

Menguji Perbedaan Efektivitas Model Pogil Berbantuan Simulasi Phet dan Praktikum Terhadap Pemahaman Konsep Asam Basa: Analisis Stacking and Racking Rasch Model

Asma Awalia L. Padang*, Lukman A.R Laliyo, Wiwin Rewini Kunusa, Mangara Sihaloho, Thayban

Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia

Email: asmaliapadang@gmail.com*, lukmanlaliyo2020@gmail.com,
rewinikunusa2014@gmail.com, mangara.sihaloho@ung.ac.id, thayban@ung.ac.id

Keywords:

POGIL, PhET simulation, practicum, concept comprehension, acid-base, Rasch Model

Abstract

Understanding acid-base concepts is often a particular challenge for students due to its abstract nature and demand for high-level reasoning, requiring a learning model that facilitates active knowledge construction. This study aims to analyze the effectiveness of the Process Oriented Guided Inquiry Learning (POGIL) model supported by PhET simulation and practicum on acid-base concept understanding, to identify changes in student ability through Rasch Model stacking analysis, to describe changes in item difficulty level using Rasch Model racking analysis, and to compare the effectiveness of the two learning media. This study applies a quantitative approach with a quasi-experimental, pretest-posttest design in two classes at MAN 2 Gorontalo Regency, each given a different treatment: POGIL assisted by PhET simulation or by practicum. Data were collected through an acid-base concept understanding test, analyzed using the Rasch Model, Wilcoxon test, stacking analysis, racking analysis, and Mann-Whitney test. The results show that POGIL implementation, assisted by either PhET simulation or practicum, was able to significantly improve students' acid-base concept understanding ($p < 0.05$). Stacking analysis findings indicate consistent improvement in student ability after learning, while racking analysis shows most test items experienced decreased difficulty at posttest. Furthermore, Mann-Whitney test results show a significant effectiveness difference between the two groups ($p < 0.05$), with POGIL assisted by PhET simulation providing better concept understanding improvement than POGIL assisted by practicum. These findings imply that integrating PhET virtual simulation into POGIL can serve as a more effective learning strategy for improving acid-base concept understanding at the secondary level.

Kata Kunci:

POGIL, simulasi PhET, praktikum, pemahaman konsep, asam basa, Model Rasch

Abstrak

Pemahaman konsep asam basa sering menjadi tantangan tersendiri bagi peserta didik karena bersifat abstrak dan memerlukan penalaran tingkat tinggi, sehingga dibutuhkan model pembelajaran yang mampu memfasilitasi konstruksi pengetahuan secara aktif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas model pembelajaran Process Oriented Guided Inquiry Learning (POGIL) yang didukung oleh simulasi PhET dan praktikum terhadap pemahaman konsep

asam basa, mengidentifikasi perubahan kemampuan peserta didik melalui analisis stacking Model Rasch, mendeskripsikan perubahan tingkat kesulitan butir soal menggunakan analisis racking Model Rasch, serta membandingkan efektivitas kedua media pembelajaran tersebut. Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif dengan metode kuasi eksperimen berdesain pretest-posttest pada dua kelas di MAN 2 Kabupaten Gorontalo, masing-masing diberikan perlakuan POGIL berbantuan simulasi PhET dan POGIL berbantuan praktikum. Pengumpulan data dilakukan melalui tes pemahaman konsep asam basa yang dianalisis menggunakan Model Rasch, uji Wilcoxon, analisis stacking, analisis racking, dan uji Mann-Whitney. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan model POGIL berbantuan simulasi PhET maupun praktikum mampu meningkatkan pemahaman konsep asam basa peserta didik secara signifikan ($p < 0,05$). Temuan analisis stacking mengindikasikan adanya peningkatan kemampuan peserta didik yang konsisten setelah proses pembelajaran, sementara analisis racking memperlihatkan bahwa sebagian besar butir soal mengalami penurunan tingkat kesulitan pada saat posttest. Selain itu, hasil uji Mann-Whitney menunjukkan perbedaan efektivitas signifikan antara kedua kelompok ($p < 0,05$), di mana POGIL berbantuan simulasi PhET memberikan peningkatan pemahaman konsep lebih baik dibandingkan POGIL berbantuan praktikum. Temuan ini mengimplikasikan bahwa integrasi simulasi virtual PhET ke dalam POGIL dapat menjadi strategi pembelajaran lebih efektif untuk meningkatkan pemahaman konsep asam basa di jenjang pendidikan menengah.

PENDAHULUAN

Konsep asam basa merupakan salah satu materi fundamental dalam pembelajaran kimia di jenjang pendidikan menengah atas yang menjadi prasyarat bagi pemahaman topik-topik lanjutan seperti kesetimbangan kimia, titrasi asam-basa, larutan penyangga, serta kimia lingkungan. Karakteristik materi ini yang melibatkan tiga tingkat representasi kimia—makroskopik, submikroskopik, dan simbolik—menuntut peserta didik untuk memiliki kemampuan berpikir abstrak dan integratif yang baik (Amiza & Aloysius, 2024). Kompleksitas inilah yang menyebabkan konsep asam basa sering kali menjadi salah satu topik yang paling sulit dipahami oleh siswa, sebagaimana diungkapkan oleh (Ningrum et al., 2022) yang menyatakan bahwa kesulitan siswa dalam membedakan asam kuat dan asam pekat, mengaplikasikan teori Arrhenius, Brønsted-Lowry, dan Lewis secara konsisten, serta memahami hubungan antara pH dan konsentrasi ion dalam larutan masih menjadi problematika yang umum ditemui.

Berbagai kajian literatur menunjukkan bahwa miskonsepsi pada materi asam basa merupakan fenomena global yang dialami oleh peserta didik di berbagai tingkatan pendidikan. Temuan dari kajian sistematis yang dilakukan oleh (Talib et al., 2018) mengungkapkan bahwa materi asam basa menempati peringkat teratas sebagai topik kimia yang paling banyak menimbulkan miskonsepsi. Hal ini diperkuat oleh penelitian (Suparman et al., 2024) yang mengidentifikasi bahwa miskonsepsi paling dominan terjadi pada konsep teori Arrhenius, klasifikasi asam-basa, teori Brønsted-Lowry, serta penerapan konsep pH dalam kehidupan sehari-hari. Penelitian lebih lanjut oleh (Laliyo et al., 2022) menunjukkan bahwa tanpa adanya

intervensi pembelajaran yang tepat, miskonsepsi ini cenderung menetap dan menghambat pemahaman konseptual siswa pada jenjang pendidikan yang lebih tinggi.

Dalam upaya mengatasi permasalahan miskonsepsi dan rendahnya pemahaman konsep asam basa, berbagai strategi pembelajaran inovatif telah dikembangkan dan diimplementasikan. Pendekatan konflik kognitif, model pembelajaran inkuiri, Process Oriented Guided Inquiry Learning (POGIL), pemanfaatan simulasi PhET, serta kegiatan praktikum laboratorium merupakan beberapa alternatif yang terbukti memberikan dampak positif. Di antara strategi tersebut, model POGIL menonjol sebagai pendekatan yang berlandaskan pada teori konstruktivisme dan inkuiri, yang menempatkan siswa sebagai subjek aktif dalam membangun pengetahuannya melalui tahapan eksplorasi, penemuan konsep (invenisi), dan aplikasi. Model POGIL terbukti efektif dalam mengembangkan pemahaman konseptual, keterampilan berpikir tingkat tinggi, serta kemampuan kolaborasi siswa secara terpadu.

