Jurnal Sport Science
Vol. 16, No.1.2026, 60–67
DOI: 10.17977/um057v16 i1p60-67
ISSN: 2620-4681 (online), ISSN: 1907-5111 (print)

Efektivitas *Diaphragmatic Breathing Exercise* terhadap Peningkatan Fungsi Paru pada Mahasiswa Perokok Aktif Berdasarkan Pemeriksaan Spirometri

Ali Multazam*
Departemen Fisioterapi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Malang – Kota Malang, Indonesia
*Penulis korespondensi, alimultazam@umm.ac.id, +6285255549895

Zidni Imanurrohmah Lubis
Departemen Fisioterapi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Malang – Kota Malang, Indonesia

Apliana Rambu Dulu Mosa
Departemen Fisioterapi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Malang – Kota Malang, Indonesia

Nur Syifa Sulistia
Departemen Fisioterapi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Malang – Kota Malang, Indonesia

Seizila Neya Yasyfa
Departemen Fisioterapi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Malang – Kota Malang, Indonesia

Abstract

Background: *Smoking is a major global health problem causing progressive lung function deterioration. Diaphragmatic Breathing Exercise (DBE) is a non-pharmacological technique targeting optimal diaphragm contraction to improve respiratory capacity.* ***Objective:*** *To analyze the effect of DBE on improving lung function in active smoker students in Malang City.* ***Methods:*** *Quasi-experimental, one group pre-test post-test design. Seventy-six respondents aged 18–25 years with a minimum active smoking history of 1 year were selected via purposive sampling. Lung function was assessed using spirometry (VC, PEF, FEV1). Intervention: daily DBE for 3 weeks. Data analyzed using Wilcoxon Signed Ranks Test.* ***Results:*** *Significant improvements observed in VC (2.85 to 3.12 L), PEF (342 to 389 L/min), and FEV1 (2.31 to 2.67 L), all p=0.000 with large effect sizes (r=0.68–0.73).* ***Conclusion:*** *DBE significantly improves lung function in active smoker students and is recommended as an effective cardiorespiratory physiotherapy intervention.*

Keywords: *diaphragmatic breathing exercise; lung function; active smokers; spirometry; peak expiratory flow*

Abstrak

Latar Belakang: Merokok merupakan masalah kesehatan global yang menyebabkan penurunan fungsi paru secara progresif. Diaphragmatic Breathing Exercise (DBE) merupakan teknik non-farmakologis yang mengoptimalkan kontraksi diafragma untuk meningkatkan kapasitas pernapasan. **Tujuan:** Menganalisis pengaruh DBE terhadap peningkatan fungsi paru pada mahasiswa perokok aktif di Kota Malang. **Metode:** Quasi-experimental, one group pre-test post-test design. Tujuh puluh enam responden berusia 18–25 tahun dengan riwayat merokok aktif minimal 1 tahun dipilih dengan purposive sampling. Fungsi paru diukur dengan spirometri (VC, APE, FEV1). Intervensi: DBE harian selama 3 minggu.

Analisis data: Wilcoxon Signed Ranks Test. **Hasil:** Peningkatan signifikan pada VC (2,85 menjadi 3,12 L), APE (342 menjadi 389 L/menit), dan FEV1 (2,31 menjadi 2,67 L), seluruhnya p=0,000 dengan effect size besar (r=0,68–0,73). **Kesimpulan:** DBE secara signifikan meningkatkan fungsi paru mahasiswa perokok aktif dan direkomendasikan sebagai intervensi fisioterapi kardiorespirasi yang efektif.

Kata kunci: diaphragmatic breathing exercise; fungsi paru; perokok aktif; spirometri; arus puncak ekspirasi

PENDAHULUAN

Kebiasaan merokok telah lama menjadi fenomena yang lazim di tengah masyarakat Indonesia dan kini berkembang menjadi persoalan kesehatan publik yang amat mengkhawatirkan. Dalam skala global, Indonesia tercatat sebagai negara dengan jumlah perokok terbanyak ketiga di dunia, hanya berada di bawah China dan India. Yang lebih memprihatinkan, sebagian besar perokok di Indonesia—hampir 70%—telah mulai merokok sebelum mencapai usia 19 tahun (Suryawati & Gani, 2022). World Health Organization (WHO) memperkirakan bahwa konsumsi rokok bertanggung jawab atas kematian sekitar enam juta jiwa setiap tahunnya di tingkat global, sementara di Indonesia angka tersebut diterjemahkan menjadi sekitar 200.000 kematian per tahun yang disebabkan oleh berbagai penyakit akibat rokok.

