

EFEKTIVITAS PROGRAM REHABILITASI PASCA TUBERKULOSIS TERHADAP KAPASITAS FUNGSIONAL: META-ANALISIS

Haris Sutopo^{*1}, Andreany Kusumowardani², Endang Sri Wahyuni³

^{1,2,3}Jurusan Terapi Okupasi, Politeknik Kesehatan Kemenkes Surakarta, Indonesia

^{*}Corresponding Author, e-mail: hartop4wd@gmail.com

Abstrak

Latar Belakang: Post-Tuberculosis Lung Disease (PTLD) merupakan komplikasi jangka panjang tuberkulosis yang dapat menyebabkan penurunan kapasitas fungsional meskipun pengobatan telah selesai. Program rehabilitasi pasca tuberkulosis direkomendasikan untuk meningkatkan fungsi fisik, namun bukti mengenai efektivitasnya masih bervariasi. **Tujuan:** Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas program rehabilitasi pasca tuberkulosis terhadap kapasitas fungsional melalui systematic review dan meta-analisis. **Metode:** Systematic review dan meta-analisis dilakukan sesuai pedoman PRISMA 2020. Pencarian literatur dilakukan pada PubMed, Google Scholar, dan Web of Science hingga tahun 2025. Studi yang diinklusi adalah randomized controlled trials (RCT) dan studi intervensi prospektif dengan kelompok kontrol yang melaporkan luaran Six-Minute Walk Test (6MWT) pada pasien PTLD. Analisis dilakukan menggunakan Review Manager (RevMan) 5.4 dengan Random Effects Model, dan ukuran efek dinyatakan sebagai Mean Difference (MD) beserta 95% confidence interval (CI). **Hasil:** Enam studi dengan total 492 peserta memenuhi kriteria inklusi. Program rehabilitasi pasca tuberkulosis secara signifikan meningkatkan kapasitas fungsional dibandingkan kelompok kontrol (MD = 109,32 meter; IK95% = 44,13–174,50; $p = 0,001$). Meskipun heterogenitas antarpemeriksaan tinggi ($I^2 = 98\%$), analisis sensitivitas menunjukkan hasil yang tetap konsisten. **Kesimpulan:** Program rehabilitasi pasca tuberkulosis efektif meningkatkan kapasitas fungsional pada pasien PTLD dan layak dipertimbangkan sebagai bagian dari pelayanan rehabilitasi komprehensif pascatuberkulosis

Kata kunci: Tuberculosis, Post-Tuberculosis Lung Disease, Rehabilitasi Paru, Kapasitas Fungsional, Six-Minute Walk Test, Meta-Analisis.

Abstract

Background: Post-Tuberculosis Lung Disease (PTLD) is a common long-term consequence of pulmonary tuberculosis that may persist despite successful anti-tuberculosis treatment, resulting in reduced functional capacity. Post-tuberculosis rehabilitation has been recommended to improve physical function; however, evidence regarding its effectiveness remains inconsistent. **Objectives:** This study aimed to evaluate the effectiveness of post-tuberculosis rehabilitation on functional capacity through a systematic review and meta-analysis. **Methods:** A systematic review and meta-analysis were conducted according to the PRISMA 2020 guidelines. Literature searches were performed in PubMed, Google Scholar, and Web of Science up to 2025. Randomized controlled trials and prospective controlled intervention studies reporting Six-Minute Walk Test (6MWT) outcomes in patients with PTLD were included. Data were analyzed using Review Manager (RevMan) 5.4 with a random-effects model, and pooled effects were expressed as Mean Difference (MD) with 95% confidence intervals (CI). **Results:** Six studies involving 492 participants met the inclusion criteria. Post-tuberculosis rehabilitation significantly improved functional capacity compared with standard care (MD = 109.32 m; 95% CI = 44.13–174.50; $p = 0.001$). Despite substantial heterogeneity ($I^2 = 98\%$), sensitivity analysis confirmed the robustness of the findings.