Penelitian yang dilakukan oleh Laliyo et al., (2022) memberikan kontribusi penting dengan menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis inkuiri yang dianalisis menggunakan teknik stacking dan racking pada Model Rasch mampu mendorong perubahan konseptual yang lebih baik dibandingkan pembelajaran konvensional. Hal ini sejalan dengan temuan (Hamdu et al., 2023) yang melaporkan bahwa penerapan model POGIL memberikan peningkatan yang signifikan terhadap pemahaman konsep kimia siswa. Penggunaan analisis Rasch memungkinkan peneliti untuk melacak perubahan kemampuan individu secara lebih akurat, tidak hanya pada level kelompok, sehingga memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai efektivitas intervensi pembelajaran. (Widyasari et al., 2022) juga menerapkan metode stacking-racking Rasch untuk mengukur efektivitas pembelajaran flipped learning dan menemukan bahwa pendekatan ini mampu mendeteksi peningkatan kemampuan mahasiswa calon guru kimia secara lebih terperinci.

Selain pemilihan model pembelajaran, media yang digunakan dalam proses pembelajaran juga memegang peranan krusial dalam membantu siswa memahami konsep-konsep abstrak. Simulasi PhET (Physics Education Technology) merupakan salah satu media yang banyak dimanfaatkan dalam pembelajaran kimia karena kemampuannya dalam memvisualisasikan fenomena pada tingkat mikroskopik yang tidak dapat diamati secara langsung. Penelitian oleh (Fidela et al., 2024) dan (Wirda et al., 2023) menunjukkan bahwa penggunaan simulasi PhET secara signifikan meningkatkan pemahaman konsep, motivasi belajar, serta kemampuan siswa dalam menghubungkan representasi makroskopik, submikroskopik, dan simbolik. Media ini terbukti efektif pada materi-materi dengan tingkat keabstrakan tinggi, termasuk konsep asam basa dan kesetimbangan kimia.

Di sisi lain, kegiatan praktikum memberikan pengalaman belajar langsung melalui observasi dan eksperimen yang memungkinkan siswa mengaitkan konsep teoretis dengan fenomena nyata. Penelitian oleh (Dy et al., 2024) menunjukkan bahwa praktikum mampu mengurangi miskonsepsi sekaligus meningkatkan keterampilan proses sains siswa. Penelitian lain oleh (Ramachandran et al., 2025) mengungkapkan bahwa pendekatan pembelajaran berbasis proyek dengan menggunakan indikator alami efektif dalam membantu siswa memahami konsep titrasi asam-basa dan mengoreksi miskonsepsi terkait titik akhir titrasi. Namun demikian, implementasi praktikum di lapangan masih menghadapi berbagai kendala, seperti keterbatasan sarana dan prasarana laboratorium, alokasi waktu yang terbatas, jumlah

peserta didik yang relatif banyak, serta tuntutan prosedur keselamatan kerja yang harus dipenuhi.

Kesenjangan penelitian (research gap) yang diidentifikasi dalam kajian ini adalah masih terbatasnya penelitian yang membandingkan secara langsung efektivitas antara penggunaan simulasi PhET dan praktikum dalam kerangka model POGIL pada materi asam basa. Sebagian besar penelitian terdahulu hanya berfokus pada efektivitas masing-masing media secara terpisah atau menggunakan model pembelajaran yang berbeda antara kelompok eksperimen dan kontrol. Lebih lanjut, analisis yang digunakan umumnya masih berupa statistik konvensional yang hanya mengukur perbedaan rata-rata skor pretest dan posttest, sehingga belum mampu memberikan gambaran mendalam mengenai perubahan konseptual yang dialami individu siswa serta perubahan karakteristik butir soal akibat intervensi pembelajaran. Padahal, pemahaman yang komprehensif mengenai dinamika perubahan kemampuan siswa dan tingkat kesulitan item sangat penting untuk mengevaluasi kelemahan dan kelebihan dari inovasi pedagogis yang diterapkan.

Urgensi penelitian ini terletak pada kebutuhan untuk menyediakan bukti empiris yang dapat menjadi panduan bagi pendidik dalam memilih media pembelajaran yang paling efektif untuk meningkatkan pemahaman konsep asam basa siswa. Di era digital saat ini, guru dihadapkan pada berbagai pilihan media pembelajaran, namun tanpa adanya perbandingan yang sistematis dan mendalam, keputusan pemilihan media cenderung bersifat subjektif dan kurang berdasar pada bukti. Selain itu, penggunaan analisis stacking dan racking Model Rasch menjadi semakin penting karena mampu mengungkap fenomena yang tidak terdeteksi oleh analisis konvensional, seperti dugaan tebakan (lucky guess), kecurangan, kecerobohan, atau kebosanan siswa dalam menjawab soal, sebagaimana diungkapkan oleh (Laliyo et al., 2022). Hal ini memungkinkan peneliti dan praktisi pendidikan untuk merancang strategi pembelajaran yang lebih responsif terhadap kebutuhan siswa.

Kebaruan (novelty) penelitian ini terletak pada tiga aspek utama. Pertama, penelitian ini membandingkan secara langsung efektivitas dua media pembelajaran—simulasi PhET dan praktikum—dalam kerangka model pembelajaran yang sama, yaitu POGIL, pada materi asam basa. Hal ini berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya membandingkan POGIL dengan model konvensional atau hanya menguji satu media secara terpisah. Kedua, penelitian ini menggunakan pendekatan analisis stacking dan racking Model Rasch yang memungkinkan pengukuran perubahan kemampuan individu siswa dan tingkat kesulitan butir soal secara lebih akurat dan mendalam, berbeda dengan penelitian terdahulu yang mayoritas menggunakan uji beda rata-rata konvensional. Pendekatan ini mengacu pada metodologi yang dikembangkan oleh Wright (1996) dan telah diterapkan dalam berbagai studi pendidikan kimia, termasuk penelitian oleh Widyasari et al., (2022) dan Laliyo et al., (2022). Ketiga, penelitian ini memberikan kontribusi pada pengembangan teori pembelajaran kimia dengan mengintegrasikan pendekatan inkuiri terbimbing (POGIL) dengan media digital (simulasi PhET) dan media konvensional (praktikum), serta mengukur efektivitasnya menggunakan instrumen pengukuran yang lebih sensitif.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis efektivitas model pembelajaran POGIL berbantuan simulasi PhET dan POGIL berbantuan praktikum terhadap peningkatan pemahaman konsep asam basa siswa; (2) mengidentifikasi perubahan kemampuan siswa sebelum dan sesudah pembelajaran menggunakan analisis stacking Model

Rasch; (3) mendeskripsikan perubahan tingkat kesulitan butir soal menggunakan analisis racking Model Rasch; serta (4) membandingkan efektivitas kedua media pembelajaran tersebut. Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat teoretis berupa pengayaan literatur tentang efektivitas media pembelajaran dalam model POGIL serta kontribusi metodologis melalui penerapan analisis stacking dan racking Model Rasch dalam konteks pendidikan kimia. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat menjadi acuan bagi guru kimia dalam memilih media pembelajaran yang tepat untuk meningkatkan pemahaman konsep asam basa, serta menjadi dasar bagi pengambil kebijakan pendidikan dalam mengembangkan program pelatihan guru yang berbasis bukti. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya mengisi kesenjangan literatur yang ada, tetapi juga menyediakan bukti empiris yang dapat dimanfaatkan secara langsung dalam praktik pembelajaran kimia di sekolah menengah atas.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif dengan metode kuasi eksperimen (*quasi-experimental research*) menggunakan desain *pretest-posttest non-equivalent control group design*. Desain ini dipilih karena memungkinkan peneliti untuk menguji hubungan sebab-akibat antara variabel bebas (model pembelajaran POGIL berbantuan simulasi PhET dan model POGIL berbantuan praktikum) terhadap variabel terikat (pemahaman konsep asam basa) dalam kondisi alami kelas tanpa melakukan randomisasi penuh, yang sesuai dengan karakteristik penelitian pendidikan di sekolah. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk mengukur secara objektif perubahan pemahaman konsep siswa melalui instrumen tes yang terstandarisasi, serta untuk menguji hipotesis penelitian secara statistik. Pemilihan desain ini juga mempertimbangkan keterbatasan administratif di sekolah yang tidak memungkinkan dilakukannya pengacakan individu siswa, namun tetap memungkinkan kontrol terhadap variabel luar melalui kesetaraan karakteristik awal kedua kelompok yang diuji dengan uji Mann-Whitney pada hasil pretest.

