

METODE PHYSIOEX® DAN KOMBINASI DENGAN KONVENTSIONAL DALAM PRAKTIKUM FISIOLOGI RESPIRASI MAHASISWA KEDOKTERAN : SUATU PERBANDINGAN

Devi Aulia Putri Nurindah Rahman^{1*}, Sri Manovita Pateda², Sefry M. Pantow³,

Muhamad Nur Syukriani Yusuf⁴, Edwina Rugaiah Monayo⁵

Program Studi Kedokteran Universitas Negeri Gorontalo^{1,2,3,4,5}

**Corresponding Author : devi_kedokteran@mahasiswa.ung.ac.id*

ABSTRAK

Penguasaan praktikum fisiologi respirasi sangat penting bagi mahasiswa kedokteran karena berhubungan langsung dengan pemahaman fungsi vital sistem pernapasan. Laboratorium virtual *PhysioEx®* telah digunakan sebagai media utama praktikum, namun hasil evaluasi menunjukkan tingkat kelulusan dan rata-rata nilai praktikum masih rendah. Praktikum konvensional memberikan penjelasan konseptual dan pengalaman langsung dalam pengukuran parameter fisiologis. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi metode pembelajaran praktikum fisiologi respirasi yang lebih efektif, dengan membandingkan penggunaan *PhysioEx®* saja dengan kombinasi praktikum konvensional dan *PhysioEx®* pada mahasiswa kedokteran Universitas Negeri Gorontalo. Penelitian menggunakan rancangan *true experimental* dengan desain *pretest–posttest control group* pada 58 mahasiswa yang dibagi secara acak menjadi kelompok kontrol dan kelompok perlakuan. Penguasaan praktikum diukur menggunakan tes pilihan ganda *pretest* dan *posttest*. Data dianalisis secara deskriptif dan dengan uji *paired t-test*, *Wilcoxon*, *independent t-test*, dan *Mann–Whitney U* sesuai hasil uji normalitas. Kedua kelompok menunjukkan peningkatan skor yang signifikan antara *pretest* dan *posttest*, menunjukkan bahwa baik *PhysioEx®* tunggal maupun kombinasi metode mampu meningkatkan penguasaan praktikum. Namun, uji perbandingan antar kelompok pada nilai *posttest* menunjukkan perbedaan yang bermakna secara statistik ($p < 0,05$). Kombinasi praktikum konvensional dan *PhysioEx®* lebih efektif dibandingkan penggunaan *PhysioEx®* saja dalam meningkatkan penguasaan praktikum fisiologi respirasi mahasiswa kedokteran.

Kata kunci : fisiologi respirasi, *physioex®*, praktikum

ABSTRACT

Mastery of respiratory physiology practicums is very important for medical students because it is directly related to understanding the vital functions of the respiratory system. The PhysioEx® virtual laboratory has been used as the main medium for practicums, but evaluation results show that the pass rate and average practicum scores are still low. Conventional practicums provide conceptual explanations and direct experience in measuring physiological parameters. This study aims to identify a more effective learning method for respiratory physiology practicums by comparing the use of PhysioEx® alone with a combination of conventional practicums and PhysioEx® among medical students at Gorontalo State University. The study used a true experimental design with a pretest–posttest control group on 58 students who were randomly divided into a control group and a treatment group. Practical skills were measured using pretest and posttest multiple-choice tests. Data were analyzed descriptively and with paired t-tests, Wilcoxon tests, independent t-tests, and Mann–Whitney U tests according to the results of normality tests. Both groups showed a significant increase in scores between the pretest and posttest, indicating that both PhysioEx® alone and the combination of methods were able to improve practical skills. However, the comparison test between groups on posttest scores showed a statistically significant difference ($p < 0,05$). The combination of conventional practicum and PhysioEx® was more effective than the use of PhysioEx® alone in improving medical students' mastery of respiratory physiology practicum.

