat kesulitannya (Planinic et al., 2019). Reliabilitas internal instrumen juga dievaluasi menggunakan *Cronbach's Alpha*, dengan nilai ≥0,70 dipandang cukup reliabel dan ≥0,80 menunjukkan reliabilitas tinggi.

Validitas item dianalisis menggunakan program Winsteps melalui parameter *INFIT Mean Square* (MNSQ), *OUTFIT MNSQ, Z-standardized* (ZSTD), *Point Measure Correlation*, dan *Item Measure*. *INFIT MNSQ* dan *OUTFIT MNSQ* digunakan untuk mengevaluasi kesesuaian respons terhadap model dengan rentang ideal 0,5–1,5. Nilai di atas 1,5 menunjukkan potensi *misfit*, sedangkan nilai di bawah 0,5 menunjukkan item terlalu mudah diprediksi. Nilai ZSTD yang berada pada rentang −2,0 hingga +2,0 digunakan sebagai indikator kesesuaian model (Pratiwi & Sugiharto, 2025). *Point Measure Correlation* digunakan untuk mengetahui korelasi antara skor item dan skor total peserta, dengan rentang 0,30–0,80 dipandang baik. Nilai korelasi negatif menunjukkan perlunya peninjauan terhadap item karena berpotensi tidak mengukur konstruk miskonsepsi gelombang secara tepat (Andini, 2026).

Tingkat kesulitan item dianalisis melalui *Item Measure* dalam satuan logit. Nilai logit yang lebih tinggi menunjukkan item yang relatif lebih sulit, sedangkan nilai yang lebih rendah menunjukkan item yang relatif lebih mudah. Informasi tersebut digunakan untuk mengidentifikasi konsep gelombang yang memiliki tingkat kesulitan relatif

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

tinggi bagi siswa. Distribusi kemampuan siswa dan tingkat kesulitan item selanjutnya divisualisasikan melalui *Wright Map* atau *Person-Item Map*. Menurut (Fadlan et al., 2024), *Wright Map* digunakan untuk menggambarkan distribusi kemampuan peserta dan kesulitan item secara simultan pada skala yang sama. Hasil analisis tersebut digunakan untuk memperoleh gambaran mengenai perubahan kemampuan siswa dan pola miskonsepsi pada materi gelombang setelah penerapan pembelajaran berbasis simulasi PhET dengan pendekatan *Deep Learning*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilaksanakan di SMA Negeri 1 Telaga Biru pada April–Mei 2026 dengan melibatkan dua kelas, yaitu kelas XI-1 sebagai kelas eksperimen sebanyak 30 peserta didik dan kelas XI-2 sebagai kelas replikasi sebanyak 29 peserta didik. Instrumen penelitian berupa *three-tier diagnostic test* yang digunakan pada *pre-test* dan *post-test*. Data dianalisis berdasarkan kategori Paham Konsep (PK), Miskonsepsi False Positif (MFP), Miskonsepsi False Negatif (MFN), Miskonsepsi (MK), Tidak Paham Konsep (TPK), dan Menebak (M). Analisis lanjutan dilakukan menggunakan Model Rasch melalui Winsteps 5.11.2.

Distribusi Kategori Pemahaman pada Pre-test

Distribusi kategori pemahaman peserta didik kelas XI-1 pada *pre-test* disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Distribusi Kategori Pemahaman Peserta Didik Kelas XI-1 pada Pre-test (%)

Butir	PK	MFP	MFN	MK	TPK	M	Dominan
K1	41,2	17,6	17,6	11,8	5,9	5,9	PK
K2	11,8	11,8	11,8	58,8	0,0	5,9	MK
K3	5,9	29,4	17,6	23,5	5,9	17,6	MFP
K4	11,8	29,4	5,9	17,6	17,6	17,6	MFP
K5	11,8	5,9	23,5	17,6	29,4	11,8	TPK
K6	5,9	17,6	11,8	17,6	17,6	29,4	M
K7	17,6	5,9	17,6	23,5	23,5	11,8	MK
K8	5,9	17,6	23,5	11,8	23,5	5,9	MFN
K9	11,8	11,8	11,8	47,1	11,8	5,9	MK
K10	0,0	0,0	5,9	29,4	29,4	11,8	MK
Rata-rata	**12,0**	**14,3**	**15,9**	**28,9**	**19,3**	**9,6**	**MK**

Sumber: Hasil olah data peneliti (2026).

Berdasarkan Tabel 1, kategori dominan pada setiap butir bervariasi. Kategori PK dominan pada K1 sebesar 41,2%; MK pada K2 sebesar 58,8%, K9 sebesar 47,1%, dan K7 sebesar 23,5%; MFP pada K3 dan K4 masing-masing sebesar 29,4%; TPK pada K5 sebesar 29,4%; M pada K6 sebesar 29,4%; serta MFN pada K8 sebesar 23,5%. Pada K7 dan K10 terdapat kategori dengan persentase yang sama, yaitu MK dan TPK masing-masing sebesar 23,5% dan 29,4%.