Salah satu dampak paling signifikan dari kebiasaan merokok adalah terjadinya penurunan fungsi paru yang berlangsung secara bertahap dan terus-menerus. Berbagai zat berbahaya yang terkandung dalam rokok—di antaranya tar, nikotin, karbon monoksida, serta ribuan komponen kimia beracun lainnya—memicu serangkaian kerusakan pada sistem pernapasan, mulai dari rusaknya lapisan epitel saluran napas, bertambahnya jumlah sel goblet secara berlebihan, pembengkakan pada lapisan submukosa, hancurnya struktur alveolus, masuknya sel-sel peradangan ke jaringan paru, hingga terbentuknya jaringan parut (fibrosis) di sepanjang saluran napas. Akibatnya, saluran pernapasan mengalami penyempitan yang secara langsung berdampak pada penurunan nilai kapasitas vital paru (VC), arus puncak ekspirasi (APE/PEF), maupun volume ekspirasi paksa dalam satu detik (FEV1) (Gao et al., 2024; Jaakkola et al., 2019). Tingkat penurunan FEV1 pada perokok aktif terbilang jauh lebih cepat, yakni melebihi 50 mililiter per tahun, bila dibandingkan dengan individu yang tidak merokok yang rata-rata hanya mengalami penurunan sekitar 20 mililiter per tahun (Afrian, 2023).

Tingginya angka perokok di kalangan mahasiswa menjadi isu yang patut mendapat perhatian serius, mengingat kelompok usia ini masih berada dalam tahap pertumbuhan dan perkembangan paru yang belum sepenuhnya sempurna. Berbagai penelitian mengungkapkan bahwa individu yang mulai merokok sebelum usia 20 tahun cenderung mengalami gangguan fungsi paru yang lebih parah dibandingkan mereka yang baru mulai merokok pada usia dewasa, sebab pada usia tersebut paru-paru belum berhasil mencapai kapasitas optimalnya. Di samping faktor biologis tersebut, sejumlah faktor sosial juga turut mendorong perilaku merokok di lingkungan perguruan tinggi, antara lain adanya tekanan dari teman sebaya, keinginan untuk membentuk atau mempertahankan citra diri tertentu, serta mudahnya akses terhadap rokok di sekitar kawasan kampus (Suryawati & Gani, 2022).

Penelitian mengenai fungsi paru pada populasi mahasiswa perokok aktif secara khusus masih relatif terbatas dibandingkan penelitian pada perokok dewasa umum atau pasien dengan penyakit paru terdiagnosis. Studi-studi yang telah ada juga menunjukkan hasil yang belum sepenuhnya konsisten: sebagian melaporkan penurunan fungsi paru yang jelas pada mahasiswa perokok dibandingkan bukan perokok, sementara sebagian lain menemukan perbedaan yang tidak selalu bermakna secara statistik, kemungkinan karena durasi merokok yang masih relatif singkat pada kelompok usia mahasiswa serta perbedaan intensitas merokok antar penelitian (Gao et al., 2024; Jaakkola et al., 2019). Inkonsistensi ini menegaskan perlunya kajian intervensi non-farmakologis, seperti DBE, yang dilakukan secara spesifik pada populasi mahasiswa perokok aktif dengan pengukuran multi-parameter, sebagaimana dilakukan pada penelitian ini.

Di antara berbagai pendekatan terapi tanpa obat yang tersedia, diaphragmatic breathing exercise (DBE) muncul sebagai salah satu alternatif yang menjanjikan untuk membantu

memulihkan fungsi paru. Teknik pernapasan ini bekerja dengan mengoptimalkan aktivasi otot diafragma, sehingga kapasitas rongga toraks saat proses inspirasi dapat meningkat, pengembangan paru menjadi lebih maksimal, pertukaran gas di tingkat alveoli berjalan lebih lancar, dan otot-otot yang berperan dalam ekspirasi menjadi lebih kuat (Hamasaki, 2020). Sejumlah studi terdahulu telah berhasil membuktikan efektivitas DBE dalam meningkatkan fungsi pernapasan pada pasien dengan kondisi asma maupun penyakit paru obstruktif kronik (PPOK) (Barangkau, Nuryulia, Fatmawati, & Yammar, 2023; Kartikasari, Jenie, & Primanda, 2019). Meski demikian, data empiris mengenai manfaat DBE secara spesifik pada kelompok perokok aktif yang secara klinis belum didiagnosis menderita penyakit paru tertentu masih sangat minim dan memerlukan kajian lebih lanjut.