Conclusion: *Post tuberculosis rehabilitation effectively improves functional capacity in patients with PTLD and should be considered an integral component of comprehensive post-tuberculosis care.*

Keywords: *Tuberculosis, Post-Tuberculosis Lung Disease, Pulmonary Rehabilitation, Functional Capacity, Six-Minute Walk Test, Meta-Analysis.*

PENDAHULUAN

Tuberkulosis (TB) masih menjadi salah satu penyakit infeksi yang memberikan beban kesehatan global yang signifikan. Meskipun berbagai kemajuan telah dicapai dalam diagnosis dan pengobatan, TB tetap menjadi penyebab utama kesakitan dan kematian di banyak negara berpenghasilan rendah dan menengah. Menurut laporan World Health Organization (WHO), Indonesia termasuk dalam kelompok negara dengan jumlah kasus tuberkulosis tertinggi di dunia, sehingga upaya pengendalian TB masih menjadi prioritas dalam sistem kesehatan nasional (WHO, 2024). Selama ini keberhasilan program TB umumnya dievaluasi berdasarkan keberhasilan pengobatan, konversi bakteriologis, dan angka kesembuhan. Namun, semakin banyak penelitian menunjukkan bahwa penyelesaian terapi antituberkulosis tidak selalu diikuti oleh pemulihan kondisi kesehatan secara menyeluruh.

Perhatian terhadap dampak jangka panjang tuberkulosis meningkat seiring berkembangnya konsep Post-Tuberculosis Lung Disease (PTLD). Kondisi ini menggambarkan adanya gangguan fungsi dan/atau struktur paru yang menetap setelah pengobatan TB selesai (Migliori et al., 2021). Berbagai bentuk kelainan residual telah dilaporkan pada penyintas TB, termasuk fibrosis paru, bronkiektasis, obstruksi jalan napas, restriksi paru, serta gangguan pertukaran gas yang dapat berlangsung bertahun-tahun setelah pasien dinyatakan sembuh (Allwood et al., 2020). Akibat perubahan tersebut, banyak penyintas TB tetap mengalami sesak napas, mudah lelah, penurunan toleransi aktivitas, serta keterbatasan dalam menjalankan

Salah satu konsekuensi klinis yang paling sering ditemukan pada pasien PTLD adalah penurunan kapasitas fungsional. Kapasitas fungsional mencerminkan kemampuan individu untuk melakukan aktivitas fisik yang diperlukan dalam kehidupan sehari-hari dan berhubungan erat dengan tingkat kemandirian serta kualitas hidup seseorang. Penurunan kapasitas fungsional pada penyintas TB tidak hanya disebabkan oleh kerusakan jaringan paru, tetapi juga oleh deconditioning fisik akibat periode penyakit yang berkepanjangan, penurunan massa dan kekuatan otot, serta berkurangnya aktivitas fisik selama masa pengobatan (Silva, 2023). Oleh karena itu, pemulihan fungsi fisik menjadi salah satu komponen penting dalam pelayanan pasca tuberkulosis.

Dalam beberapa dekade terakhir, rehabilitasi paru telah berkembang sebagai intervensi yang efektif untuk meningkatkan kapasitas latihan, mengurangi gejala, dan memperbaiki kualitas hidup pada berbagai penyakit paru kronis. Program rehabilitasi umumnya mencakup kombinasi latihan aerobik, latihan penguatan otot, latihan fungsi pernapasan, edukasi kesehatan, serta strategi peningkatan aktivitas fisik (Spruit et al., 2013). Konsep yang sama kemudian mulai diterapkan pada populasi pasca tuberkulosis. Beberapa penelitian melaporkan bahwa rehabilitasi paru mampu meningkatkan toleransi aktivitas dan kapasitas latihan pada pasien PTLD, namun besarnya manfaat yang dilaporkan masih menunjukkan variasi yang cukup besar antar penelitian (Ahmed et al., 2020).

Variasi hasil tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh perbedaan karakteristik peserta, tingkat gangguan fungsi paru, bentuk intervensi rehabilitasi yang diberikan, serta durasi program yang diterapkan. Selain itu, sebagian besar penelitian yang tersedia menggunakan ukuran sampel yang relatif kecil sehingga kekuatan statistik masing-masing studi menjadi terbatas. Kondisi ini menyebabkan bukti mengenai efektivitas rehabilitasi pasca tuberkulosis terhadap kapasitas fungsional masih tersebar dan belum memberikan gambaran yang komprehensif mengenai besarnya efek intervensi yang sebenarnya.

Hingga saat ini, kebutuhan akan sintesis bukti yang lebih kuat mengenai efektivitas rehabilitasi pasca tuberkulosis masih sangat relevan, terutama di negara dengan beban TB yang tinggi seperti Indonesia. Meta-analisis memungkinkan penggabungan hasil dari berbagai penelitian sehingga dapat menghasilkan estimasi efek yang lebih akurat dibandingkan studi individual. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas program rehabilitasi pasca tuberkulosis terhadap kapasitas fungsional melalui pendekatan systematic review dan meta-analisis. Kapasitas fungsional dinilai menggunakan Six-Minute Walk Test (6MWT) sebagai outcome utama karena merupakan instrumen yang paling banyak digunakan untuk menilai kemampuan aktivitas fisik pada pasien dengan gangguan paru kronis.