Pada kelas XI-2, distribusi kategori pemahaman *pre-test* disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Distribusi Kategori Pemahaman Peserta Didik Kelas XI-2 pada Pre-test (%)

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Butir	PK	MFP	MFN	MK	TPK	M	Dominan
K1	29,4	11,8	11,8	35,3	0,0	11,8	MK
K2	0,0	35,3	0,0	41,2	23,5	0,0	MK
K3	11,8	35,3	0,0	41,2	11,8	0,0	MK
K4	41,2	0,0	23,5	17,6	5,9	11,8	PK
K5	11,8	0,0	5,9	29,4	41,2	11,8	TPK
K6	11,8	35,3	11,8	29,4	5,9	5,9	MFP
K7	23,5	0,0	11,8	17,6	35,3	11,8	TPK
K8	0,0	11,8	5,9	35,3	41,4	5,9	TPK
K9	5,9	11,8	52,9	11,8	17,6	0,0	MFN
K10	11,8	23,5	17,6	11,8	29,4	5,9	TPK
Rata-rata	**19,7**	**19,3**	**12,4**	**23,1**	**19,7**	**5,9**	**MK**

Sumber: Hasil olah data peneliti (2026).

Berdasarkan Tabel 2, kategori MK menjadi kategori dominan pada K1, K2, dan K3. Kategori PK dominan pada K4, TPK pada K5, K7, K8, dan K10, MFP pada K6, serta MFN pada K9.

Distribusi Kategori Pemahaman pada Post-test

Distribusi hasil *post-test* kelas XI-1 disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Distribusi Kategori Pemahaman Peserta Didik Kelas XI-1 pada Post-test (%)

Butir	PK	MFP	MFN	MK	TPK	M	Dominan
K1	88,2	0,0	0,0	5,9	0,0	5,9	PK
K2	88,2	0,0	5,9	5,9	0,0	0,0	PK
K3	88,2	5,9	5,9	0,0	0,0	0,0	PK
K4	82,4	5,9	5,9	5,9	0,0	5,9	PK
K5	76,5	5,9	5,9	0,0	5,9	0,0	PK
K6	82,4	5,9	5,9	0,0	5,9	0,0	PK
K7	88,2	0,0	0,0	0,0	5,9	5,9	PK
K8	82,4	11,8	5,9	0,0	0,0	0,0	PK
K9	88,2	5,9	5,9	0,0	0,0	0,0	PK
K10	88,2	5,9	0,0	0,0	29,4	5,9	PK
Rata-rata	**88,0**	**3,7**	**3,3**	**1,3**	**1,3**	**2,3**	**PK**

Sumber: Hasil olah data peneliti (2026).

Berdasarkan Tabel 3, kategori PK menjadi kategori dominan pada seluruh butir soal. Persentase PK berada pada rentang 76,5%–88,2%.

Hasil *post-test* kelas XI-2 disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Distribusi Kategori Pemahaman Peserta Didik Kelas XI-2 pada Post-test (%)

Butir	PK	MFP	MFN	MK	TPK	M	Dominan
K1	94,1	0,0	0,0	0,0	5,9	0,0	PK
K2	87,5	0,0	6,3	0,0	0,0	6,3	PK

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

K3	88,2	0,0	11,8	0,0	0,0	0,0	PK
K4	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	PK
K5	87,5	0,0	6,3	0,0	0,0	6,3	PK
K6	93,8	0,0	0,0	0,0	6,3	0,0	PK
K7	75,0	12,5	6,3	0,0	0,0	6,3	PK
K8	87,5	0,0	11,8	0,0	0,0	0,0	PK
K9	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	PK
K10	82,4	0,0	6,3	0,0	6,3	6,3	PK
Rata-rata	**86,9**	**1,7**	**4,8**	**0,7**	**3,1**	**2,8**	**PK**

Sumber: Hasil olah data peneliti (2026).

Berdasarkan Tabel 4, kategori PK menjadi kategori dominan pada seluruh butir soal. Persentase PK berkisar antara 75,0% dan 100%, dengan nilai 100% pada K4 dan K9.

Perbandingan Pre-test dan Post-test

Perbandingan persentase setiap kategori pemahaman antara *pre-test* dan *post-test* pada kedua kelas disajikan pada Tabel 5.

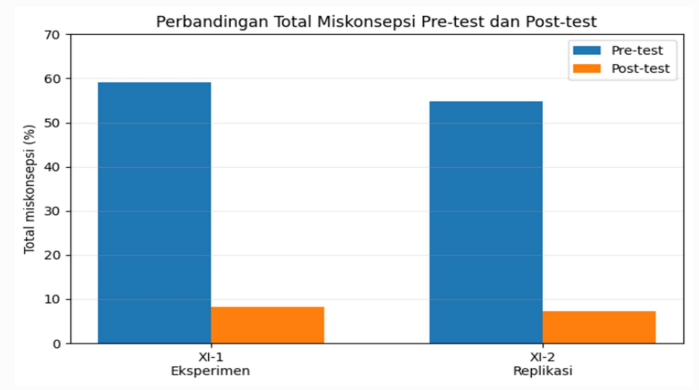
Tabel 5. Perbandingan Kategori Pemahaman pada Pre-test dan Post-test

Kategori	XI-1 Pre-test (%)	XI-1 Post-test (%)	XI-2 Pre-test (%)	XI-2 Post-test (%)
Paham Konsep (PK)	12,0	88,0	19,7	86,9
Miskonsepsi False Positif (MFP)	14,3	3,7	19,3	1,7
Miskonsepsi False Negatif (MFN)	15,9	3,3	12,4	4,8
Miskonsepsi (MK)	28,9	1,3	23,1	0,7
Tidak Paham Konsep (TPK)	19,3	1,3	19,7	3,1
Menebak (M)	9,6	2,3	5,9	2,8
Total miskonsepsi*	**59,1**	**8,3**	**54,8**	**7,2**

Sumber: Hasil olah data peneliti (2026).
Catatan: Total miskonsepsi merupakan gabungan kategori MFP, MFN, dan MK.