Kebaruan penelitian ini terletak pada tiga aspek: (1) penggunaan DBE secara spesifik—bukan latihan pernapasan jenis lain seperti deep breathing atau teknik Buteyko—pada populasi mahasiswa perokok aktif; (2) pengukuran multi-parameter fungsi paru (VC, APE/PEF, FEV1, dan rasio FEV1/FVC) secara bersamaan menggunakan spirometri; dan (3) fokus pada populasi perokok muda berusia 18–25 tahun. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pemberian diaphragmatic breathing exercise terhadap peningkatan fungsi paru pada mahasiswa perokok aktif di Kota Malang, yang dievaluasi melalui empat parameter spirometri, yaitu kapasitas vital paru (VC), arus puncak ekspirasi (APE/PEF), forced expiratory volume in one second (FEV1), dan rasio FEV1/FVC. Hipotesis penelitian ini dirumuskan sebagai berikut: H0, tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada nilai VC, APE/PEF, FEV1, dan rasio FEV1/FVC antara sebelum dan sesudah pemberian DBE; H1, terdapat perbedaan yang signifikan pada nilai VC, APE/PEF, FEV1, dan rasio FEV1/FVC antara sebelum dan sesudah pemberian DBE.

METODE

Desain dan Subjek Penelitian

Penelitian ini merupakan quasi-experimental study dengan pendekatan one-group pretest-posttest design, yaitu seluruh responden diukur fungsi parunya sebelum dan sesudah menjalani intervensi DBE tanpa adanya kelompok pembanding (kontrol). Desain ini dipilih karena pertimbangan kelayakan pelaksanaan (feasibility), yaitu keterbatasan jumlah populasi mahasiswa perokok aktif yang memenuhi kriteria di lokasi penelitian serta pertimbangan etis untuk tidak menunda pemberian intervensi pada kelompok yang berpotensi mendapat manfaat, mengingat DBE merupakan teknik non-invasif dengan risiko minimal. Peneliti menyadari bahwa desain tanpa kelompok kontrol ini memiliki keterbatasan metodologis, antara lain potensi bias akibat efek waktu (maturation), efek pengukuran berulang (testing effect), serta regresi ke rerata (regression to the mean), sehingga perubahan yang teramati tidak dapat sepenuhnya diatribusikan secara kausal hanya pada intervensi DBE. Penelitian dilaksanakan di Kota Malang. Populasi penelitian adalah mahasiswa penghuni asrama yang merupakan perokok aktif, baik pengguna rokok konvensional maupun elektrik (vape). Responden dipilih dengan metode purposive sampling. Karakteristik responden yang dicatat pada penelitian ini meliputi indeks massa tubuh (IMT), lama merokok, dan jumlah batang rokok per hari, karena ketiga variabel tersebut berpotensi memengaruhi fungsi paru. Rentang usia responden dibatasi 18–25 tahun sesuai kriteria inklusi; data usia spesifik per-individu dan tingkat aktivitas fisik tidak dicatat secara terpisah dalam basis data penelitian ini sehingga tidak dapat dianalisis lebih lanjut, dan hal ini diakui sebagai keterbatasan penelitian. Kriteria inklusi meliputi: mahasiswa aktif berusia 18–25 tahun, perokok aktif dengan riwayat merokok minimal 1 tahun, mampu mengikuti instruksi pernapasan, dan tidak sedang dalam pengobatan penyakit paru. Kriteria eksklusi meliputi: riwayat asma atau PPOK terdiagnosis, infeksi saluran napas akut dalam 2 minggu terakhir, dan menolak menandatangani informed consent. Total responden yang memenuhi kriteria berjumlah 76 orang. Sebelum pengambilan data, seluruh calon responden menerima penjelasan tertulis dan lisan mengenai tujuan, prosedur, manfaat, serta hak untuk mengundurkan diri dari penelitian tanpa konsekuensi apa pun, dan selanjutnya menandatangani lembar informed consent secara sukarela. Penelitian ini telah memperoleh persetujuan etik (ethical

clearance) dari Komite Etik Penelitian Kesehatan Universitas Muhammadiyah Malang dengan Nomor: E.4.d/239/KEPK/FIKES-UMM/XII/2025

Prosedur Intervensi DBE

Intervensi DBE diberikan setiap hari selama 3 minggu (21 sesi) dengan durasi 20–30 menit per sesi. Sebelum pelaksanaan, setiap responden mendapatkan demonstrasi dan penjelasan teknis dari fisioterapis terlatih. Prosedur standar DBE: (1) posisi terlentang atau duduk tegak nyaman; (2) satu tangan di atas dada, satu tangan di atas perut; (3) inspirasi perlahan melalui hidung selama 4 detik—perut mengembang, dada relatif diam; (4) tahan napas 2 detik; (5) ekspirasi perlahan melalui mulut selama 6 detik sambil mengontraksikan otot abdomen; (6) ulangi 10–15 repetisi per sesi. Kepatuhan responden dipantau melalui lembar monitoring harian yang diisi oleh peneliti dan responden.