METODE

1. Desain Studi

Penelitian ini menggunakan desain systematic review dan meta-analisis untuk mengevaluasi efektivitas program rehabilitasi pasca tuberkulosis terhadap kapasitas fungsional. Pelaksanaan penelitian mengacu pada pedoman Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) 2020. Meta-analisis dilakukan dengan menggabungkan hasil penelitian primer yang memenuhi kriteria inklusi untuk memperoleh estimasi efek intervensi yang lebih akurat dibandingkan studi individual

2. Langkah Meta-analisis

Meta-analisis dilakukan melalui 10 langkah sebagai berikut:

- a. Perumusan pertanyaan penelitian berdasarkan kerangka PICO (*Population*= Pasien pasca tuberkulosis atau Post-Tuberculosis Lung Disease (PTLD) , *Intervention*=Program rehabilitasi pasca tuberkulosis, meliputi rehabilitasi paru, latihan fisik, latihan fungsi pernapasan, inspiratory muscle training, telerehabilitasi, atau bentuk rehabilitasi terstruktur lainnya, *Comparison*= Perawatan standar, edukasi, atau kelompok kontrol tanpa program rehabilitasi, *Outcome*= Kapasitas fungsional yang diukur menggunakan Six-Minute Walk Test (6MWT)).
- b. Penentuan strategi pencarian literatur pada basis data elektronik.
- c. Identifikasi artikel melalui pencarian pada PubMed, Google Scholar, dan Web of Science.
- d. Penghapusan artikel duplikat.
- e. Seleksi artikel berdasarkan judul dan abstrak.
- f. Penilaian kelayakan melalui telaah teks lengkap (*full-text review*).
- g. Ekstraksi data dari studi yang memenuhi kriteria inklusi.
- h. Penilaian kualitas metodologis menggunakan Cochrane Risk of Bias Tool (RoB 1).
- i. Sintesis kuantitatif menggunakan meta-analisis.
- j. Analisis sensitivitas untuk mengevaluasi stabilitas hasil meta-analisis.

3. Kriteria Inklusi

Artikel yang dimasukkan dalam penelitian ini harus memenuhi kriteria berikut:

- a. Penelitian melibatkan pasien pasca tuberkulosis atau PTLD.
- b. Menggunakan intervensi rehabilitasi yang mencakup latihan fisik, latihan pernapasan, rehabilitasi paru, atau bentuk rehabilitasi terstruktur lainnya.
- c. Memiliki kelompok kontrol atau pembandingan.
- d. Menggunakan desain Randomized Controlled Trial (RCT) atau studi intervensi prospektif dengan kelompok kontrol.
- e. Melaporkan data kapasitas fungsional menggunakan Six-Minute Walk Test (6MWT).
- f. Menyediakan data numerik yang dapat diekstraksi untuk meta-analisis, meliputi jumlah sampel, rerata, dan simpangan baku.
- g. Artikel tersedia dalam teks lengkap dan diterbitkan dalam bahasa Inggris

4. Kriteria Eksklusi

Artikel dikeluarkan dari penelitian ini adalah artikel dengan desain studi non-RCT, tidak melaporkan outcome 6MWT, tidak memiliki data lengkap, dan artikel tidak berbahasa Inggris.

5. Definisi Operasional Variabel

Artikel yang diikutsertakan dalam penelitian disesuaikan dengan PICO. Pencarian artikel dilakukan dengan mempertimbangkan kriteria kelayakan yang didefinisikan dengan menggunakan model PICO. Population penelitian yaitu pasien pasca tuberkulosis atau Post-Tuberculosis Lung Disease (PTLD) dan outcomes berupa kapasitas fungsional.

Program Rehabilitasi Pasca Tuberkulosis adalah intervensi terstruktur yang bertujuan meningkatkan fungsi fisik dan kapasitas aktivitas pasien setelah menyelesaikan pengobatan tuberkulosis. Intervensi dapat berupa rehabilitasi paru, latihan aerobik, latihan kekuatan otot, latihan fungsi pernapasan, inspiratory muscle training, telerehabilitasi, maupun latihan berbasis aktivitas yang dilakukan secara terprogram.

Kapasitas Fungsional adalah kemampuan individu untuk melakukan aktivitas fisik yang membutuhkan kerja sistem kardiorespirasi dan muskuloskeletal.

6. Instrumen Penelitian

Six-Minute Walk Test digunakan sebagai instrumen utama untuk menilai kapasitas fungsional. Outcome dinyatakan dalam jarak tempuh berjalan selama enam menit (meter).