Berdasarkan Tabel 5, persentase PK pada kelas XI-1 berubah dari 12,0% pada *pre-test* menjadi 88,0% pada *post-test*, sedangkan pada kelas XI-2 berubah dari 19,7% menjadi 86,9%. Total miskonsepsi tercatat sebesar 59,1% pada *pre-test* dan 8,3% pada *post-test* kelas XI-1, serta 54,8% dan 7,2% pada kelas XI-2.

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X



Gambar 1. Perbandingan Total Miskonsepsi Pre-test dan Post-test

Sumber: Hasil olah data peneliti (2026).

Diagram menunjukkan data total miskonsepsi sebagaimana tercantum pada Tabel 5, yaitu 59,1% dan 8,3% pada kelas XI-1 serta 54,8% dan 7,2% pada kelas XI-2.

Hasil Analisis Model Rasch

Analisis Model Rasch dilakukan menggunakan Winsteps 5.11.2 terhadap data *pre-test*, *post-test*, dan data gabungan *pre-test–post-test*. Parameter yang dilaporkan meliputi *Person Measure*, *Person Reliability*, *Person Separation*, *Item Reliability*, *Item Separation*, dan KR-20.

Ringkasan Statistik Pre-test

Tabel 6. Ringkasan Statistik Model Rasch pada Pre-test

Parameter	XI-1	XI-2
Person Measure (logit)	-0,11	-1,41
Person Reliability	0,47	0,35
Person Separation	0,95	0,73
Item Reliability	0,65	0,40
Item Separation	1,37	0,82
KR-20 (Cronbach's Alpha)	0,53	0,51

Sumber: Hasil olah data peneliti (2026).

Berdasarkan Tabel 6, nilai *Person Measure* adalah -0,11 pada XI-1 dan -1,41 pada XI-2. *Person Reliability* masing-masing sebesar 0,47 dan 0,35, sedangkan *Person Separation* sebesar 0,95 dan 0,73. *Item Reliability* tercatat sebesar 0,65 dan 0,40 dengan *Item Separation* sebesar 1,37 dan 0,82. Nilai KR-20 masing-masing sebesar 0,53 dan 0,51.

Ringkasan Statistik Post-test

Tabel 7. Ringkasan Statistik Model Rasch pada Post-test

Parameter	XI-1	XI-2
Person Measure	1,30	1,22
Person Reliability	0,64	0,59
Person Separation	1,33	1,21
Item Reliability	0,93	0,94
Item Separation	3,76	3,80

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

KR-20	0,59	0,51

Sumber: Hasil olah data peneliti (2026).

Berdasarkan Tabel 7, *Person Measure* tercatat sebesar 1,30 pada XI-1 dan 1,22 pada XI-2. *Person Reliability* masing-masing sebesar 0,64 dan 0,59, sedangkan *Person Separation* sebesar 1,33 dan 1,21. *Item Reliability* sebesar 0,93 dan 0,94, *Item Separation* sebesar 3,76 dan 3,80, serta KR-20 sebesar 0,59 dan 0,51.

Item Fit Pre-test

Tabel 8. Rentang Nilai Item Fit pada Pre-test

Parameter	XI-1	XI-2
Infit MNSQ	0,72–1,29	0,93–1,12
Outfit MNSQ	0,77–1,67	0,77–1,18
PTMEA Corr	0,12–0,73	0,37–0,55

Sumber: Hasil olah data peneliti (2026).

Pada *pre-test* kelas XI-1, item S1 tercatat dengan Outfit MNSQ 1,67, ZSTD 2,33, dan PTMEA Corr 0,12. Pada kelas XI-2, seluruh item berada pada rentang yang dilaporkan dalam Tabel 8.

Item Fit Post-test

Tabel 9. Rentang Nilai Item Fit pada Post-test

Parameter	XI-1	XI-2
Infit MNSQ	0,66–1,19	0,60–1,35
Outfit MNSQ	0,26–5,21	0,13–9,90
PTMEA Corr	0,18–0,69	0,31–0,70

Sumber: Hasil olah data peneliti (2026).

Pada *post-test* XI-1 terdapat dua item yang dilaporkan terindikasi *misfit*, yaitu S10 dengan Outfit MNSQ 5,21 dan S6 dengan Outfit MNSQ 2,99. Pada XI-2 terdapat satu item yang dilaporkan terindikasi *misfit*, yaitu S5 dengan Outfit MNSQ 9,90 dan ZSTD 6,67.