Pengukuran Fungsi Paru

Pengukuran fungsi paru dilakukan menggunakan spirometri digital Contec SP 10 sebelum (pre-test) dan sesudah (post-test) intervensi. Alat dikalibrasi sesuai prosedur standar dari produsen sebelum digunakan pada setiap sesi pengukuran untuk menjamin keakuratan hasil. Parameter yang diukur meliputi: kapasitas vital paru (VC, L), arus puncak ekspirasi (APE/PEF, L/menit), dan forced expiratory volume in one second (FEV1, L), serta rasio FEV1/FVC (%). Prosedur pengukuran mengikuti kriteria akseptabilitas dan repeatabilitas sebagaimana direkomendasikan dalam pedoman American Thoracic Society (ATS)/European Respiratory Society (ERS) 2019 untuk uji fungsi paru. Setiap responden melakukan tiga kali pengukuran dan diambil nilai terbaik sesuai standar American Thoracic Society (ATS)/European Respiratory Society (ERS).

Analisis Data

Data diolah menggunakan SPSS versi 23. Statistik deskriptif digunakan untuk menggambarkan karakteristik responden. Uji normalitas dilakukan dengan Shapiro-Wilk. Karena distribusi data tidak normal, perbedaan pre-test dan post-test dianalisis menggunakan Wilcoxon Signed Ranks Test ($p<0,05$). Effect size dihitung dengan rumus $r = Z/\sqrt{N}$ untuk mengukur besaran efek intervensi. Penelitian ini telah mendapatkan persetujuan etik dari Komite Etik Penelitian Kesehatan Universitas Muhammadiyah Malang.

HASIL

Karakteristik Responden

Penelitian ini melibatkan 76 mahasiswa perokok aktif sebagai responden. Tabel 1 menyajikan distribusi karakteristik responden berdasarkan indeks massa tubuh, lama merokok, dan jumlah batang rokok per hari.

Tabel 1. Karakteristik Responden Penelitian

Karakteristik	Kategori	n	%
Indeks Massa Tubuh	Kurang (<18,5)	11	14,5
	Normal (18,5–22,9)	27	35,5
	Berlebih (23–29,9)	28	36,8
	Obesitas (>30)	10	13,2
Lama Merokok	Ringan (<5 tahun)	40	52,6
	Sedang (5–10 tahun)	36	47,4
Jumlah Rokok/hari	Ringan (<10 batang)	60	78,9
	Sedang (10–20 batang)	15	19,7
	Berat (>20 batang)	1	1,3

Rerata ± SD: Indeks Massa Tubuh 24,3 ± 6,0 kg/m² (rentang 15,8–43,5); Lama Merokok 5,5 ± 2,5 tahun (rentang 1–10); Jumlah Batang Rokok/hari 7,6 ± 4,5 batang (rentang 2–24

Sumber: Data Primer, 2024–2025

Berdasarkan Tabel 1, distribusi IMT responden menunjukkan bahwa mayoritas berada dalam kategori berat badan berlebih (36,8%) dan normal (35,5%), sementara kelompok obesitas dan berat badan kurang masing-masing berkontribusi 13,2% dan 14,5%. Dari sisi lama merokok, sebagian besar responden (52,6%) termasuk kategori ringan dengan lama merokok kurang dari 5 tahun, sedangkan sisanya (47,4%) tergolong sedang dengan lama merokok 5–10 tahun. Tidak terdapat responden dengan riwayat merokok lebih dari 10 tahun, yang konsisten dengan karakteristik usia mahasiswa yang relatif muda. Berdasarkan jumlah batang rokok per hari, dominasi kategori ringan (<10 batang/hari) sebesar 78,9% mengindikasikan bahwa populasi sampel cenderung merupakan perokok ringan hingga sedang yang secara klinis belum menunjukkan gejala penyakit paru yang nyata, namun sudah memiliki risiko penurunan fungsi paru yang terukur secara spirometri. Secara kuantitatif, rerata IMT responden adalah 24,3 ± 6,0 kg/m², rerata lama merokok 5,5 ± 2,5 tahun, dan rerata jumlah rokok yang dikonsumsi 7,6 ± 4,5 batang per hari, yang menegaskan bahwa secara umum responden merupakan perokok ringan-sedang dengan IMT rerata pada kategori berlebih

Hasil Uji Pengaruh DBE terhadap Fungsi Paru

Tabel 2 menyajikan hasil uji perbandingan nilai fungsi paru sebelum dan sesudah intervensi DBE selama 3 minggu, beserta besar efek intervensi.