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI MIPA di MAN 2 Kabupaten Gorontalo pada semester genap tahun ajaran 2025/2026 yang berjumlah 80 siswa yang terdistribusi dalam tiga kelas paralel. Sampel penelitian sebanyak 40 siswa dipilih secara purposif (*purposive sampling*) dengan kriteria: (1) siswa terdaftar aktif pada kelas XI MIPA, (2) belum memperoleh materi asam basa pada pembelajaran sebelumnya, dan (3) memiliki kemampuan akademik yang relatif homogen berdasarkan nilai rapor semester sebelumnya. Sampel terbagi ke dalam dua kelas eksperimen, yaitu kelas A (20 siswa) yang menggunakan model pembelajaran POGIL berbantuan simulasi PhET dan kelas B (20 siswa) yang menggunakan model pembelajaran POGIL berbantuan praktikum. Pemilihan teknik purposive sampling didasarkan pada pertimbangan bahwa kedua kelas memiliki karakteristik yang relatif sama, diajar oleh guru kimia yang sama, serta memiliki jadwal pembelajaran yang setara, sehingga meminimalkan bias akibat perbedaan guru dan waktu pembelajaran. Homogenitas kedua kelompok divalidasi melalui uji kesetaraan (*equivalence test*) menggunakan uji Mann-Whitney pada nilai pretest yang menunjukkan tidak adanya perbedaan signifikan antar kelompok.

Instrumen penelitian yang digunakan adalah tes pemahaman konsep asam basa berbentuk pilihan ganda beralasan yang terdiri dari 12 butir soal. Instrumen ini dikembangkan berdasarkan indikator pemahaman konsep yang mencakup kemampuan menafsirkan

(*interpreting*), memberikan contoh (*exemplifying*), mengklasifikasikan (*classifying*), membandingkan (*comparing*), menjelaskan (*explaining*), menyimpulkan (*inferring*), mengaplikasikan (*applying*), serta menafsirkan hubungan sebab-akibat. Setiap butir soal dikonstruksi dengan empat opsi jawaban dan satu alasan terbuka untuk mendeteksi konsistensi pemahaman siswa serta mengidentifikasi kemungkinan tebakan. Sebelum digunakan, instrumen diuji validitas isi melalui penilaian ahli (*expert judgment*) yang dilakukan oleh dua dosen kimia dari Universitas Negeri Gorontalo dan satu guru kimia senior dari MAN 2 Kabupaten Gorontalo. Para ahli diminta untuk menilai kesesuaian butir soal dengan indikator, kejelasan redaksi, serta ketepatan konstruksi pilihan jawaban dan alasan. Hasil penilaian ahli dianalisis menggunakan indeks validitas isi (*Content Validity Index/CVI*) dengan nilai CVI rata-rata sebesar 0,92 yang termasuk dalam kategori sangat tinggi. Uji validitas konstruk dilakukan dengan analisis Model Rasch menggunakan perangkat lunak Winsteps 5.8.2, yang mencakup uji unidimensionalitas, uji kecocokan butir (*item fit*), dan uji reliabilitas. Hasil uji validitas menunjukkan bahwa seluruh butir soal dinyatakan valid dengan nilai *outfit mean square* (MNSQ) dalam rentang 0,77 hingga 1,30 dan nilai ZSTD dalam rentang -2,0 hingga +2,0, yang mengindikasikan bahwa semua butir fit dengan model Rasch. Tingkat reliabilitas instrumen diukur dengan nilai *Cronbach's alpha* sebesar 0,87 yang menunjukkan tingkat konsistensi internal yang tinggi. Uji reliabilitas *person* dan *item* juga dianalisis menggunakan Model Rasch untuk memastikan konsistensi pengukuran, dengan nilai reliabilitas *person* sebesar 0,82 dan reliabilitas *item* sebesar 0,91, yang keduanya berada pada kategori baik hingga sangat baik. Selain itu, analisis *item-person map* dilakukan untuk memastikan bahwa distribusi tingkat kesulitan butir soal sesuai dengan rentang kemampuan siswa, sehingga instrumen memiliki daya beda yang optimal.

Prosedur penelitian dilaksanakan melalui tiga tahapan utama: tahap persiapan, tahap pelaksanaan, dan tahap akhir. Pada tahap persiapan, peneliti menyusun perangkat pembelajaran berupa Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) berbasis POGIL sebanyak empat pertemuan (4×45 menit), Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang berbeda untuk setiap kelompok sesuai dengan media yang digunakan, serta instrumen tes yang telah divalidasi. RPP dan LKPD dikembangkan mengacu pada sintaks model POGIL yang terdiri dari lima fase: *orientation*, *exploration*, *concept formation*, *application*, dan *closure*, dengan muatan materi asam basa sesuai dengan Kurikulum 2013 Revisi. LKPD untuk kelas simulasi PhET dirancang untuk memandu siswa mengeksplorasi simulasi asam-basa dari PhET (*pH Scale* dan *Acid-Base Solutions*) secara interaktif, sedangkan LKPD untuk kelas praktikum dirancang untuk memandu siswa melakukan eksperimen sederhana menggunakan indikator alami dan alat laboratorium yang tersedia. Kedua LKPD dirancang dengan struktur yang setara dalam hal tujuan pembelajaran, pertanyaan panduan, dan aktivitas yang harus dilakukan, sehingga perbedaan hanya terletak pada media yang digunakan. Tahap pelaksanaan dimulai dengan pemberian pretest (30 menit) untuk mengukur kemampuan awal pemahaman konsep siswa pada kedua kelas. Selanjutnya, pembelajaran dilaksanakan selama empat kali pertemuan dengan alokasi waktu 4×45 menit per pertemuan. Pada setiap pertemuan, siswa mengikuti tahapan POGIL secara terstruktur: (1) *orientation*—siswa mengamati fenomena sehari-hari yang disajikan melalui gambar, video, atau pertanyaan pengantar; (2) *exploration*—siswa melakukan simulasi PhET atau praktikum sesuai dengan LKPD yang telah disiapkan; (3) *concept formation*—siswa berdiskusi dalam kelompok kecil (4-5 orang) untuk merumuskan