Wright Map Pre-test

Tabel 10. Ringkasan Wright Map pada Pre-test

Aspek	XI-1	XI-2
Person dengan kemampuan tertinggi	07P, 22P	01L
Person dengan kemampuan terendah	24L	11P
Item tersulit	S10, S4, S5, S6	S4
Item termudah	S1	S1

Sumber: Hasil olah data peneliti (2026).

Berdasarkan Tabel 10, person dengan kemampuan tertinggi pada XI-1 adalah 07P dan 22P, sedangkan pada XI-2 adalah 01L. Person dengan kemampuan terendah adalah 24L pada XI-1 dan 11P pada XI-2. Item tersulit pada XI-1 adalah S10, S4, S5, dan S6, sedangkan pada XI-2 adalah S4. Item termudah pada kedua kelas adalah S1.

Wright Map Post-test

Tabel 11. Ringkasan Wright Map pada Post-test

Aspek	XI-1	XI-2
Person dengan kemampuan tertinggi	05P	27P
Person dengan kemampuan terendah	01L	11L

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Item tersulit	S3, S5, S8	S4
Item termudah	S2	S1, S10, S3, S8, S9

Sumber: Hasil olah data peneliti (2026).

Berdasarkan Tabel 11, person dengan kemampuan tertinggi pada XI-1 adalah 05P dan pada XI-2 adalah 27P. Person dengan kemampuan terendah adalah 01L pada XI-1 dan 11L pada XI-2. Item tersulit pada XI-1 adalah S3, S5, dan S8, sedangkan pada XI-2 adalah S4. Item termudah pada XI-1 adalah S2, sedangkan pada XI-2 adalah S1, S10, S3, S8, dan S9.

Pengaruh Pembelajaran Berbasis Simullasi PhET dengan Pendekatan Deep Learning terhadap Pengurangan Miskonsepsi pada Materi Gelombang

Berdasarkan hasil penelitian, pembelajaran berbasis simulasi PhET dengan pendekatan Deep Learning menunjukkan pengaruh positif terhadap pengurangan miskonsepsi peserta didik pada materi gelombang. Temuan tersebut ditunjukkan oleh meningkatnya proporsi peserta didik yang mencapai kategori Paham Konsep (PK) dan menurunnya berbagai kategori miskonsepsi setelah pembelajaran. Secara substantif, perubahan tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran tidak hanya meningkatkan kemampuan peserta didik dalam memberikan jawaban yang benar, tetapi juga mendorong pergeseran pemahaman dari konsepsi yang tidak sesuai dengan konsep ilmiah menuju pemahaman yang lebih koheren.

Efektivitas pembelajaran tersebut dapat dipahami dari karakteristik materi gelombang yang memiliki sejumlah konsep abstrak dan melibatkan hubungan antarkuantitas yang tidak selalu mudah diamati secara langsung. Konsep amplitudo, frekuensi, panjang gelombang, dan cepat rambat, misalnya, tidak cukup dipahami melalui definisi verbal, tetapi memerlukan kemampuan peserta didik untuk menghubungkan representasi matematis, visual, dan fenomena fisis. Dalam konteks tersebut, simulasi PhET menyediakan lingkungan belajar interaktif yang memungkinkan peserta didik memvisualisasikan perubahan fenomena gelombang dan mengamati konsekuensi perubahan variabel secara langsung. Representasi visual dan interaktif tersebut dapat membantu mengurangi kesenjangan antara konsep abstrak yang dipelajari dengan fenomena yang diamati.

Makna penting dari penggunaan simulasi tidak terletak semata-mata pada keberadaan teknologi dalam pembelajaran, melainkan pada kemampuannya menyediakan pengalaman eksploratif yang memungkinkan peserta didik menguji pemahamannya melalui bukti empiris. Ketika peserta didik mengubah parameter tertentu dalam simulasi dan mengamati perubahan fenomena, mereka memperoleh kesempatan untuk menguji hubungan sebab-akibat secara lebih konkret. Proses tersebut berpotensi mengganggu konsepsi awal yang tidak sesuai dengan hasil pengamatan dan membuka ruang bagi terbentuknya konsepsi ilmiah yang lebih tepat. Dengan demikian, simulasi PhET dalam penelitian ini dapat dipandang sebagai sarana yang mendukung proses rekonstruksi pemahaman konseptual, bukan sekadar sebagai media visualisasi.

Kontribusi tersebut menjadi lebih bermakna ketika simulasi dipadukan dengan pendekatan Deep Learning. Aktivitas pembelajaran tidak berhenti pada pengamatan fenomena, tetapi dilanjutkan melalui diskusi, analisis hasil pengamatan, pengungkapan alasan, penyusunan kesimpulan, dan refleksi terhadap pemahaman awal. Rangkaian aktivitas tersebut memungkinkan peserta didik melakukan proses berpikir yang lebih mendalam karena mereka dituntut untuk memberikan alasan atas jawaban dan menghubungkan hasil pengamatan dengan konsep fisika. Dalam perspektif perubahan konseptual, proses ini penting karena miskonsepsi tidak selalu dapat dihilangkan hanya dengan memberikan informasi yang benar. Peserta didik perlu memperoleh pengalaman

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

yang memungkinkan mereka menyadari adanya ketidaksesuaian antara konsepsi awal dengan bukti atau penjelasan ilmiah yang lebih memadai.