Tabel 2. Perbandingan Nilai Fungsi Paru Pre-test dan Post-test

Parameter Fungsi Paru	n	Pre-test (rerata)	Post-test (rerata)	p-value
Kapasitas Vital Paru / VC (L)	76	2,85 ± 0,42	3,12 ± 0,38	0,000*
Arus Puncak Ekspirasi / PEF (L/menit)	76	342 ± 68	389 ± 71	0,000*
FEV1 (L)	76	2,31 ± 0,51	2,67 ± 0,48	0,000*
Rasio FEV1/FVC (%)	76	81,2 ± 6,8	85,6 ± 5,9	0,000*

Selisih rerata (mean difference) pre-post: VC +0,27 L; APE/PEF +47 L/menit; FEV1 +0,36 L; rasio FEV1/FVC +4,4%. Interval kepercayaan 95% untuk selisih median tidak dihitung karena analisis menggunakan uji non-parametrik (Wilcoxon Signed Ranks Test) berbasis data berpasangan yang tidak berdistribusi normal; sebagai gantinya, besar efek (effect size r) dilaporkan sebagai ukuran kekuatan pengaruh.

*Signifikan pada p<0,05; Uji: Wilcoxon Signed Ranks Test; mean ± SD

Hasil pada Tabel 2 menunjukkan bahwa seluruh parameter fungsi paru mengalami peningkatan bermakna setelah intervensi DBE. VC meningkat dari rerata 2,85±0,42 L menjadi 3,12±0,38 L. APE/PEF meningkat dari rerata 342±68 L/menit menjadi 389±71 L/menit. FEV1 meningkat dari rerata 2,31±0,51 L menjadi 2,67±0,48 L. Rasio FEV1/FVC juga meningkat dari 81,2±6,8% menjadi 85,6±5,9%. Seluruh nilai p=0,000 (<0,05), sehingga H1 diterima dan dapat disimpulkan terdapat pengaruh signifikan DBE terhadap peningkatan seluruh parameter fungsi paru pada mahasiswa perokok aktif di Kota Malang.

PEMBAHASAN

Secara praktis, temuan ini membuka peluang penerapan DBE sebagai program promotif dan preventif kesehatan paru di lingkungan kampus. DBE dapat diintegrasikan ke dalam program layanan kesehatan mahasiswa, misalnya melalui sesi pelatihan singkat terjadwal yang difasilitasi unit kesehatan/klinik fisioterapi kampus, modul edukasi berhenti merokok, atau kegiatan kelompok sebaya (peer-led session) yang dipandu mahasiswa terlatih. Karena DBE tidak memerlukan alat khusus, berbiaya rendah, dan dapat dipelajari secara mandiri setelah demonstrasi awal, program ini berpotensi diterapkan secara luas dan berkelanjutan sebagai bagian dari upaya mitigasi dampak merokok pada fungsi paru mahasiswa, sembari tetap mendorong penghentian kebiasaan merokok itu sendiri sebagai intervensi utama

Mekanisme DBE terhadap Kapasitas Vital Paru (VC)

Peningkatan signifikan VC dari 2,85 L menjadi 3,12 L (peningkatan 9,5%) setelah 3 minggu intervensi DBE menunjukkan efek positif yang nyata terhadap kemampuan ekspansi dan kontraksi total sistem pernapasan. Kapasitas vital paru merupakan resultan dari volume cadangan inspirasi, volume tidal, dan volume cadangan ekspirasi, yang seluruhnya dipengaruhi oleh kekuatan dan efisiensi otot pernapasan, terutama diafragma (Rusmanto, Lardika, & Gazali, 2020).

Diaphragmatic breathing exercise melatih diafragma untuk berkontraksi lebih dalam dan efisien. Pada saat inspirasi, kontraksi diafragma yang lebih penuh menyebabkan volume rongga toraks membesar lebih signifikan, tekanan intrapleura turun lebih dalam, dan paru mengembang lebih luas—sehingga udara dapat masuk dalam volume yang lebih besar. Pada fase ekspirasi, kontraksi aktif otot abdomen yang dilatih melalui DBE membantu mengurangi volume residu udara di dalam paru, sehingga kapasitas untuk menampung udara segar pada siklus napas berikutnya menjadi lebih besar (Nohantara, Parwata, Pramita, & Sena, 2021).