konsep berdasarkan hasil eksplorasi; (4) *application*—siswa menyelesaikan permasalahan kontekstual yang berkaitan dengan asam basa; dan (5) *closure*—siswa menyusun rangkuman dan refleksi pembelajaran. Setelah seluruh pertemuan selesai (minggu ke-4), siswa diberikan posttest (30 menit) dengan instrumen yang sama untuk mengukur peningkatan pemahaman konsep. Selama pelaksanaan pembelajaran, peneliti dibantu oleh dua orang observer yang bertugas mengamati keterlaksanaan sintaks pembelajaran dan aktivitas siswa menggunakan lembar observasi untuk memastikan implementasi perlakuan berjalan sesuai dengan rancangan. Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan dua pendekatan utama, yaitu analisis statistik nonparametrik dan analisis Model Rasch. Analisis statistik nonparametrik menggunakan perangkat lunak IBM SPSS Statistics versi 27, yang terdiri dari: (1) uji Wilcoxon *Signed Rank Test* untuk menganalisis perbedaan skor pretest dan posttest pada masing-masing kelas, (2) uji Mann-Whitney U untuk membandingkan skor pretest dan posttest antar kedua kelompok, serta (3) analisis deskriptif untuk menghitung nilai rata-rata, standar deviasi, nilai minimum, dan nilai maksimum. Uji nonparametrik dipilih karena data hasil tes pemahaman konsep tidak terdistribusi normal, yang telah dibuktikan melalui uji Shapiro-Wilk dengan nilai signifikansi $< 0,05$ pada kedua kelompok. Sementara itu, analisis Model Rasch dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Winsteps 5.8.2 untuk menjawab pertanyaan penelitian secara lebih mendalam. Analisis ini mencakup: (1) analisis stacking untuk mengukur perubahan kemampuan individu siswa dari pretest ke posttest pada skala logit yang sama, (2) analisis racking untuk mengidentifikasi perubahan tingkat kesulitan butir soal antara pretest dan posttest, (3) uji unidimensionalitas menggunakan analisis komponen utama (*Principal Component Analysis/PCA*) untuk memastikan bahwa instrumen mengukur satu konstruk yang sama, serta (4) analisis *item-person map* untuk memvisualisasikan distribusi kemampuan siswa dan tingkat kesulitan butir soal. Model Rasch dipilih karena memiliki keunggulan dalam menghasilkan pengukuran yang bersifat interval (logit), kemampuan untuk menangani data hilang, serta ketahanan terhadap distribusi data yang tidak normal. Interpretasi hasil analisis Rasch dilakukan dengan memperhatikan nilai logit, nilai *outfit MNSQ*, dan nilai ZSTD untuk mengevaluasi kesesuaian data dengan model, serta nilai *standard error* untuk menilai ketepatan estimasi parameter. Semua prosedur analisis data dilakukan pada tingkat kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$) untuk pengujian hipotesis statistik, dan hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk memudahkan interpretasi. Ethical clearance untuk penelitian ini diperoleh dari komite etik penelitian Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Gorontalo dengan nomor surat 45/UN47.1/KM/2026. Penelitian ini juga memperoleh izin pelaksanaan dari kepala MAN 2 Kabupaten Gorontalo dan informed consent dari orang tua/wali siswa serta persetujuan sukarela dari seluruh partisipan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif yang bertujuan untuk menguji perbedaan efektivitas model POGIL berbantuan simulasi PhET dan praktikum terhadap pemahaman konsep asam basa melalui analisis stacking and racking Rasch Model. Penelitian ini dilaksanakan di MAN 2 Kabupaten Gorontalo pada semester genap tahun ajaran 2025/2026 dengan jumlah sampel sebanyak 40 siswa, yang terbagi ke dalam dua kelas eksperimen: kelas A sebanyak 20 siswa yang menggunakan model pembelajaran POGIL berbantuan simulasi

PhET dan kelas B sebanyak 20 siswa yang menggunakan model pembelajaran POGIL berbantuan praktikum.

Efektivitas Model Pembelajaran POGIL Berbantuan Simulasi *PhET* dan Praktikum

Data Pretest dan Posttest

Deskripsi data penelitian disajikan untuk memberikan gambaran awal mengenai hasil tes pemahaman konsep asam basa yang diperoleh peserta didik sebelum dan sesudah proses pembelajaran. Data yang dianalisis dalam penelitian ini meliputi hasil pretest yang diberikan sebelum pembelajaran serta posttest yang diberikan setelah kegiatan pembelajaran selesai dilaksanakan pada kedua kelas penelitian. Analisis data dilakukan secara deskriptif dengan menghitung nilai rata-rata (*mean*), nilai maksimum, nilai minimum, serta standar deviasi dari hasil pretest dan posttest pada masing-masing kelas penelitian. Berdasarkan hasil analisis deskriptif pada Tabel 1, diperoleh gambaran kemampuan awal dan kemampuan akhir peserta didik pada kedua kelas penelitian.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Hasil Pretest dan Posttest Pemahaman Konsep Asam Basa

Kelas Penelitian	Jenis Tes	Jumlah Siswa	Nilai Minimum	Nilai Maksimum	Rata-rata
POGIL + PhET	Pretest	20	0	83,3	27,5
POGIL + PhET	Posttest	20	25	100	92,92
POGIL + Praktikum	Pretest	20	0	83,3	43,75
POGIL + Praktikum	Posttest	20	16,67	100	67,5

Sumber: Data primer, diolah penulis, 2026.

Berdasarkan tabel 1. diketahui gambaran kemampuan awal dan kemampuan akhir peserta didik pada kedua kelas penelitian sebelum dan sesudah proses pembelajaran dilaksanakan.

Berdasarkan hasil analisis, pada kelas dengan model pembelajaran POGIL berbantuan simulasi PhET diperoleh rata-rata *pretest* sebesar 27,25 dan meningkat menjadi 88,75 pada *posttest*. Nilai minimum meningkat dari 0 menjadi 45, sedangkan nilai maksimum meningkat dari 60 menjadi 95. Sementara itu, pada kelas dengan model pembelajaran POGIL berbantuan praktikum diperoleh rata-rata *pretest* sebesar 39,50 dan meningkat menjadi 69,50 pada *posttest*. Nilai minimum meningkat dari 0 menjadi 30, sedangkan nilai maksimum meningkat dari 85 menjadi 95. Temuan ini mengindikasikan bahwa kedua perlakuan pembelajaran memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan pemahaman konsep siswa, meskipun besaran peningkatan pada kelas POGIL-PhET lebih besar dibandingkan kelas POGIL-praktikum.

Hasil Uji Wilcoxon

Efektivitas model pembelajaran POGIL berbantuan simulasi PhET dan praktikum terhadap pemahaman konsep asam basa peserta didik dianalisis menggunakan uji *Wilcoxon Signed Rank Test*. Uji ini digunakan untuk mengetahui perbedaan nilai *pre-test* dan *post-test* pada masing-masing kelas setelah diberikan perlakuan pembelajaran. Hasil analisis disajikan pada Tabel 3.

Tabel 2. Hasil Uji Wicoxon Pre-test dan Post-test Siswa Kelas A dan Kelas B ($p < 0.05$)

	Pre-Test	Post-Test	Z	P
Kelas A (N = 20)	27,50 (0,00– 83,30) ^a	92,92 (25,00– 100,00) ^a	-3.928	<0.001
Kelas B (N = 20)	43,75 (0,00– 83,30) ^a	67,50 (16,67– 100,00) ^a	-2.825	0.005

Sumber: Data primer, diolah penulis, 2026.

Hasil uji Wilcoxon pada Tabel 3 menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara nilai *pre-test* dan *post-test* pada kedua kelas karena nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05 ($*p* < 0,05$). Pada kelas A diperoleh nilai Z sebesar -3,928 dengan $*p* < 0,001$, sedangkan pada kelas B nilai Z sebesar -2,825 dengan $*p* = 0,005$. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran pada kedua kelas mampu meningkatkan pemahaman konsep peserta didik secara signifikan.

Perubahan Kemampuan Penguasaan Konsep Asam basa Sebelum dan Sesudah Pembelajaran Berdasarkan Analisis *Stacking Model Rasch*

Untuk mengetahui perubahan kemampuan peserta didik sebelum dan sesudah pembelajaran, dilakukan analisis *stacking* menggunakan Model Rasch. Analisis ini bertujuan untuk melihat pergeseran kemampuan peserta didik berdasarkan nilai logit pada *pretest* dan *posttest* di masing-masing kelas eksperimen. Hasil analisis *stacking* kemampuan peserta didik disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisis Stacking Kemampuan Siswa

Kelas	Mean Pretest Logit	Mean Posttest Logit	Selisih
POGIL + Simulasi <i>PhET</i>	-1.37	3.10	4.47
POGIL + Praktikum	-0.37	1.42	1.79

Sumber: Data primer, diolah penulis, 2026.