Temuan berupa penurunan kategori Miskonsepsi (MK) yang lebih besar dibandingkan kategori lainnya semakin memperkuat interpretasi tersebut. Kondisi ini menunjukkan bahwa peserta didik yang sebelumnya memiliki konsepsi keliru dengan tingkat keyakinan tertentu mampu melakukan restrukturisasi pemahaman setelah memperoleh pengalaman belajar yang bersifat eksploratif dan reflektif. Namun, masih ditemukannya kategori Miskonsepsi False Positif (MFP) dan Miskonsepsi False Negatif (MFN) menunjukkan bahwa perubahan konseptual belum sepenuhnya seragam pada seluruh peserta didik. Fenomena tersebut mengindikasikan adanya peserta didik yang mampu menghasilkan jawaban benar tetapi belum memiliki alasan ilmiah yang kuat, atau sebaliknya, memiliki unsur pemahaman tertentu tetapi belum mampu mengekspresikannya secara konsisten. Dengan demikian, peningkatan pemahaman konsep perlu dipandang sebagai proses bertahap yang tidak hanya berkaitan dengan ketepatan jawaban, tetapi juga dengan konsistensi antara pengetahuan, alasan, dan keyakinan peserta didik.

Hasil tersebut sejalan dengan (Banda & Nzabahimana, 2023) yang menunjukkan bahwa simulasi PhET dapat meningkatkan pemahaman konsep fisika karena memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengamati fenomena yang sulit divisualisasikan secara langsung. Kesamaan temuan tersebut memperkuat argumentasi bahwa visualisasi interaktif dapat menjadi faktor penting dalam membantu peserta didik membangun representasi mental yang lebih tepat terhadap konsep fisika. Pada penelitian ini, manfaat tersebut menjadi lebih kuat karena visualisasi tidak digunakan secara pasif, tetapi ditempatkan dalam rangkaian aktivitas analitis melalui pendekatan Deep Learning.

Temuan penelitian juga mendukung (Pujawati et al., 2025) yang menjelaskan bahwa pendekatan Deep Learning dapat mendorong terbentuknya pemahaman yang lebih bermakna melalui aktivitas berpikir kritis, refleksi, dan pemecahan masalah. Keselarasan tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan pembelajaran dalam mengurangi miskonsepsi kemungkinan tidak hanya berasal dari karakteristik media pembelajaran, tetapi dari interaksi antara media dan strategi kognitif yang digunakan peserta didik. PhET menyediakan lingkungan untuk memperoleh pengalaman dan bukti, sedangkan pendekatan Deep Learning memberikan ruang bagi peserta didik untuk menginterpretasikan, mengevaluasi, dan merefleksikan bukti tersebut. Kombinasi keduanya menciptakan proses pembelajaran yang lebih memungkinkan terjadinya perubahan konseptual.

Dengan demikian, pengaruh pembelajaran dalam penelitian ini dapat dipahami sebagai hasil interaksi antara visualisasi fenomena, eksplorasi variabel, diskusi, argumentasi, dan refleksi. Keunikan temuan penelitian terletak pada integrasi simulasi interaktif dengan aktivitas pembelajaran yang menuntut pemrosesan konsep secara mendalam. Pendekatan tersebut memberikan alternatif terhadap pembelajaran yang hanya menekankan penyampaian informasi, karena peserta didik memperoleh kesempatan untuk membangun dan menguji pemahamannya sendiri berdasarkan pengalaman belajar yang terstruktur.

Konfirmasi Pengurangan Miskonsepsi Berdasarkan Analisis Model Rasch

Pengurangan miskonsepsi dalam penelitian ini tidak hanya terlihat dari perubahan kategori pemahaman peserta didik, tetapi juga memperoleh dukungan dari Analisis Model Rasch. Penggunaan Model Rasch memberikan perspektif pengukuran yang lebih

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

kuat karena perubahan kemampuan peserta didik dianalisis bersama dengan karakteristik butir instrumen. Dengan demikian, interpretasi mengenai peningkatan kemampuan konseptual tidak hanya bergantung pada perubahan skor, tetapi juga mempertimbangkan konsistensi respons peserta didik dan kualitas butir yang digunakan untuk mengukur konstruk miskonsepsi.

Peningkatan Person Reliability setelah pembelajaran menunjukkan bahwa pola respons peserta didik menjadi lebih konsisten. Dalam konteks penelitian ini, konsistensi tersebut memberikan indikasi bahwa perubahan respons peserta didik bukan merupakan perubahan yang bersifat acak. Sementara itu, Item Reliability yang baik menunjukkan bahwa hierarki tingkat kesulitan butir dapat diidentifikasi secara relatif konsisten. Kedua informasi tersebut memperkuat kepercayaan terhadap hasil pengukuran karena perubahan kemampuan peserta didik dapat ditafsirkan dalam kerangka instrumen yang memiliki karakteristik pengukuran memadai.