Keywords : *respiratory physiology, practicum, physioex®*

PENDAHULUAN

Ilmu biomedik merupakan cabang ilmu yang menjelaskan fenomena kehidupan berdasarkan pengetahuan dari ilmu alam (Prastiwi et al., 2023). Salah satu disiplin ilmunya adalah ilmu fisiologi yang mempelajari mekanisme kerja tubuh dalam keadaan normal dengan pendekatan dari sel ke sistem (Ariana, 2016). Fisiologi memiliki peran penting dalam kurikulum pendidikan kedokteran karena menjadi fondasi bagi pemahaman proses kerja tubuh manusia secara menyeluruh (Kurniawan et al., 2023). Pemahaman yang baik mengenai fungsi organ dan sistem organ dalam kondisi normal menjadi dasar untuk memahami patofisiologi serta perjalanan penyakit yang diperlukan untuk menghadapi fase klinis (Zante et al., 2020). Upaya untuk meningkatkan pemahaman dapat dilakukan dengan beragam strategi pembelajaran, salah satunya melalui praktikum. Praktikum memberikan kesempatan mahasiswa untuk melakukan obseervasi dan eksperimen, sehingga memberikan pengalaman mahasiswa untuk mengalami secara langsung konsep yang dipelajari serta menemukan hubungan antara teori dengan penerapannya di dunia nyata (Mulia & Murni, 2022). Salah satu materi praktikum yang penting dipelajari adalah fisiologi respirasi karena berkaitan langsung dengan fungsi vital tubuh manusia, sehingga mahasiswa perlu memahami mekanisme kerja sistem pernapasan.

Perkembangan teknologi pendidikan menghadirkan laboratorium virtual sebagai solusi pembelajaran yang efisien dan interaktif (Saleh et al., 2024). Laboratorium virtual memungkinkan mahasiswa mengamati langkah-langkah percobaan melalui representasi visual, menciptakan pengalaman seolah-olah melakukan eksperimen mandiri yang dapat diakses kapan saja dan dimana saja (Bakar et al., 2020). Salah satu bentuk laboratorium virtual adalah *PhysioEx®* yang merupakan aplikasi khusus untuk mensimulasikan berbagai proses fisiologis (Moya-Salazar, 2019). Melalui simulasi ini, mahasiswa dapat melakukan praktikum fisiologi dalam lingkungan yang terkontrol dan menyerupai kondisi nyata (Moya-Salazar, 2019). *PhysioEx®* juga memfasilitasi pelaksanaan eksperimen yang sulit dilakukan secara langsung karena keterbatasan waktu, biaya atau keamanan (Puluhulawa et al., 2024).

Penggunaan *PhysioEx®* di Fakultas Kedokteran Universitas Negeri Gorontalo telah diterapkan sebagai media utama dalam praktikum fisiologi respirasi. Meskipun demikian, hasil evaluasi menunjukkan bahwa tingkat penguasaan praktikum mahasiswa masih tergolong rendah, dengan rata-rata nilai 49,69 yang menandakan belum mencapai standar kompetensi. Hal ini mengindikasikan bahwa pembelajaran berbasis laboratorium virtual belum optimal untuk meningkatkan penguasaan praktikum mahasiswa. Meskipun laboratorium virtual memiliki berbagai keunggulan, tetapi praktikum konvensional tetap memiliki peran yang tidak dapat digantikan sepenuhnya oleh laboratorium virtual (Iqbal, 2019). Melalui praktikum konvensional, mahasiswa memperoleh pengalaman langsung dalam penggunaan alat, melakukan pengukuran fisiologis, serta berinteraksi secara kolaboratif dengan sesama praktikan. Meskipun demikian, bentuk praktikum ini tetap memiliki sejumlah keterbatasan dalam pelaksanaannya (Saleh et al., 2024). Dengan mempertimbangkan kelebihan dan kelemahan masing-masing pendekatan tersebut, kombinasi antara praktikum konvensional dan laboratorium virtual *PhysioEx®* dipandang lebih menjanjikan dibandingkan penggunaan salah satunya secara tunggal, karena mampu menyeimbangkan penguasaan konsep teoritis melalui simulasi digital dengan pengalaman langsung di laboratorium.

Berdasarkan pertimbangan tersebut, dengan membandingkan penguasaan praktikum mahasiswa yang mengikuti pembelajaran fisiologi respirasi menggunakan kombinasi metode konvensional dan *PhysioEx®* dengan metode *PhysioEx®*, penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai mana yang lebih efektif dalam menunjang penguasaan praktikum. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan evaluasi dan rekomendasi bagi pengembangan metode pembelajaran praktikum fisiologi respirasi di Fakultas Kedokteran

Universitas Negeri Gorontalo. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi metode pembelajaran praktikum fisiologi respirasi yang lebih efektif, dengan membandingkan penggunaan *PhysioEx®* saja dengan kombinasi praktikum konvensional dan *PhysioEx®* pada mahasiswa kedokteran Universitas Negeri Gorontalo.