Pada perokok aktif, paparan kronik zat toksik rokok menyebabkan inflamasi dan remodeling jalan napas yang mengurangi elastisitas paru. DBE yang dilakukan secara rutin mampu mengkompensasi kondisi ini dengan meningkatkan kekuatan otot-otot respirasi dan memaksimalkan pengembangan paru yang masih dapat dicapai. Hasil ini sejalan dengan penelitian Nohantara et al. (2021) yang menemukan peningkatan VC signifikan pada atlet taekwondo setelah DBE, serta penelitian Mayuni, Kamayani, & Puspita (2015) pada pasien asma. Penelitian ini memperluas bukti tersebut ke populasi perokok aktif yang sebelumnya belum banyak diteliti.

Mekanisme DBE terhadap Arus Puncak Ekspirasi (APE/PEF)

APE/PEF merupakan aliran udara tertinggi yang dicapai selama ekspirasi paksa maksimal dan mencerminkan patensi serta diameter saluran napas besar. Nilai normal APE pada laki-laki adalah 500–700 L/menit dan pada perempuan 380–500 L/menit. Pada perokok aktif, iritasi kronik asap rokok menyebabkan hipersekresi mukus, hipertrofi otot polos bronkus, dan edema mukosa, yang berujung pada penyempitan lumen saluran napas dan penurunan nilai APE (Maharani, Imron, & Fatmawati, 2026; Rusmini, Rafie, Sinaga, & Komara, 2020).

Peningkatan APE dari 342 menjadi 389 L/menit (peningkatan 13,7%) dalam penelitian ini terjadi melalui beberapa mekanisme. Pertama, penguatan otot ekspirasi—terutama otot interkostal internal dan otot abdomen—memungkinkan pengeluaran udara yang lebih cepat dan kuat. Kedua, berkurangnya air trapping (udara terperangkap) meningkatkan volume paru sebelum ekspirasi paksa, sehingga aliran yang dapat dihasilkan lebih besar. Ketiga, peningkatan ventilasi alveolar melalui DBE meningkatkan perfusi paru dan mengoptimalkan pertukaran gas, yang secara tidak langsung memperbaiki fungsi otot pernapasan (Kartikasari et al., 2019; Pangestuti, Murtaqib, & Widayati, 2015; Slamet, Multazam, & Lubis, 2024).

Temuan ini konsisten dengan penelitian Kartikasari et al. (2019) yang melaporkan peningkatan APE signifikan pada pasien asma setelah latihan pernapasan diafragma. Dusturia, Setiawati, & Hendrianingtyas (2019) juga menemukan peningkatan APE pada perokok aktif setelah intervensi latihan pernapasan, meskipun menggunakan teknik deep breathing yang berbeda. Perbedaan mekanisme antara DBE dan deep breathing terletak pada penekanan kontraksi aktif diafragma pada DBE, yang menghasilkan ekspansi paru yang lebih targeted dan efisien dibandingkan deep breathing yang bersifat lebih pasif.

Mekanisme DBE terhadap FEV1 dan Rasio FEV1/FVC

FEV1 adalah volume udara yang dapat dikeluarkan secara paksa dalam satu detik pertama setelah inspirasi maksimal, dan merupakan prediktor kuat untuk mortalitas dan morbiditas penyakit paru. Perlu ditegaskan bahwa penjelasan mekanisme fisiologis pada bagian Pembahasan ini—baik untuk VC, APE/PEF, maupun FEV1—merupakan interpretasi berdasarkan kajian literatur mengenai fisiologi pernapasan dan bukan hasil pengukuran langsung dari penelitian ini, karena desain penelitian tidak mencakup pengukuran variabel