Hasil Item Fit yang menunjukkan bahwa mayoritas butir sesuai dengan Model Rasch juga memiliki implikasi penting terhadap interpretasi temuan. Kesesuaian sebagian besar butir menunjukkan bahwa instrumen secara umum bekerja sesuai dengan konstruk yang hendak diukur. Beberapa butir yang terindikasi misfit perlu dipandang sebagai bagian yang masih memerlukan evaluasi, tetapi keberadaannya tidak mengubah pola umum hasil pengukuran. Hal ini penting karena miskonsepsi merupakan konstruk yang kompleks; respons peserta didik dapat dipengaruhi oleh pemahaman konsep, kemampuan memberikan alasan, serta tingkat keyakinan terhadap jawabannya. Oleh sebab itu, penggunaan instrumen diagnostik bertingkat yang kemudian dikaji melalui Model Rasch memberikan dasar yang lebih kuat untuk menginterpretasikan perubahan konseptual.

Konfirmasi yang lebih substantif terlihat melalui Wright Map. Pergeseran posisi kemampuan peserta didik ke tingkat logit yang lebih tinggi setelah pembelajaran menunjukkan adanya peningkatan kemampuan relatif terhadap tingkat kesulitan butir. Artinya, perubahan yang terjadi tidak semata-mata berupa peningkatan jumlah jawaban benar, tetapi mencerminkan kemampuan peserta didik dalam menghadapi butir yang sebelumnya memiliki tingkat kesulitan lebih tinggi. Beberapa butir yang sebelumnya sulit dijawab kemudian menjadi lebih mudah setelah pembelajaran. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa proses pembelajaran telah memperluas kemampuan konseptual peserta didik sehingga mereka mampu menangani permasalahan yang sebelumnya berada di luar tingkat kemampuan awalnya.

Temuan tersebut memperkuat hasil analisis deskriptif mengenai meningkatnya kategori Paham Konsep dan berkurangnya miskonsepsi. Dengan demikian, Analisis Model Rasch berfungsi bukan hanya untuk mengevaluasi instrumen, tetapi juga untuk memperkuat argumentasi mengenai adanya perubahan kemampuan konseptual. Penggunaan dua perspektif analisis tersebut menghasilkan bukti yang saling melengkapi: analisis kategori memberikan gambaran mengenai perubahan status pemahaman peserta didik, sedangkan Model Rasch memberikan informasi mengenai perubahan kemampuan peserta didik dan karakteristik pengukuran secara lebih terstruktur.

Konsistensi Pengaruh pada Kelas Eksperimen dan Kelas Replikasi

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Konsistensi pola perubahan pada kelas eksperimen dan kelas replikasi merupakan temuan penting karena menunjukkan bahwa efektivitas pembelajaran tidak hanya muncul pada satu kelompok peserta didik. Meskipun terdapat perbedaan kondisi awal antarkelas, kedua kelompok menunjukkan arah perubahan yang serupa setelah memperoleh pembelajaran berbasis simulasi PhET dengan pendekatan Deep Learning. Hal tersebut memberikan indikasi bahwa pembelajaran memiliki tingkat kestabilan tertentu ketika diterapkan pada kelompok peserta didik yang berbeda.

Dalam konteks Replicated Experimental Design, konsistensi tersebut memiliki arti metodologis yang penting. Replikasi memberikan kesempatan untuk melihat apakah suatu pola hasil tetap muncul ketika intervensi diterapkan pada kelompok lain. Kesamaan arah perubahan pada kedua kelas memperkecil kemungkinan bahwa temuan hanya merupakan konsekuensi dari karakteristik khusus salah satu kelompok. Oleh karena itu, hasil penelitian memberikan dukungan yang lebih kuat terhadap interpretasi bahwa kombinasi simulasi PhET dan pendekatan Deep Learning memiliki potensi yang relatif konsisten dalam mengurangi miskonsepsi pada materi gelombang.

Konsistensi tersebut juga didukung oleh hasil Analisis Model Rasch pada kedua kelas. Peningkatan reliabilitas serta pola perubahan kemampuan yang relatif serupa menunjukkan bahwa hasil pembelajaran tidak bergantung pada perbedaan kualitas pengukuran antarkelas. Dengan demikian, integrasi bukti dari analisis deskriptif, Item Fit, Person Reliability, Item Reliability, dan Wright Map memberikan dasar yang lebih komprehensif dalam menyimpulkan keberadaan perubahan konseptual.

Secara keseluruhan, temuan penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis simulasi PhET dengan pendekatan Deep Learning berpotensi menjadi strategi pembelajaran yang efektif untuk mengurangi miskonsepsi pada materi gelombang. Secara teoretis, temuan ini memperkuat pandangan bahwa perubahan konseptual lebih memungkinkan terjadi ketika peserta didik memperoleh kesempatan untuk menghubungkan pengalaman konkret dengan proses berpikir kritis dan reflektif. Simulasi PhET menyediakan representasi fenomena yang dapat dieksplorasi, sedangkan pendekatan Deep Learning membantu peserta didik mengolah pengalaman tersebut menjadi pemahaman konseptual yang lebih bermakna.