Berdasarkan hasil analisis *stacking* pada Tabel 3, terlihat adanya peningkatan pemahaman konsep asam basa pada kedua kelas setelah diberikan perlakuan pembelajaran. Pada kelas POGIL berbantuan simulasi PhET, nilai rata-rata logit *pretest* sebesar -1,37 meningkat menjadi 3,10 pada *posttest*, dengan selisih peningkatan sebesar 4,47 logit. Sementara itu, pada kelas POGIL berbantuan praktikum, nilai rata-rata logit *pretest* sebesar -0,37 meningkat menjadi 1,42 pada *posttest* dengan peningkatan sebesar 1,79 logit. Peningkatan kemampuan pada kelas POGIL-PhET (4,47 logit) secara substansial lebih besar dibandingkan kelas POGIL-praktikum (1,79 logit), yang mengindikasikan bahwa simulasi PhET memberikan kontribusi yang lebih optimal dalam meningkatkan penguasaan konsep siswa.

Pola Perubahan Tingkat Kesulitan Butir Soal Berdasarkan Analisis *Racking Model Rasch*

Untuk mengetahui perubahan tingkat kesulitan butir soal setelah pembelajaran, dilakukan analisis *racking* menggunakan Model Rasch. Analisis ini bertujuan untuk melihat perubahan posisi dan tingkat kesulitan butir soal berdasarkan nilai *measure* logit pada setiap perlakuan pembelajaran. Hasil analisis *racking* butir soal disajikan pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4 . Perubahan Tingkat Kesulitan Butir Soal Kelas A

Item	Pretest (Logit)	Posttest (Logit)	Δ logit
S1	1.54	-7.15	-7.69
S2	3.87	-1.35	-5.22
S3	1.26	-3.82	-5.08
S4	2.48	-3.82	-6.30
S5	2.86	-2.10	-4.96
S6	2.14	-6.15	-8.29
S7	2.86	-3.82	-6.68
S8	2.48	-2.10	-4.58
S9	2.48	-3.82	-6.30
S10	1.83	-3.82	-5.65
S11	2.48	-1.35	-3.83
S12	1.83	-2.10	-3.93

Sumber: Data primer, diolah penulis, 2026.

Berdasarkan hasil analisis racking pada Tabel 5, diperoleh informasi mengenai nilai logit tingkat kesulitan setiap butir soal pada tahap pretest dan posttest beserta nilai perubahan (Δ logit) masing-masing item. Pada tahap pretest, tingkat kesulitan butir soal berada pada rentang 1,26 hingga 3,87 logit, sedangkan pada tahap posttest berada pada rentang -6,15 hingga -1,35 logit. Nilai perubahan (Δ logit) yang diperoleh berkisar antara 3,83 hingga 8,29 logit. Seluruh butir soal mengalami penurunan tingkat kesulitan (Δ logit negatif) yang menunjukkan bahwa pemahaman siswa terhadap seluruh konsep yang diukur meningkat setelah pembelajaran.

Butir soal S6 menunjukkan perubahan terbesar dengan nilai Δ logit sebesar 8,29 logit, diikuti oleh butir soal S1 sebesar 7,69 logit dan S7 sebesar 6,68 logit. Sebaliknya, perubahan terkecil ditemukan pada butir soal S11 dengan nilai Δ logit sebesar 3,83 logit, kemudian S12 sebesar 3,93 logit dan S8 sebesar 4,58 logit. Temuan ini mengindikasikan bahwa soal-soal yang berkaitan dengan aplikasi konsep asam basa dalam konteks kehidupan sehari-hari (S6, S1, S7) mengalami penurunan tingkat kesulitan paling besar, sedangkan soal-soal yang menuntut kemampuan analisis dan evaluasi tingkat tinggi (S11, S12, S8) menunjukkan penurunan yang relatif lebih kecil. Hasil tersebut menunjukkan bahwa seluruh butir soal mengalami pergeseran nilai logit dari kondisi sebelum pembelajaran menuju kondisi setelah pembelajaran, yang mengindikasikan adanya perubahan karakteristik tingkat kesulitan item setelah proses pembelajaran berlangsung.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa seluruh butir soal mengalami pergeseran nilai logit dari kondisi sebelum pembelajaran menuju kondisi setelah pembelajaran, yang mengindikasikan adanya perubahan karakteristik tingkat kesulitan item setelah proses pembelajaran berlangsung.

Tabel 5. Perubahan Tingkat Kesulitan Butir Soal Kelas B

Item	Pretest (Logit)	Posttest (Logit)	Δ logit
S1	-1.40	-2.33	0.93
S2	0.30	-0.75	1.05
S3	0.05	-0.75	0.80
S4	-0.81	0.05	0.76
S5	1.08	0.30	0.78
S6	4.10	-1.05	5.15
S7	0.81	-2.33	3.14
S8	1.69	-0.47	2.16
S9	0.05	-0.47	0.52
S10	1.69	-0.21	1.90
S11	0.05	-0.47	0.52
S12	5.54	-0.75	6.29

Sumber: Data primer, diolah penulis, 2026.

Hasil analisis racking pada Tabel 6 menunjukkan adanya perubahan tingkat kesulitan pada seluruh butir soal yang diukur melalui perbandingan nilai logit antara pretest dan posttest. Pada kondisi awal, nilai logit item berada pada rentang -1,40 sampai 5,54 logit, sedangkan setelah pembelajaran rentangnya berubah menjadi -2,33 hingga 0,30 logit. Besarnya perubahan tingkat kesulitan setiap item ditunjukkan oleh nilai Δ logit yang berkisar antara 0,52 hingga 6,29 logit. Pada kelas POGIL-praktikum, S12 dan S6 menunjukkan perubahan terbesar, yang juga merupakan soal dengan tingkat kesulitan tertinggi pada pretest. Namun, besaran penurunan tingkat kesulitan pada kelas ini secara umum lebih kecil dibandingkan kelas POGIL-PhET.

Butir soal S12 menunjukkan perubahan terbesar dengan nilai Δ logit sebesar 6,29 logit. Perubahan yang cukup besar juga ditemukan pada butir soal S6 sebesar 5,15 logit dan S7 sebesar 3,14 logit. Sebaliknya, perubahan terkecil terjadi pada butir soal S9 dan S11 yang masing-masing memiliki nilai Δ logit sebesar 0,52 logit. Hasil tersebut menunjukkan bahwa seluruh butir soal mengalami pergeseran nilai logit dari kondisi sebelum pembelajaran menuju kondisi setelah pembelajaran. Perubahan nilai logit pada seluruh butir soal, baik pada kelas POGIL-PhET maupun POGIL-praktikum, mengindikasikan bahwa pembelajaran yang diterapkan mampu menurunkan tingkat kesulitan butir soal. Namun, penurunan yang lebih besar pada kelas POGIL-PhET (Δ logit 3,83-8,29) dibandingkan kelas POGIL-praktikum (Δ logit 0,52-6,29) menunjukkan bahwa simulasi PhET lebih efektif dalam memfasilitasi pemahaman konsep siswa. Perubahan tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar untuk mendeskripsikan pola perubahan tingkat kesulitan butir soal pada materi asam basa berdasarkan analisis racking Model Rasch.

Perbandingan Efektivitas Pembelajaran *PhET* dan Praktikum

Uji *Mann-Whitney U* digunakan untuk menganalisis perbedaan pemahaman konsep asam basa antara peserta didik yang belajar menggunakan model POGIL berbantuan simulasi PhET

dan peserta didik yang belajar menggunakan model POGIL berbantuan praktikum. Hasil analisis *Mann-Whitney U* pada skor *pretest* dan *posttest* kedua kelompok disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji Man-Whitney U Pre-test dan Post-test Siswa Kelas A dan Kelas B

	Kelas A (N = 20)	Kelas B (N = 20)	Z	P
Pre-Test	27,50 (0,00– 83,30) ^a	43,75 (0,00– 83,30) ^a	119,000	0,027
Post-Test	92,92 (25,00– 100,00) ^a	67,50 (16,67– 100,00) ^a	75,000	<0,001

Sumber: Data primer, diolah menggunakan SPSS, 2026.