METODE

Penelitian ini menggunakan rancangan *true experimental* dengan desain *pretest–posttest control group*, yang dilaksanakan di Fakultas Kedokteran Universitas Negeri Gorontalo pada bulan Oktober hingga Desember 2025. Populasi penelitian mencakup seluruh mahasiswa Fakultas Kedokteran tahun 2025 sebanyak 76 orang, dengan 58 mahasiswa yang memenuhi kriteria inklusi dan berpartisipasi penuh sebagai sampel penelitian. Kriteria inklusi meliputi mahasiswa aktif tahun akademik 2025 yang bersedia menjadi partisipan, belum pernah mendapatkan pelatihan atau praktik menggunakan spirometri, serta belum pernah mengikuti praktikum fisiologi respirasi dengan perangkat lunak *PhysioEx®*. Adapun kriteria eksklusi adalah mahasiswa aktif yang secara kondisi tidak memungkinkan menjadi responden atau tidak berada di lokasi saat penelitian berlangsung.

Variabel dalam penelitian ini terdiri atas variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas adalah metode pembelajaran praktikum yang dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu kelompok perlakuan yang mendapatkan kombinasi praktikum konvensional dan *PhysioEx®* serta kelompok kontrol yang hanya mengikuti praktikum menggunakan *PhysioEx®*. Variabel terikat adalah tingkat penguasaan praktikum fisiologi respirasi, yang diukur melalui skor *pretest* dan *posttest*. Instrumen penelitian yang digunakan berupa tes dalam bentuk soal pilihan ganda Google Formulir untuk mengukur penguasaan praktikum sebelum dan sesudah intervensi pada kedua kelompok. Instrumen ini memuat butir-butir soal untuk mengukur pemahaman mahasiswa mengenai volume dan kapasitas paru, mekanika pernapasan, serta parameter fungsi paru. Sebelum digunakan, instrumen diuji validitas dan reliabilitasnya pada kelompok mahasiswa yang memiliki karakteristik serupa.

Data yang diperoleh kemudian dianalisis melalui dua tahapan, yaitu analisis univariat dan bivariat. Analisis univariat digunakan untuk mendeskripsikan karakteristik responden (distribusi jenis kelamin dan umur) serta analisis nilai statistik hasil skor *pretest* dan *posttest* pada masing-masing kelompok secara terpisah. Analisis bivariat digunakan untuk menilai perbedaan dan pengaruh metode pembelajaran terhadap tingkat penguasaan praktikum. Perbedaan skor *pretest* dan *posttest* pada kelompok kontrol diuji menggunakan *paired sample t-test* dan pada kelompok perlakuan menggunakan uji *Wilcoxon*. Sedangkan perbandingan skor *pretest* antara kedua kelompok dianalisis menggunakan *independent sample t-test* dan perbandingan skor *posttest* antara kedua kelompok menggunakan uji *Mann–Whitney U*.

HASIL

Tabel 1 menyajikan karakteristik responden pada kedua kelompok penelitian, yang masing-masing berjumlah 29 responden. Pada kelompok kontrol, sebagian besar responden berjenis kelamin perempuan, yaitu 16 responden (55,2%), sedangkan responden laki-laki berjumlah 13 responden (44,8%). Sementara itu, pada kelompok perlakuan mayoritas responden adalah laki-laki sebanyak 15 responden (51,7%), dan responden perempuan berjumlah 14 responden (48,3%). Ditinjau dari segi usia, Sebagian besar responden pada kedua kelompok berusia 18 tahun, sedangkan proporsi usia 17, 19 dan 20 tahun jauh lebih kecil dibandingkan kelompok usia 18 tahun.

Tabel 1. Karakteristik Responden Kelompok Kontrol dan Perlakuan (n=29)

Jenis Kelamin	Kelompok Kontrol		Kelompok Perlakuan	
	n	%	n	%
Laki-laki	13	44,8	15	51,7
Perempuan	16	55,2	14	48,3
Umur (th)				
17	7	24,1	4	13,8
18	16	55,2	21	72,4
19	4	13,8	3	10,3
20	2	6,9	1	3,4

Tabel 2 berisi hasil analisis nilai *pretest* dan *posttest* pada kedua kelompok. Pada kelompok kontrol, rerata nilai *pretest* sebesar 48,90 yang termasuk dalam kategori kurang, kemudian meningkat menjadi 67,08 pada *posttest* dan masuk kategori cukup. Pada kelompok perlakuan, rata-rata nilai *pretest* sebesar 48,08 yang juga berada pada kategori kurang, kemudian meningkat menjadi 76,49 pada *posttest* sehingga diklasifikasikan dalam kategori baik.