Secara praktis, temuan ini memberikan implikasi bahwa penggunaan teknologi simulasi sebaiknya tidak ditempatkan sebagai pengganti proses berpikir peserta didik, tetapi sebagai lingkungan yang mendukung proses investigasi dan refleksi. Guru perlu mengarahkan peserta didik untuk memprediksi fenomena, menguji prediksi melalui simulasi, membandingkan hasil dengan pemahaman awal, serta menjelaskan alasan berdasarkan bukti. Strategi tersebut berpotensi lebih efektif dalam menangani miskonsepsi dibandingkan penggunaan simulasi yang hanya berfungsi sebagai media demonstrasi.

Meskipun demikian, keberadaan MFP dan MFN menunjukkan bahwa sebagian peserta didik masih memerlukan penguatan konseptual. Oleh karena itu, pembelajaran lanjutan perlu memberikan perhatian lebih besar pada kegiatan argumentasi, refleksi, dan diagnosis terhadap alasan di balik jawaban peserta didik. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan intervensi yang lebih terfokus pada butir atau konsep yang masih menunjukkan kesulitan, serta menguji efektivitas kombinasi simulasi dan

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

pendekatan Deep Learning pada materi fisika atau karakteristik peserta didik yang berbeda. Dengan demikian, temuan penelitian ini tidak hanya memberikan bukti mengenai efektivitas pembelajaran, tetapi juga membuka peluang pengembangan strategi pembelajaran berbasis simulasi yang lebih diagnostik, reflektif, dan berorientasi pada perubahan konseptual.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, pembelajaran berbasis simulasi PhET dengan pendekatan *Deep Learning* berpengaruh positif terhadap pengurangan miskonsepsi peserta didik pada materi gelombang. Pembelajaran tersebut mendorong pergeseran pemahaman peserta didik dari berbagai bentuk miskonsepsi menuju pemahaman konsep yang lebih sesuai dengan konsep ilmiah. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi simulasi interaktif dengan aktivitas berpikir kritis, diskusi, analisis, dan refleksi dapat mendukung proses perubahan konseptual pada materi fisika yang bersifat abstrak.

Hasil tersebut diperkuat melalui Analisis Model Rasch yang menunjukkan bahwa perubahan kemampuan konseptual peserta didik didukung oleh kualitas pengukuran yang memadai. Pergeseran kemampuan pada *Wright Map*, peningkatan reliabilitas, serta kesesuaian sebagian besar butir dengan model menunjukkan bahwa peningkatan pemahaman tidak semata-mata mencerminkan perubahan respons terhadap tes, tetapi mengindikasikan peningkatan kemampuan konseptual yang relatif konsisten. Meskipun demikian, beberapa butir yang teridentifikasi *misfit* menunjukkan perlunya evaluasi dan penyempurnaan instrumen pada penelitian berikutnya.

Konsistensi pola perubahan pada kelas eksperimen dan kelas replikasi juga menunjukkan bahwa pembelajaran memiliki efektivitas yang relatif stabil pada kelompok peserta didik yang berbeda. Dengan demikian, kontribusi utama penelitian ini terletak pada bukti bahwa kombinasi simulasi PhET dan pendekatan *Deep Learning*, yang didukung analisis diagnostik berbasis Model Rasch, dapat menjadi alternatif pembelajaran untuk memfasilitasi perubahan konseptual dan mengurangi miskonsepsi pada materi gelombang.

Penerapan pembelajaran berbasis simulasi PhET dengan pendekatan *Deep Learning* dapat dipertimbangkan oleh guru fisika, terutama pada materi yang memiliki karakteristik abstrak dan berpotensi menimbulkan miskonsepsi. Penggunaan simulasi sebaiknya disertai kegiatan prediksi, pengamatan, diskusi, argumentasi, dan refleksi agar peserta didik tidak hanya memperoleh pengalaman visual, tetapi juga mampu membangun penjelasan konseptual yang konsisten. Keberadaan peserta didik yang masih menunjukkan pola *Miskonsepsi False Positif* dan *Miskonsepsi False Negatif* juga menunjukkan perlunya penguatan konseptual melalui latihan dan kegiatan reflektif secara berkelanjutan.

Pada tingkat sekolah, dukungan terhadap ketersediaan perangkat dan infrastruktur pembelajaran berbasis teknologi perlu diperhatikan agar penggunaan simulasi interaktif dapat diterapkan secara berkelanjutan. Untuk penelitian selanjutnya, cakupan materi dan jumlah sampel dapat diperluas, disertai penambahan kelompok kontrol sebagai pembanding. Penelitian berikutnya juga perlu mengkaji secara lebih mendalam faktor yang menyebabkan munculnya *Miskonsepsi False Positif* dan *Miskonsepsi False Negatif*, sehingga strategi pembelajaran dapat dikembangkan secara lebih spesifik sesuai karakteristik kesulitan konseptual peserta didik.