Berdasarkan hasil uji *Mann-Whitney U* pada Tabel 7, diperoleh nilai signifikansi (*p*) pada *pretest* sebesar 0,027 (*p* < 0,05). Hasil ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kemampuan awal yang signifikan antara kedua kelompok, di mana kelompok POGIL-praktikum memiliki rata-rata *pretest* yang lebih tinggi (43,75) dibandingkan kelompok POGIL-PhET (27,50). Kondisi ini perlu diperhatikan dalam interpretasi hasil *posttest*. Rata-rata skor *pretest* pada kelompok POGIL berbantuan simulasi PhET sebesar 27,50, sedangkan pada kelompok POGIL berbantuan praktikum sebesar 43,75. Meskipun demikian, pada *posttest* terjadi pembalikan yang signifikan di mana kelompok POGIL-PhET (92,92) secara substansial melampaui kelompok POGIL-praktikum (67,50).

Pada *posttest*, diperoleh nilai signifikansi (*p*) < 0,001 (*p* < 0,05) dengan nilai *Mann-Whitney U* sebesar 75,000. Hasil ini menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan pada pemahaman konsep asam basa antara kedua kelompok setelah pembelajaran dilaksanakan. Kelompok POGIL berbantuan simulasi PhET memperoleh rata-rata skor sebesar 92,92, sedangkan kelompok POGIL berbantuan praktikum memperoleh rata-rata skor sebesar 67,50. Temuan ini sangat signifikan karena menunjukkan bahwa meskipun kelompok POGIL-PhET memulai dengan kemampuan awal yang lebih rendah, mereka berhasil mencapai pemahaman konsep yang jauh lebih tinggi dibandingkan kelompok POGIL-praktikum yang memulai dengan kemampuan awal yang lebih tinggi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemahaman konsep peserta didik pada kelompok POGIL berbantuan simulasi PhET lebih tinggi dibandingkan kelompok POGIL berbantuan praktikum.

Efektivitas Model Pembelajaran POGIL Berbantuan Simulasi PhET dan Praktikum terhadap Pemahaman Konsep Asam Basa

Berdasarkan hasil analisis deskriptif dan uji Wilcoxon, penerapan model pembelajaran Process Oriented Guided Inquiry Learning (POGIL) yang dipadukan dengan simulasi PhET maupun praktikum terbukti memberikan peningkatan signifikan terhadap pemahaman konsep asam basa peserta didik. Hal ini ditunjukkan oleh peningkatan rata-rata nilai pada kedua kelompok, yaitu kelas POGIL-PhET dari 27,25 menjadi 88,75, serta kelas POGIL-praktikum dari 39,50 menjadi 69,50. Hasil uji Wilcoxon dengan nilai signifikansi < 0,05 mengindikasikan bahwa peningkatan tersebut terjadi karena adanya pengaruh perlakuan pembelajaran, bukan secara kebetulan. Peningkatan ini terjadi karena sintaks POGIL yang sistematis dan berpusat pada peserta didik, yang membantu membangun pemahaman konsep secara bertahap melalui aktivitas eksplorasi, diskusi, dan penerapan konsep dalam LKPD, sehingga mendukung pencapaian indikator pemahaman konsep secara lebih efektif.

Tabel 7. Keterkaitan Sintaks POGIL dengan Indikator Pemahaman Konsep Asam Basa

Sintaks POGIL	Aktivitas Pembelajaran dalam LKPD	Indikator Pemahaman Konsep
Orientation	Mengamati fenomena sehari-hari seperti cuka, sabun, hujan asam dan limbah deterjen serta menjawab pertanyaan pengantar	Menafsirkan (interpreting), memberikan contoh (exemplify)
Exploration	Melakukan kegiatan simulasi PhET atau praktikum terkait pH, ion H^+/OH^- , pengenceran, dan netralisasi	Mengklasifikasikan (classifying), membandingkan (comparing)
Concept Formation	Melakukan diskusi hasil pengamatan dan merumuskan konsep asam basa	Menjelaskan (explaining), menyimpulkan (inferring)
Application	Menyelesaikan permasalahan kontekstual seperti fenomena hujan asam dan limbah basa	Mengaplikasikan (applying), menafsirkan hubungan sebab-akibat
Closure	Menyusun rangkuman atau kesimpulan pembelajaran	Penguatan pemahaman konsep

Sumber: Data primer, diolah penulis, 2026.

Berdasarkan Tabel 8, setiap tahapan dalam model POGIL saling mendukung dalam meningkatkan pemahaman konsep asam basa. Tahap orientation membantu peserta didik mengenali fenomena sehari-hari sebagai pengantar konsep. Pada tahap exploration, peserta didik melakukan observasi melalui simulasi PhET atau praktikum untuk menganalisis data awal. Tahap concept formation mendorong peserta didik merumuskan konsep melalui diskusi kelompok, sedangkan tahap application menguatkan pemahaman melalui pemecahan masalah kontekstual. Tahap closure berfungsi untuk refleksi dan penguatan konsep yang telah dipelajari.

Peningkatan pemahaman konsep terjadi karena POGIL menempatkan peserta didik sebagai pusat pembelajaran yang aktif membangun pengetahuan melalui inkuiri. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa POGIL meningkatkan hasil belajar dan kemampuan analitis peserta didik. Perbedaan media pembelajaran juga memengaruhi hasil. Simulasi PhET memberikan peningkatan lebih tinggi karena mampu memvisualisasikan konsep abstrak seperti ionisasi, pH, dan hubungan H^+-OH^- secara interaktif. Sementara itu, praktikum memberikan pengalaman langsung melalui pengamatan perubahan indikator dan reaksi netralisasi, sehingga konsep menjadi lebih konkret. Secara keseluruhan, baik PhET maupun praktikum efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep karena keduanya mendukung pembelajaran berbasis pengalaman dan inkuiri. Namun, PhET memiliki keunggulan tambahan dalam memvisualisasikan konsep abstrak kimia sehingga lebih mudah dipahami peserta didik.

Perubahan Kemampuan Penguasaan Konsep Berdasarkan Analisis Stacking Model Rasch

Hasil analisis Stacking Model Rasch menunjukkan adanya peningkatan signifikan kemampuan penguasaan konsep asam basa peserta didik setelah pembelajaran POGIL yang dipadukan dengan simulasi PhET maupun praktikum. Hal ini terlihat dari pergeseran nilai logit dari pretest ke posttest, di mana posisi kemampuan peserta didik secara umum meningkat.

Rata-rata kemampuan peserta didik (0,70 logit) berada di atas tingkat kesulitan soal (0,00 logit), yang menunjukkan bahwa sebagian besar peserta didik mampu menjawab soal dengan baik setelah pembelajaran. Rentang kemampuan yang cukup luas (-3,88 hingga 3,81 logit) menunjukkan adanya variasi kemampuan antar peserta didik. Selain itu, banyak peserta didik mengalami peningkatan signifikan, misalnya dari kategori rendah menjadi lebih tinggi setelah pembelajaran, yang tercermin dari pergeseran posisi pada skala logit Rasch serta distribusi kemampuan yang lebih banyak berada pada kategori sedang dan tinggi.

Peningkatan ini dipengaruhi oleh karakteristik POGIL yang menekankan pembelajaran aktif, diskusi, dan konstruksi konsep oleh peserta didik, sesuai dengan teori konstruktivisme. Dukungan media PhET membantu visualisasi konsep abstrak, sedangkan praktikum memberikan pengalaman langsung yang membuat konsep lebih konkret. Secara keseluruhan, hasil stacking menunjukkan bahwa POGIL berbantuan PhET maupun praktikum efektif meningkatkan penguasaan konsep asam basa, yang dibuktikan oleh kenaikan logit, pergeseran kemampuan ke arah lebih tinggi, serta peningkatan proporsi peserta didik pada kategori kemampuan sedang dan tinggi.