Tabel 2. Analisis Nilai Statistik Hasil Pretest dan Posttest Kelompok Kontrol dan Perlakuan

Kelompok Kontrol	Nilai Pretest	Nilai Posttest
Mean	48,90	67,08
Standar Deviasi	16,19	18,24
Minimum	9,09	27,27
Maksimum	90,91	90,91
Range	81,82	63,64
Kelompok Perlakuan		
Mean	48,84	76,49
Standar Deviasi	14,29	15,07
Minimum	18,18	36,36
Maksimum	72,73	90,91
Range	54,55	54,55

Tabel 3 menyajikan distribusi kategori tingkat penguasaan praktikum pada kedua kelompok. Pada kelompok kontrol saat *pretest*, kategori penguasaan didominasi oleh kategori kurang, yaitu 22 responden (75,9%), diikuti kategori cukup sebanyak 6 responden (20,7%) dan kategori baik sebanyak 1 responden (3,4%). Pada saat *posttest* terjadi pergeseran, dengan kategori cukup menjadi yang terbanyak yaitu 11 responden (37,9%), sedangkan kategori baik dan kurang masing-masing berjumlah 9 responden (31%). Pada kelompok perlakuan, distribusi kategori saat *pretest* juga menunjukkan sebagian besar siswa berada pada kategori kurang, yaitu 21 responden (72,4%), disusul kategori cukup sebanyak 8 responden (27,6%) dan tidak terdapat responden pada kategori baik. Setelah intervensi, komposisi kategori mengalami perubahan yang jelas, dengan peningkatan pada kategori baik menjadi 16 responden (55,2%), kategori cukup sebanyak 9 responden (31%), dan kategori kurang menurun menjadi 4 responden (13,8%).

Tabel 3. Distribusi Kategori Penguasaan Praktikum Kelompok Kontrol dan Perlakuan (n=29)

Kategori Penguasaan Praktikum	Kelompok Kontrol				Kelompok Perlakuan			
	Pretest		Posttest		Pretest		Posttest	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Baik	1	3,4	9	31	0	0	16	55,2
Cukup	6	20,7	11	37,9	8	27,6	9	31
Kurang	22	75,9	9	31	21	72,4	4	13,8

Tabel 4 menyajikan perbandingan nilai *pretest* dan *posttest* pada kelompok kontrol. Rerata nilai *pretest* pada kelompok ini adalah 48,90 dan meningkat menjadi 67,08 pada saat *posttest*. Hasil analisis menggunakan uji *paired t-test* menunjukkan nilai $p = 0,001$ ($p < 0,05$), yang menandakan adanya peningkatan penguasaan praktikum yang signifikan secara statistik antara skor *pretest* dan *posttest*. Temuan ini menunjukkan bahwa pelaksanaan praktikum dengan metode laboratorium virtual *PhysioEx®* berkontribusi terhadap peningkatan nilai mahasiswa.

Tabel 4. Perbandingan Nilai Pretest dan Posttest Kelompok Kontrol

Kelompok	Kontrol	n	Rata-Rata	$\pm SD$	p-value
Pretest		29	48,90	$\pm 16,19$	0,001
Posttest		29	67,08	$\pm 18,24$	

Tabel 5 menyajikan nilai *pretest* dan *posttest* pada kelompok perlakuan. Berdasarkan hasil uji *Wilcoxon* diperoleh nilai Z sebesar -4,552 dengan *p-value* 0,001 ($p < 0,05$), yang menunjukkan adanya peningkatan penguasaan praktikum yang signifikan secara statistik antara nilai *pretest* dan *posttest* pada kelompok ini. Dengan demikian, penerapan kombinasi praktikum *PhysioEx®* dan metode konvensional terbukti memberikan pengaruh yang bermakna terhadap peningkatan nilai siswa.

Tabel 5. Perbandingan Nilai Pretest dan Posttest Kelompok Perlakuan

Kelompok	Perlakuan	n	Z	p-value
Pretest		29	-4,552	0,001
Posttest		29		

Berdasarkan tabel 6, rerata skor *pretest* pada kelompok kontrol adalah 48,90, sedangkan pada kelompok perlakuan sebesar 49,84. Hasil uji *independen sample t-test* menunjukkan nilai *p* sebesar 0,971 ($p > 0,05$), yang menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara skor *pretest* kelompok kontrol dan kelompok perlakuan. Dengan demikian, kedua kelompok dapat dianggap memiliki kemampuan awal yang relatif setara sebelum diberikan intervensi pembelajaran.