mekanistik seperti tekanan intrapleura, aktivitas elektromiografi otot diafragma, atau volume residu secara spesifik. Rasio FEV1/FVC yang normal adalah >70%; nilai di bawah ambang ini mengindikasikan obstruksi saluran napas. Pada penelitian ini, nilai awal FEV1/FVC rata-rata sebesar 81,2%—masih dalam batas normal—mengonfirmasi bahwa responden belum mengalami obstruksi klinis, namun tren penurunan sudah dapat terdeteksi (Nuari, 2023). Karena nilai rerata FEV1/FVC responden sejak awal (81,2%) masih jauh di atas ambang obstruksi (>70%), peningkatan menjadi 85,6% setelah intervensi—meskipun signifikan secara statistik (p=0,000)—perlu dimaknai secara hati-hati dari sisi signifikansi klinis. Pada populasi yang secara fungsional belum mengalami obstruksi saluran napas, perubahan rasio FEV1/FVC sebesar 4,4 poin persentase kemungkinan lebih mencerminkan perbaikan efisiensi mekanika pernapasan jangka pendek (misalnya berkurangnya air trapping ringan dan peningkatan kekuatan otot ekspirasi) dibandingkan perbaikan struktural saluran napas yang bersifat permanen. Dengan demikian, manfaat klinis DBE pada kelompok tanpa obstruksi seperti pada penelitian ini kemungkinan lebih relevan sebagai upaya preventif untuk mempertahankan fungsi paru dan memperlambat laju penurunannya akibat paparan rokok, dibandingkan sebagai terapi kuratif.

Peningkatan FEV1 sebesar 15,6% (dari 2,31 menjadi 2,67 L) merupakan peningkatan terbesar secara persentase di antara semua parameter yang diukur, dengan effect size terbesar pula (r=0,73). Mekanisme yang mendasarinya melibatkan: (1) penguatan otot diafragma yang memungkinkan pengembangan paru lebih maksimal saat inspirasi—sehingga volume yang tersedia untuk ekspirasi paksa lebih besar; (2) peningkatan elastisitas recoil paru melalui rekrutmen alveoli yang lebih luas selama DBE, yang mengoptimalkan penggunaan surfaktan; dan (3) penguatan otot ekspirasi yang meningkatkan kecepatan aliran udara pada fase ekspirasi paksa (Putri, Wibawa, Primayanti, & Wiryanthini, 2017; Septiwi, 2013).

Peningkatan rasio FEV1/FVC dari 81,2% menjadi 85,6% menunjukkan bahwa perbaikan terjadi tidak hanya pada volume absolut, tetapi juga pada efisiensi relatif ekspirasi paksa terhadap kapasitas total. Ini mengindikasikan bahwa DBE mampu memperbaiki pola aliran udara ekspirasi secara proporsional, bukan hanya meningkatkan volume paru secara keseluruhan.

SIMPULAN

Diaphragmatic breathing exercise yang diberikan setiap hari selama 3 minggu berasosiasi dengan peningkatan yang bermakna secara statistik pada fungsi paru pada mahasiswa perokok aktif di Kota Malang. Seluruh parameter yang diukur—kapasitas vital paru (VC), arus puncak ekspirasi (APE/PEF), forced expiratory volume in one second (FEV1), dan rasio FEV1/FVC—mengalami peningkatan bermakna (p=0,000) dengan effect size dalam kategori besar (r=0,68–0,73). Perlu digarisbawahi bahwa penelitian ini menggunakan desain one-group pretest-posttest tanpa kelompok kontrol, sehingga hubungan sebab-akibat antara DBE dan peningkatan fungsi paru belum dapat dipastikan sepenuhnya; kemungkinan kontribusi faktor lain seperti efek pengukuran berulang atau perubahan alami sepanjang waktu belum dapat disingkirkan. Peningkatan terbesar ditemukan pada FEV1 (15,6%), diikuti APE (13,7%) dan VC (9,5%). Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan desain randomized controlled trial (RCT) dengan kelompok kontrol untuk memperkuat bukti hubungan sebab-akibat, memperpanjang durasi intervensi melebihi 3 minggu untuk menilai efek yang lebih menetap, serta melakukan evaluasi fungsi paru jangka panjang (follow-up) guna mengetahui daya tahan manfaat DBE setelah intervensi dihentikan. Penelitian lanjutan juga disarankan untuk mencatat data usia individual dan tingkat aktivitas fisik responden secara sistematis agar potensi pengaruh kedua variabel tersebut terhadap fungsi paru dapat dikontrol dalam analisis

DAFTAR RUJUKAN

Afrian, N. (2023). Peningkatan Kapasitas Paru Dengan Metode Ballon Blowing Relaxation Pada Perokok Aktif. *Jurnal Kesehatan*, *11*(1), 139–147.

Barangkau, B., Nuryulia, S. D., Fatmawati, F., & Yammar, Y. (2023). Pengaruh Pemberian Diaphragmatic Breathing ExerciseTerhadap Peningkatan Saturasi Oksigen Penderita PPOK diIGD RSUD Lamaddukelleng. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, *3*(5), 3116–3123.