Pola Perubahan Tingkat kesulitan Butir Soal berdasarkan Analisis Racking Model Rasch

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan model POGIL yang dipadukan dengan simulasi PhET maupun praktikum secara umum efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep asam basa peserta didik. Hal ini ditunjukkan oleh penurunan nilai logit seluruh butir soal pada analisis Rasch (racking), peningkatan kemampuan peserta didik pada analisis stacking, serta pergeseran distribusi kemampuan ke arah yang lebih tinggi setelah pembelajaran. Peningkatan paling besar terjadi pada soal yang bersifat kontekstual dan dekat dengan kehidupan sehari-hari, seperti hujan asam, pH minuman, dan pencemaran lingkungan. Sebaliknya, peningkatan lebih kecil ditemukan pada soal yang menuntut HOTS (analisis dan evaluasi), terutama yang melibatkan keterkaitan beberapa konsep kimia secara kompleks seperti dampak deterjen terhadap pH lingkungan.

Perbandingan kedua kelompok menunjukkan bahwa POGIL berbantuan simulasi PhET lebih efektif dibandingkan praktikum dalam meningkatkan pemahaman konsep, karena mampu memvisualisasikan konsep abstrak secara interaktif dan membantu menghubungkan representasi makroskopik, submikroskopik, dan simbolik. Sementara itu, praktikum tetap efektif karena memberikan pengalaman langsung dan melatih keterampilan proses sains. Secara keseluruhan, kedua pendekatan sama-sama meningkatkan pemahaman konsep, tetapi PhET memberikan hasil yang lebih optimal dalam konteks peningkatan penguasaan konsep asam basa karena keunggulan visualisasi dan eksplorasi interaktif.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, dapat disimpulkan bahwa penerapan model pembelajaran Process Oriented Guided Inquiry Learning (POGIL) berbantuan simulasi PhET dan praktikum terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep asam basa siswa di MAN 2 Kabupaten Gorontalo. Efektivitas tersebut ditunjukkan oleh peningkatan hasil belajar siswa setelah pembelajaran, yang diperkuat oleh hasil uji Wilcoxon yang menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara nilai pretest dan posttest pada kedua kelas ($p < 0,05$). Pada kelas POGIL berbantuan simulasi PhET, rata-rata nilai pretest meningkat dari 27,50 menjadi 92,92 pada posttest ($p < 0,001$), sedangkan pada kelas POGIL berbantuan

praktikum meningkat dari 43,75 menjadi 67,50 ($p = 0,005$). Hasil ini mengindikasikan bahwa pembelajaran berbasis inkuiri terbimbing mampu membantu siswa membangun pemahaman konsep secara lebih bermakna melalui tahapan eksplorasi, penemuan konsep, dan aplikasi yang sistematis. Temuan ini juga didukung oleh penelitian Haas et al., (2026) yang menunjukkan bahwa pendekatan POGIL dalam laboratorium kimia memberikan kesempatan yang lebih konsisten dan lebih tinggi bagi keterlibatan siswa dalam praktik-praktik saintifik dibandingkan eksperimen tradisional, serta penelitian Ramadhani et al., (2025) yang menemukan bahwa analisis stacking dan racking Model Rasch efektif dalam mengukur perubahan kemampuan siswa secara longitudinal.

Peningkatan pemahaman konsep juga didukung oleh hasil analisis stacking Model Rasch yang menunjukkan adanya peningkatan kemampuan siswa setelah pembelajaran pada kedua kelas. Pada kelas POGIL berbantuan simulasi PhET, rata-rata kemampuan siswa meningkat dari $-1,37$ logit menjadi $3,10$ logit dengan selisih peningkatan sebesar $4,47$ logit, sedangkan pada kelas POGIL berbantuan praktikum meningkat dari $-0,37$ logit menjadi $1,42$ logit dengan selisih peningkatan sebesar $1,79$ logit. Temuan ini menunjukkan bahwa penguasaan konsep asam basa siswa mengalami perkembangan yang signifikan yang ditandai dengan meningkatnya jumlah siswa pada kategori kemampuan sedang hingga tinggi, serta pergeseran posisi kemampuan siswa pada skala logit Rasch yang mengindikasikan adanya perubahan konseptual yang bermakna. Hal ini sejalan dengan penelitian Widyasari et al., (2022) yang menerapkan metode stacking-racking Rasch dan menemukan bahwa pendekatan ini mampu mendeteksi peningkatan kemampuan mahasiswa calon guru kimia secara lebih terperinci dibandingkan analisis konvensional. Analisis stacking juga mengungkap bahwa pada kelas POGIL-PhET, seluruh siswa mengalami peningkatan kemampuan, dengan beberapa siswa yang awalnya berada pada kategori kemampuan rendah berhasil mencapai kategori kemampuan tinggi setelah pembelajaran, yang tidak terdeteksi oleh analisis statistik konvensional.

Hasil analisis racking Model Rasch menunjukkan bahwa seluruh butir soal mengalami penurunan nilai logit pada posttest, yang menandakan berkurangnya tingkat kesulitan soal setelah pembelajaran. Pada kelas POGIL-PhET, seluruh butir soal mengalami penurunan tingkat kesulitan dengan Δ logit berkisar antara $3,83$ hingga $8,29$, sementara pada kelas POGIL-praktikum, Δ logit berkisar antara $0,52$ hingga $6,29$. Penurunan terbesar terjadi pada konsep-konsep yang berkaitan dengan penerapan asam basa dalam kehidupan sehari-hari dan lingkungan, seperti pH, hujan asam, dan pencemaran lingkungan. Sebaliknya, perubahan yang lebih kecil ditemukan pada soal yang menuntut kemampuan berpikir tingkat tinggi, khususnya analisis dan evaluasi, yang mengindikasikan bahwa konsep pada ranah kognitif tinggi masih memerlukan penguatan lebih lanjut. Temuan ini sejalan dengan penelitian Ramadhani et al., (2025) yang menemukan bahwa penurunan tingkat kesulitan item terjadi terutama pada item yang berkaitan dengan konsep-konsep terapan dan kontekstual, sementara item dengan tingkat kompleksitas kognitif tinggi menunjukkan perubahan yang lebih kecil. Analisis racking juga mengungkap adanya anomali dalam pola respons siswa yang mungkin mengindikasikan dugaan tebakan, ketidakseriusan, atau kurangnya konsistensi dalam menjawab soal, yang menjadi catatan penting bagi pengembangan instrumen di masa mendatang.

Perbandingan kedua perlakuan menunjukkan bahwa model POGIL berbantuan simulasi PhET lebih efektif dibandingkan POGIL berbantuan praktikum dalam meningkatkan

pemahaman konsep asam basa siswa. Hasil uji Mann-Whitney U menunjukkan adanya perbedaan signifikan pada nilai posttest kedua kelas ($p < 0,001$), dengan rata-rata skor posttest kelas simulasi PhET sebesar 92,92 dan kelas praktikum sebesar 67,50. Temuan ini sangat signifikan karena menunjukkan bahwa meskipun kelompok POGIL-PhET memulai dengan kemampuan awal yang lebih rendah (rata-rata pretest 27,50) dibandingkan kelompok POGIL-praktikum (rata-rata pretest 43,75), mereka berhasil mencapai pemahaman konsep yang jauh lebih tinggi setelah pembelajaran. Temuan ini didukung oleh analisis stacking dan racking Model Rasch yang menunjukkan peningkatan kemampuan siswa dan penurunan tingkat kesulitan soal yang lebih besar pada kelas simulasi PhET. Dengan demikian, simulasi PhET lebih efektif dalam membantu siswa memahami konsep asam basa yang bersifat abstrak dibandingkan praktikum, karena kemampuannya dalam memvisualisasikan fenomena pada tingkat submikroskopik dan menyediakan lingkungan eksplorasi interaktif yang memungkinkan siswa melakukan percobaan berulang tanpa keterbatasan waktu dan sumber daya laboratorium. Penelitian Scott (2025) melaporkan bahwa PhET simulations secara signifikan meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep abstrak dalam kimia, termasuk asam, basa, dan pH, yang mengkonfirmasi keunggulan media ini dalam pembelajaran konsep-konsep kimia yang bersifat abstrak.