Tabel 6. Perbandingan Nilai Pretest Kelompok Kontrol dan Perlakuan

Pretest	n	Rata-Rata	$\pm SD$	p-value
Kelompok Kontrol	29	48,90	$\pm 16,19$	0,815
Kelompok Perlakuan	29	49,84	$\pm 14,29$	

Berdasarkan tabel 7, jumlah responden pada kelompok kontrol dan kelompok perlakuan masing-masing adalah 29 responden. Hasil uji *Mann-Whitney U* menunjukkan nilai Z sebesar -2,052 dengan *p-value* 0,040 ($p < 0,05$), sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara nilai *posttest* kelompok kontrol dan kelompok perlakuan. Dengan demikian, kombinasi praktikum konvensional dan *PhysioEx®* terbukti lebih efektif dibandingkan penggunaan *PhysioEx®* saja dalam meningkatkan penguasaan praktikum fisio logi respirasi mahasiswa.

Tabel 7. Perbandingan Nilai Posttest Kelompok Kontrol dan Kelompok Perlakuan

Posttest	n	Z	p-value
Kelompok Kontrol	29	-2,052	0,040
Kelompok Perlakuan	29		

PEMBAHASAN

Berdasarkan tabel 2, nilai minimum pada kelompok kontrol adalah 9,09 dan nilai maksimumnya adalah 90,91. Rentang nilai ini menunjukkan bahwa kemampuan awal

mahasiswa bersifat heterogen. Nilai rata-rata *pretest* pada kelompok ini adalah 48,90 yang berada pada kategori kurang. Hal ini sejalan dengan distribusi kategori penguasaan praktikum yang menunjukkan bahwa mayoritas mahasiswa berada pada kategori penguasaan kurang, yaitu sebesar 22 responden (75,9%). Temuan ini mengindikasikan bahwa secara umum kemampuan awal mahasiswa masih rendah, sehingga mayoritas mahasiswa belum memiliki penguasaan konsep dasar yang memadai sebelum mengikuti praktikum. Kondisi ini wajar, mengingat responden dalam penelitian ini belum pernah memperoleh pembelajaran fisiologi respirasi secara sistematis di perkuliahan, sehingga ketika diberikan soal mengenai topik tersebut mereka cenderung hanya mengandalkan pengetahuan umum biologi dasar yang masih terbatas. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Tufts & Higgins-Opitz (2025) yang melaporkan bahwa banyak mahasiswa kedokteran memasuki studi tanpa paparan fisiologi yang memadai sejak jenjang sebelumnya, sehingga dasar konsep ilmiahnya belum terbentuk dengan baik.

Setelah pelaksanaan praktikum, nilai minimum *posttest* pada kelompok kontrol menjadi 27,27 dan nilai maksimumnya tetap 90,91 dengan rata-rata 67,08 yang termasuk dalam kategori cukup. Distribusi kategori penguasaan praktikum juga bergeser, dengan penurunan jumlah mahasiswa pada kategori kurang dari 22 responden (75,9%) menjadi 9 responden (31%), peningkatan kategori cukup menjadi 11 responden (37,9%), serta kenaikan kategori baik dari 1 responden (3,4%) menjadi 9 responden (31%). Perubahan ini menunjukkan bahwa meskipun kemampuan antar mahasiswa masih bervariasi, sebagian besar telah mencapai tingkat penguasaan yang lebih tinggi dibandingkan kondisi awal. Secara inferensial, uji *paired t-test* menghasilkan nilai $p = 0,001$ ($p < 0,05$), yang menegaskan bahwa peningkatan skor *pretest* ke *posttest* pada kelompok kontrol signifikan secara statistik. Hasil ini mengindikasikan bahwa praktikum menggunakan laboratorium virtual *PhysioEx®* efektif dalam mendukung penguasaan praktikum mahasiswa. Metode laboratorium virtual *PhysioEx®* diduga efektif karena melalui simulasi dan animasi interaktif, aplikasi ini membantu memvisualisasikan perubahan parameter fisiologis, sehingga memudahkan mahasiswa dalam membangun pemahaman konseptual yang lebih mendalam. Hal ini sejalan dengan penelitian Yih et al., (2021) yang menyatakan bahwa animasi prosedural yang menyerupai kondisi nyata dapat menjembatani teori dan fenomena klinis, sehingga meningkatkan pemahaman konseptual.