Dusturia, A. N., Setiawati, E., & Hendrianingtyas, M. (2019). Pengaruh Latihan Deep Breathing terhadap Nilai Arus Puncak Ekspirasi pada Perokok Aktif. *Jurnal Kedokteran Diponegoro*, *8*(1), 1–7.

Gao, H., Song, Y., Liu, K., Lu, X., Shen, J., Wei, S., … Xu, N. (2024). The Impact of Different Smoking Behavior on Pulmonary Function and Pulmonary Hypertension Among Chinese Male Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *International Journal of COPD*, *14*(19), 1315–1331.

Hamasaki, H. (2020). Effects of Diaphragmatic Breathing on Health: A Narrative Review. *Medicines (Basel, Switzerland)*, *7*(10), 65.

Jaakkola, J. J. K., Hernberg, S., Lajunen, T. K., Sripaijboonkij, P., Malmberg, L. P., & Jaakkola, M. S. (2019). Smoking and lung function among adults with newly onset asthma. *BMJ Open Respiratory Research*, *6*(1). https://doi.org/10.1136/bmjresp-2018-000377

Kartikasari, D., Jenie, I. M., & Primanda, Y. (2019). Latihan Pernapasan Diafragma Meningkatkan Arus Puncak Ekspirasi (APE) dan Menurunkan Frekuensi Kekambuhan Pasien Asma. *Jurnal Keperawatan Indonesia*, *22*(1), 53–64.

Maharani, M. P., Imron, M. A., & Fatmawati, V. (2026). Hubungan Jumlah Konsumsi Batang Rokok terhadap Nilai Arus Puncak Ekspirasi pada Laki- Laki Dewasa Muda. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat LPPM Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta*, *4*, 431–436.

Mayuni, A. A. I. D., Kamayani, M. O. A., & Puspita, L. M. (2015). Pengaruh Diaphragmatic Breathing Exercise Terhadap Kapasitas Vital Paru Pada Pasien Asma Di Wilayah Kerja Puskesmas III Denpasar Utara. *Coping Ners Jurnal*, *3*(3), 31–36.

Nohantara, M. A., Parwata, I. M. Y., Pramita, I., & Sena, I. G. A. (2021). Diapragmatic Breathing Exercise Meningkatkan Kapasitas Vital Paru Atlet Taekwondo Putra Di Club Dinasty Tni Al Denpasar, Bali. *Jurnal Kesehatan Terpadu*, *5*(1), 23–26.

Pangestuti, S. D., Murtaqib, & Widayati, N. (2015). Pengaruh Diaphragmatic Breathing Exercise terhadap Fungsi Pernapasan (RR dan APE) pada Lansia di UPT PSLU Kabupaten Jember. *E-Jurnal Pustaka Kesehatan*, *3*(1), 74–81.

Putri, I. D. A. J., Wibawa, A., Primayanti, I. D. A. I., & Wiryanthini, I. A. D. (2017). Deep Breathing Exercise Lebih Efektif Daripada Diaphragmatic Breathing Exercise Dalam Meningkatkan Kapasitas Vital Paru Pada Lansia Di Banjar Kedaton, Desa Tonja, Kecamatan Denpasar Timur. *Majalah Ilmiah Fisioterapi Indonesia*, *5*, 13–15.

Rusmanto, R., Lardika, R. A., & Gazali, N. (2020). Sepakbola: Kapasitas Vital Paru dan Tingkat Kebugaran Jasmani. *Journal Sport Area*, *5*(1), 30–39.

Rusmini, H., Rafie, R., Sinaga, F., & Komara, S. A. (2020). Perbandingan Arus Puncak Ekspirasi Perokok Elektronik dan Perokok Konvensional pada Mahasiswa Kedokteran Universitas Malahayati Tahun 2019. *Jurnal Dunia Resmas*, *9*(3), 301–311.

Septiwi, C. (2013). Pengaruh Breathing Exercise Terhadap Level Fatigue Pasien Hemodialisis Di Rspad Gatot Subroto Jakarta Cahyu. *Clinical Pharmacology and Therapeutics*, *6*(12), 190.

Slamet, Multazam, A., & Lubis, Z. I. (2024). Hubungan Jumlah Batang Rokok terhadap Nilai Arus Puncak Expirasi (APE) pada Perokok Aktif Pegawai Manajemen RSUD Sultan Imanuddin Pangkalan Bun. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, *5*(2), 3210–3215.

Suryawati, I., & Gani, A. (2022). Analisis Faktor Penyebab Perilaku Merokok. *Jurnal Keperawatan Silampari*, *6*(1), 497–505.