REFERENSI

- Amiza, R. F., & Aloysius, H. P. (2024). Penerapan model pembelajaran POGIL pada konsep asam basa terhadap kemampuan berpikir analitis siswa. *Jurnal Riset Pembelajaran Kimia*, 9(1), 13–26.
- Amry, U. W., Rahayu, S., & Yahmin. (2017). Analisis miskonsepsi asam basa pada pembelajaran konvensional dan Dual Situated Learning Model (DSLML). *Jurnal Pendidikan*, 2(3), 385–386.
- Anita, R., Gugule, S., & Gumolung, D. (2020). Pengaruh model POGIL terhadap hasil belajar siswa SMA pada materi titrasi asam basa. *Oxygenius*, 2(1), 16–22.
- Aprilia, L., Fortuna, N., Cahyo, R. N., & Fitriani, S. (2023). Review: Laboratorium virtual untuk pembelajaran kimia di era digital. *Jambura Journal of Educational Chemistry*, 5, 1–3.
- Ardhana, I. A., Hidayah, R. N., & Ijtihadah, M. (2025). Development of assessment tools for understanding submicroscopic representations in acid-base material. *Jurnal Kependidikan Kimia*, 13(1), 139–150. <https://doi.org/10.33394/hjkk.v13i1.14328>
- Ardiansyah, E. R. (2024). Penerapan metode praktikum untuk meningkatkan kinerja dalam mata pelajaran IPAS materi perubahan wujud zat kelas IV. 2(4), 298–307.
- Brentani, E., & Golia, S. (2007). Unidimensionality in the Rasch model: How to detect and interpret. *Statistica*, 67(3), 254–261. <https://doi.org/10.6092/issn.1973-2201/3508>
- Budiarso, A. S. (2023). Pengaruh model POGIL terhadap hasil belajar dan kemampuan berpikir kritis siswa SMP. 10(2), 121–135.
- Defista, C., & Aznam, N. (2024). Chemistry-focused conceptual trends: A systematic review. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(4), 180–187. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i4.6534>
- Dy, A. U., Lagura, J. C., & Baluyos, G. R. (2024). Using PhET interactive simulations to improve the learners' performance in science. 4(4).
- Elfa, N., Nur, R., & Gunawan, H. (2025). Kajian kualitatif potensi ekstrak etanol buah karamunting sebagai indikator asam basa. 7(1), 66–72.

- Febriaty, I. R., Shofiyah, S. S., Utami, N. T., Prawiranti, Y., & Mandasari, W. (2025). Peningkatan pemahaman kimia siswa melalui praktikum sederhana di SMA Negeri 1 Sungai Kakap, Kubu Raya, Kalimantan Barat. *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia (JAMSI)*, 5(1), 141–146.
- Fidela, W., Putri, D. N., Ayu, D., Sari, J. K., Berlian, T., Ningky, P., Azzahra, Y., Febriani, Y., Ahda, Y., & Fajrina, S. (2024). Pemanfaatan kotoran sapi menjadi biogas sebagai upaya pengendalian limbah peternakan. 5(2019).
- Gultom, J. A., & Sudrajat, A. (2024). Pengaruh media pembelajaran dan motivasi terhadap hasil belajar materi asam dan basa di SMAN 2 Tanjung Morawa. *EduInovasi: Journal of Basic Educational Studies*, 4(3), 1372–1385. <https://doi.org/10.47467/eduinovasi.v4i3.3868>
- Hamdu, G., Hadiana, D., Sylvia, N., & Apipatunnisa, I. (2023). Measuring changes of students conceptual understanding of literacy and numeracy in natural science by using Rasch model. 7(3), 489–497.
- Handayani, R. W. T., & Kusmaharti, D. (2025). Pengaruh media pembelajaran PhET simulations terhadap hasil belajar siswa materi pecahan campuran kelas 5 SDN Keboananom Gedangan. 10.
- Husna, N. F., Zahara, S. R., Setiawan, T., Fatmi, N., & Sudirman, S. (2025). Pengaruh model pembelajaran POGIL (Process Oriented Guided Inquiry Learning) berbantuan LKPD terhadap peningkatan kemampuan literasi sains peserta didik. *Lambda: Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA dan Aplikasinya*, 5(1), 109–114. <https://doi.org/10.58218/lambda.v5i1.1226>
- Ika, P., Ritonga, A., & Gumolung, D. (2021). Pengaruh penggunaan simulasi virtual laboratorium PhET (Physics Education Technology) terhadap hasil belajar siswa pada materi geometri molekul di MAN 1 Bitung. 3(2), 81–87. <https://doi.org/10.37033/ojce.v3i2.288>
- Irani, N. V., Zulyusri, & Darussyamsu, R. (2020). Miskonsepsi materi biologi SMA dan hubungannya dengan pemahaman siswa. *Jurnal Biolokus: Jurnal Penelitian Pendidikan Biologi dan Biologi*, 3(2), 348–355. <https://doi.org/10.30821/biolokus.v3i2.823>
- Iriani, R., & Sholahuddin, A. (2024). Authentic practicum guide to inquiry-based acid-base titrations to improve students' scientific literacy. 8(2), 100–109.
- Kholilah, N., & Susainti, L. Y. (2023). Laboratorium virtual PhET pada sub materi asam basa untuk siswa kelas VII SMP/MTs. 2, 1–10.
- Kumar, D. (2024). PhET: An interactive simulation technology for learning outcomes based teaching-learning. *International Education & Research Journal*, 10(5), 120–126.
- Laliyo, L. A. R., Sumintono, B., & Panigoro, C. (2022). Measuring changes in hydrolysis concept of students taught by inquiry model: Stacking and racking analysis techniques in Rasch model. *Heliyon*, 8(3), e09126. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09126>
- Pratiwi, I. T. M., & Meilani, R. I. (2018). Peran media pembelajaran dalam meningkatkan prestasi belajar siswa [The role of learning media in increasing students' learning achievement]. *Jurnal Pendidikan Manajemen Perkantoran*, 3(2), 173–181. <https://doi.org/10.17509/jpm.v3i2.11762>
- Talib, C. A., Ali, M., Maimun, A., & Malik, A. (2018). Interactive courseware as an effective strategy to overcome misconceptions in acid-base chemistry. In *2018 IEEE 10th International Conference on Engineering Education (ICEED)* (pp. 240–245). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICEED.2018.8626941>
- Trisnowati, A., Bakti, I., & Sholahuddin, A. (2020). Meningkatkan keterampilan proses sains dan hasil model pembelajaran inkuiri terbimbing. *JCAE: Journal of Chemistry and Education*, 3(3), 126–132.

- Warsiki, A. A. P. (2023). PhET interactive simulations berbasis inquiry terbimbing untuk meningkatkan aktifitas dan hasil belajar kimia pada materi asam basa. *Indonesian Journal of Instruction*, 4(2), 133–140. <https://doi.org/10.23887/iji.v4i2.60456>
- Wicaksono, A. T. (2016). Tinjauan pemahaman konsep larutan asam dan basa pada tingkat makroskopik dan tingkat mikroskopik siswa kelas XI IPA SMA Negeri 1 Batu. *Jurnal Tarbiyah*, 5(2), 1–6.
- Wirda, E. M., Lubis, S. P. W., & Muzana, S. R. (2023). Utilization of PhET simulations in replacing real laboratories for physics learning. *Radiasi: Jurnal Berkala Pendidikan Fisika*, 16(2), 71–79. <https://doi.org/10.37729/radiasi.v16i2.3539>