Pada kelompok perlakuan, tabel 3 menunjukkan bahwa nilai minimum *pretest* adalah 18,18 dan nilai maksimum 72,73 dengan rerata 49,84 yang juga termasuk kategori kurang. Rentang nilai ini mengindikasikan variasi kemampuan awal yang cukup besar, mulai dari sangat rendah hingga cukup tinggi. Hal tersebut sejalan dengan distribusi kategori penguasaan praktikum, di mana 21 responden (72,4%) berada pada kategori kurang dan 8 responden (27,6%) pada kategori cukup, tanpa ada responden yang mencapai kategori baik. Kondisi ini mengindikasikan bahwa mayoritas mahasiswa belum memiliki penguasaan konsep dasar fisiologi respirasi yang memadai sebelum mengikuti praktikum, yang dimungkinkan karena materi tersebut belum dipelajari secara sistematis pada jenjang sebelumnya dalam konteks pendidikan kedokteran. Hal ini sejalan dengan kajian tentang pengetahuan awal oleh Widayat et al., (2019) yang menyatakan bahwa variasi pengetahuan awal sebelum pembelajaran menentukan besarnya hasil belajar.

Hasil *posttest* pada kelompok perlakuan memperlihatkan peningkatan yang lebih menonjol. Nilai minimum meningkat menjadi 36,36 dan nilai maksimum mencapai 90,91 dengan rerata 76,49 yang termasuk kategori baik. Distribusi kategori penguasaan praktikum menunjukkan bahwa 16 responden (55,2%) telah berada pada kategori baik, 9 responden (31%) pada kategori cukup, dan hanya 4 responden (13,8%) yang masih berada pada kategori kurang. Peningkatan nilai rerata dan perubahan dari dominasi kategori kurang pada *pretest* menjadi dominasi kategori baik pada *posttest*, menggambarkan perbaikan yang bermakna pada penguasaan praktikum mahasiswa. Uji perbedaan antara nilai *pretest* dan *posttest* pada kelompok perlakuan menunjukkan hasil signifikan ($p < 0,05$), sehingga kombinasi pembelajaran

konvensional dan *PhysioEx®* dinyatakan efektif dalam meningkatkan penguasaan praktikum fisiologi respirasi. Peningkatan ini dapat dikaitkan dengan kombinasi pembelajaran konvensional dan *PhysioEx®* yang dipandang saling melengkapi dalam membangun pemahaman konseptual mahasiswa. Praktikum konvensional memberikan pengalaman langsung dalam mengamati alat, prosedur, serta kondisi biologis nyata, sedangkan laboratorium virtual memungkinkan eksplorasi berulang, dan visualisasi proses yang sulit diamati secara langsung. Sejalan dengan hal tersebut, Flegr et al., (2023) melaporkan bahwa penggabungan eksperimen nyata dan virtual dapat membantu mengintegrasikan teori dan praktik pada topik yang sama, sehingga mendorong terbentuknya pemahaman konseptual yang lebih mendalam.

Perbandingan kemampuan awal kedua kelompok menunjukkan bahwa kondisi awal relatif setara. Berdasarkan Tabel 6, rerata skor *pretest* kelompok kontrol adalah 48,90 dan kelompok perlakuan 49,84, keduanya berada pada kategori kurang. Uji *independent sample t-test* menghasilkan *p-value* 0,815 ($p > 0,05$), yang menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan antara skor *pretest* kedua kelompok. Secara deskriptif, distribusi kategori penguasaan juga serupa, pada kelompok kontrol terdapat 1 responden (3,4%) dalam kategori baik, 6 responden (20,7%) kategori cukup, dan 22 responden (75,9%) kategori kurang, sedangkan pada kelompok perlakuan tidak ada responden pada kategori baik, 8 responden (27,6%) kategori cukup, dan 21 responden (72,4%) kategori kurang. Kesamaan pola ini menunjukkan bahwa kedua kelompok sama-sama belum memiliki pengetahuan awal yang memadai sehingga dapat dikatakan keduanya memiliki kemampuan yang relatif setara.