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Universitas Negeri Gorontalo yang telah memberikan dukungan akademik selama pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, dan pendampingan selama proses penelitian hingga penyusunan artikel ini. Penulis turut menyampaikan apresiasi kepada Kepala Sekolah, guru mata pelajaran Fisika, serta seluruh peserta didik SMA Negeri 1 Telaga Biru Kabupaten Gorontalo yang telah memberikan izin, dukungan, dan berpartisipasi dalam pelaksanaan penelitian. Terima kasih juga disampaikan kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, N., Jahja, M., & Setiawan, D. G. E. (2022). Analisis Kualitas Butir Soal Pada Mata Pelajaran Fisika Di Jurusan Fisika Fakultas Mipa Universitas Negeri Gorontalo Tahun Ajaran 2021/2022. *Jurnal Sains Dan Pendidikan Fisika*, *18*(1), 44. https://doi.org/10.35580/jspf.v18i1.32358

Afifi, S., Kurniawan, I. N., & Sumintono, B. (2023). Pengembangan Instrumen Penelitian The Qur'anic Verbal Communication Index (QVCI) Menggunakan Pemodelan Rasch. *Jurnal Ilmu Komunikasi*, *21*(1), 94. https://doi.org/10.31315/jik.v21i1.8688

Andini, L. (2026). *Pengembangan Four Tier Diagnostic Test Multirepresentasi untuk Menggali Miskonsepsi Siswa SMAN 1 Muaro Jambi pada Materi Gerak Melingkar Beraturan*. Universitas Jambi.

Banda, H. J., & Nzabahimana, J. (2023). The Impact of Physics Education Technology (PhET) Interactive Simulation-Based Learning on Motivation and Academic Achievement Among Malawian Physics Students. *Journal of Science Education and Technology*, *32*(1), 127–141. https://doi.org/10.1007/s10956-022-10010-3

Bao, L., & Koenig, K. (2019). Physics education research for 21st century learning. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, *1*(1), 1–12. https://doi.org/10.1186/s43031-019-0007-8

Eka Setiawan, D. G., Idrus, V., Yusuf, M., Buhungo, T. J., & Uloli, R. (2022). Analysis of Student Perceptions on the Use of Online Learning Applications Using the Rasch Model in Physics Learning. *Jambura Physics Journal*, *4*(2), 134–150. https://doi.org/10.34312/jpj.v4i2.17286

Fadlan, M., Fadillah, N., Liliawati, W., & Sari, I. M. (2024). Pengembangan Instrumen Sound Wave Two Tier (Sowatt) Diagnostic Test: Analisis Rasch Model. *U-Teach: Journal Education of Young Physics Teacher*, *5*(2), 81–90.

Febliza, A., Kadarohman, A., Aisyah, S., & Abdullah, N. (2024). Development and Validation of a Three-Tier Test for Identifying Misconceptions in Organic Chemistry Course. *Journal of Innovative Science Education*, *13*(229), 124–133.

Kamilah, D. S., Muki, B. G., Aviyanti, L., & Suhandi, A. (2025). Review of misconceptions in physics among Indonesian high school students: Diagnosis, causes, and remediation. *Momentum: Physics Education Journal*, *9*(2), 251–263. https://doi.org/10.21067/mpej.v9i2.11187

Khoiri, M. (2025). *Analisis Profil Miskonsepsi Siswa Pada Materi Fluida Dinamis Melalui Instrumen Tes Berbasis Three Tier Diagnostic Test dengan Teknik Certainty of Response Index*. *14*(2), 109–115.

Laliyo, L. A. R., Sumintono, B., & Panigoro, C. (2022). Measuring hydrolysis concept changes in students taught using inquiry model: Stacking and racking analysis

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

techniques in Rasch model. *Heliyon*, *8*(4), e09126.

Planinic, M., Boone, W. J., Susac, A., & Ivanjek, L. (2019). Rasch analysis in physics education research: Why measurement matters. *Physical Review Physics Education Research*, *15*(2), 20111. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.020111

Pratiwi, E., & Sugiharto, B. (2025). Analisis validitas butir dan ketepatan target ukur instrumen biologi kelas XII: Aplikasi pemodelan Rasch. *Jurnal Pendidikan Biologi*, *16*(2), 155–167.

Pujawati, F., Azkia, M. N., & Susilawati, W. (2025). Exploration of the Implementation of Deep Learning Approach in Teaching Mathematics in Secondary Schools. *Unnes Journal of Mathematics Education*, *14*(2), 98–105. https://doi.org/10.15294/ujme.v14i2.27374

Rosli, R., Abdullah, M., Siregar, N. C., Abdul Hamid, N. S., Abdullah, S., Beng, G. K., Halim, L., Daud, N. M., Bahari, S. A., Majid, R. A., & Bais, B. (2020). Student Awareness of Space Science: Rasch Model Analysis for Validity and Reliability. *World Journal of Education*, *10*(3), 170. https://doi.org/10.5430/wje.v10n3p170

Sugiyono. (2022). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.

Suryani, N. H. (2023). Konsep populasi dan sampling serta pemilihan partisipan. *Jurnal Metodologi Penelitian Pendidikan*, *3*(2), 215–230.

Suryani, Y. E. (2018). Aplikasi Rasch Model dalam Mengevaluasi Intelligenz Structure Test (IST). *Psikohumaniora: Jurnal Penelitian Psikologi*, *3*(1), 73. https://doi.org/10.21580/pjpp.v3i1.2052

Utami, A. W., & Khotimah, S. N. (2023). Identification of Students' Misconceptions Using Six Tier Diagnostic Test with CRI (Certainty of Response Index) on Wave. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, *9*(7), 5205–5213. https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i7.4192