Setelah intervensi, kedua kelompok sama-sama menunjukkan peningkatan, tetapi dengan derajat peningkatan yang berbeda. Pada kelompok kontrol, rerata nilai *posttest* meningkat menjadi 67,08 dan berada pada kategori cukup, dengan 9 responden (31%) mencapai kategori baik, 11 responden (37,9%) kategori cukup, dan 9 responden (31%) masih dalam kategori kurang. Sebaliknya, kelompok perlakuan menunjukkan peningkatan yang lebih besar, dengan rerata nilai *posttest* 76,49 yang tergolong kategori baik, dengan 16 responden (55,2%) kategori baik, 9 responden (31%) kategori cukup, dan hanya 4 responden (13,8%) kategori kurang. Perbedaan ini selaras dengan hasil uji *Mann–Whitney U* yang menghasilkan *p-value* 0,040 ($p < 0,05$), menunjukkan adanya perbedaan signifikan secara statistik antara nilai *posttest* kelompok kontrol dan perlakuan. Dengan demikian, kombinasi pembelajaran konvensional dan *PhysioEx®* dapat disimpulkan lebih efektif dibandingkan penggunaan *PhysioEx®* saja dalam meningkatkan penguasaan praktikum fisiologi respirasi.

Efektivitas yang lebih tinggi pada kelompok perlakuan dapat dipahami dari sudut pandang desain pembelajaran. Sesi pembelajaran konvensional yang mendahului penggunaan *PhysioEx®* memberikan landasan awal berupa penjelasan konsep dan demonstrasi prosedur praktikum dengan bahasa yang familiar bagi mahasiswa. Pada tahap ini, mahasiswa terlebih dahulu memahami alur pemeriksaan, istilah penting, serta makna parameter respirasi yang diukur sebelum berhadapan dengan *PhysioEx®* yang sepenuhnya menggunakan bahasa Inggris dan istilah teknis. Bekal ini membuat mahasiswa pada kelompok perlakuan tidak terlalu terbebani oleh kesulitan memahami instruksi dan terminologi ketika memasuki praktikum virtual, sehingga mereka dapat lebih fokus pada eksplorasi fenomena fisiologis yang disimulasikan dan mengaitkannya dengan konsep yang telah dipelajari.

Selain itu, pada sesi konvensional mentor juga memberikan penjelasan awal yang diikuti penggunaan spirometri untuk mengilustrasikan mekanisme pernapasan, pengukuran volume dan kapasitas paru. Pada tahap ini mahasiswa memperoleh pemahaman awal mengenai bagaimana perubahan volume rongga dada dan paru serta berbagai parameter respirasi yang diukur. Dengan demikian, ketika mahasiswa memasuki sesi praktikum virtual menggunakan *PhysioEx®*, mereka sudah memiliki kerangka konseptual mengenai mekanisme kerja paru-paru dan perubahan volume yang terjadi, sehingga visualiasi paru-paru, gerakan inspirasi-ekspirasi dan perubahan volume pada *PhysioEx®* tidak lagi muncul sebagai materi yang sepenuhnya baru,

melainkan sebagai representasi digital yang memperkaya dan memperjelas konsep yang sebelumnya telah dipahami.

Pola pembelajaran kombinasi ini pada akhirnya memungkinkan mahasiswa mencapai tingkat penguasaan praktikum yang lebih tinggi dibandingkan jika mereka hanya berlatih menggunakan *PhysioEx®* saja. Kecenderungan tersebut sejalan dengan hasil temuan Wörner & Scheiter (2022) yang menunjukkan bahwa kombinasi eksperimen nyata dan virtual lebih efektif dalam meningkatkan pemahaman konseptual dibandingkan penggunaan salah satu jenis eksperimen saja. Temuan tersebut mendukung hasil penelitian ini bahwa integrasi praktikum konvensional dengan *PhysioEx®* memberikan keunggulan dibandingkan penggunaan praktikum virtual secara tunggal. Namun, penelitian ini tidak lepas dari sejumlah keterbatasan. Waktu pelaksanaan praktikum yang relatif terbatas menyebabkan kesempatan mahasiswa untuk eksplorasi mandiri dan mengulang prosedur secara optimal menjadi terbatas. Selain itu, seluruh tampilan dan instruksi pada aplikasi *PhysioEx®* menggunakan bahasa Inggris, sementara kemampuan bahasa Inggris mahasiswa bervariasi, sehingga bagi sebagian mahasiswa hal tersebut berpotensi menjadi hambatan tambahan dalam memahami langkah kerja praktikum.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa kedua metode pembelajaran yang digunakan, yaitu praktikum menggunakan *PhysioEx®* maupun kombinasi praktikum konvensional dan *PhysioEx®*, sama-sama mampu meningkatkan penguasaan praktikum fisiologi respirasi mahasiswa secara signifikan dibandingkan kemampuan awal mereka. Namun peningkatan yang dicapai pada kelompok yang memperoleh kombinasi metode konvensional dan *PhysioEx®* lebih besar dibandingkan kelompok yang hanya menggunakan *PhysioEx®* saja, yang tercermin dari perbedaan yang bermakna secara statistik antara kedua kelompok. Dengan demikian, kombinasi praktikum konvensional dan *PhysioEx®* lebih efektif dalam menunjang penguasaan praktikum fisiologi respirasi mahasiswa Fakultas kedokteran Universitas Negeri Gorontalo dan dapat dipertimbangkan sebagai model pembelajaran praktikum.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan apresiasi dan ucapan terimakasih yang tulus kepada Universitas Negeri Gorontalo atas dukungan institusional, ketersediaan fasilitas penelitian, serta atmosfer akademik yang inspiratif selama proses penyusunan karya ilmiah ini. Ucapan terimakasih juga ditujukan kepada segenap jajaran pimpinan dan staf pengajar yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta motivasi yang sangat berharga bagi penulis. Semoga Universitas Negeri Gorontalo terus konsisten dalam mencetak lulusan yang unggul, berdaya saing, dan memberikan kontribusi nyata bagi kemajuan ilmu pengetahuan dan pengabdian masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariana, R. (2016). *Introduction to human physiology* (International ed., pp. 1–23).
- Bakar, A., Haryanto, H., Afrida, A., & Sanova, A. (2020). Implementasi pembelajaran sains kimia berbasis eksperimen menggunakan aplikasi virtual lab authoring tool ChemCollective. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Pinang Masak*, 1(2), 40–47
- Flegr, S., Kuhn, J., & Scheiter, K. (2023). When the whole is greater than the sum of its parts: Combining real and virtual experiments in science education. *Computers & Education*, 197, 104745. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104745>
- Iqbal, T. (2019). Doctors' training in a medical physiology laboratory. *15*(3), 1–2.
- Kurniawan, A. M., Maulana, N. M., Argarini, R., Putri, E. A. C., & Rimbuun, D. (2023).

- Physiology education in the Indonesian medical curriculum: Current progress and future perspective. *International Journal of Research Publications*, 140(1), 206–213.
- Moya-Salazar, J. (2019). Limitations and perspectives of the physiology laboratory PhysioEx V9.1 during single-center Peruvian medical education. 4, 1–6.
- Mulia, S., & Murni, S. (2022). Implikasi pembelajaran praktikum ilmu pengetahuan alam dalam kemajuan kognitif siswa. *SEARCH: Science Education Research Journal*, 1(1), 1. <https://ejurnal.iainsorong.ac.id/index.php/jaser>
- Prastiwi, D., Lestari, W., Utami, R. T., Rinarto, N. D., Chabibah, N., Fitriyani, N. L., et al. (2023). *Pengantar biomedik: Panduan komprehensif* (Vol. 1, pp. 1–23).
- Puluhulawa, T. G., Pateda, S. M., Abbas, J. N. I., & Paramata, N. R. (2024). The efficiency of utilizing the PhysioEx® application through e-learning among students in the field of health at Universitas Negeri Gorontalo. 3, 62–72.
- Saleh, F. M., Riandi, R., & Surtikanti, H. K. (2024). Laboratorium konvensional vs laboratorium virtual dalam efektivitas dan motivasi pembelajaran biologi: Studi literatur. *Jurnal Jeumpa*, 11(1), 13–24.
- Tufts, M. A., & Higgins-Opitz, S. B. (2025). What makes the learning of physiology in a PBL medical curriculum challenging? Student perceptions. 187–195.
- Widayat, E., Ardianik, & Kadar, S. (2019). Indeks prestasi mahasiswa Prodi Pendidikan Matematika FKIP Universitas Dr. Soetomo ditinjau dari asal daerah. 4(2), 147–162.
- Wörner, S., & Scheiter, K. (2022). The best of two worlds: A systematic review on combining real and virtual experiments in science education. 92(6), 911–952.
- Yih, Y., Hui, K., Er, M., & Devi, V. (2021). An analysis of health science students' preparedness and perception of interactive virtual laboratory simulation. *Medical Science Educator*, 1919–1929. <https://doi.org/10.1007/s40670-021-01364-1>
- Zante, B., Hautz, W. E., & Schefold, J. C. (2020). Physiology education for intensive care medicine residents: A 15-minute interactive peer-led flipped classroom session. *PLoS ONE*, 15(1), 1–12.