7. Analisis Data

Analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak Review Manager (RevMan) versi 5.4. Data kapasitas fungsional dianalisis menggunakan ukuran efek Mean Difference (MD) dengan 95% Confidence Interval (95% CI) karena seluruh penelitian menggunakan satuan pengukuran yang sama, yaitu meter pada 6MWT.

Heterogenitas antar penelitian dievaluasi menggunakan statistik I^2 . Nilai I^2 sebesar 25%, 50%, dan 75% masing-masing diinterpretasikan sebagai heterogenitas rendah, sedang, dan tinggi. Karena hasil analisis menunjukkan heterogenitas yang tinggi ($I^2 = 98\%$), maka digunakan Random Effects Model untuk menggabungkan hasil penelitian.

Analisis sensitivitas dilakukan dengan mengeluarkan studi yang memberikan kontribusi terbesar terhadap heterogenitas untuk menilai kestabilan hasil meta-analisis. Analisis *publication bias* tidak dilakukan karena jumlah studi yang diinklusi kurang dari 10 penelitian, sehingga interpretasi *funnel plot* dinilai kurang reliabel sesuai rekomendasi Cochrane Handbook.

HASIL DAN PEMBAHASAN

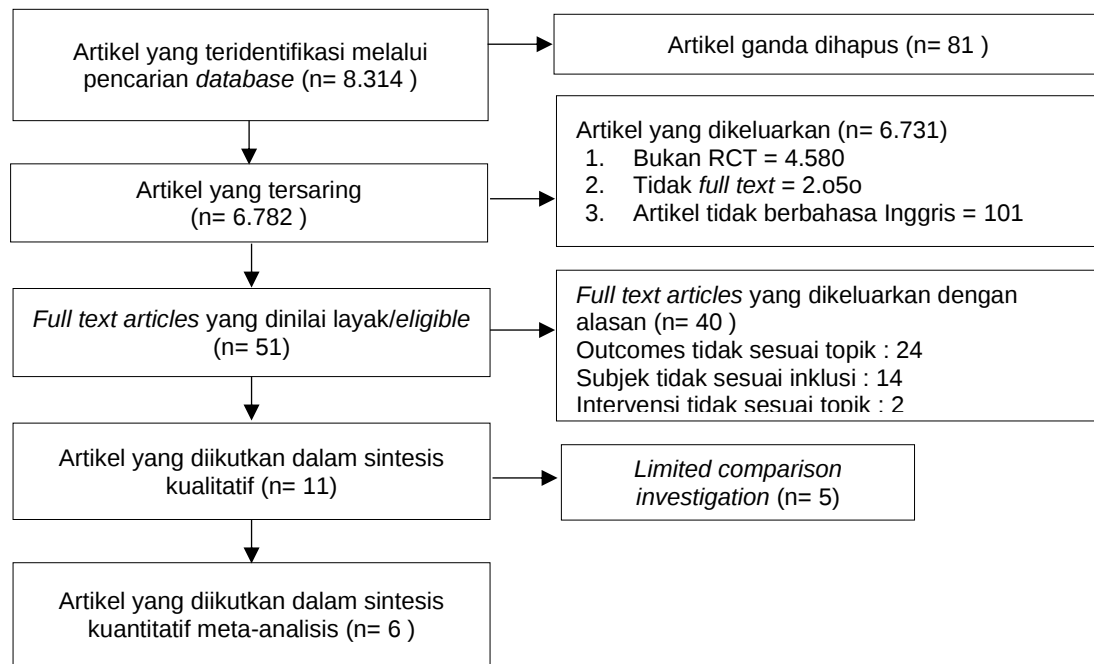
1. Seleksi Studi

Pencarian literatur dilakukan pada tiga basis data elektronik, yaitu PubMed, Google Scholar, dan Web of Science. Hasil pencarian awal memperoleh sebanyak 8.314 artikel, yang terdiri dari 397 artikel dari PubMed, 7.410 artikel dari Google Scholar, dan 507 artikel dari Web of Science.

Setelah proses identifikasi dan penghapusan artikel duplikat, diperoleh 6.782 artikel unik untuk dilakukan proses penyaringan berdasarkan judul dan abstrak. Sebanyak 6.731 artikel dieliminasi karena tidak sesuai dengan tujuan penelitian, tidak melibatkan pasien pasca tuberkulosis, tidak menggunakan intervensi rehabilitasi, atau tidak melaporkan outcome kapasitas fungsional menggunakan Six-Minute Walk Test (6MWT).

Sebanyak 51 artikel kemudian dievaluasi melalui telaah teks lengkap (full-text review). Dari jumlah tersebut, 45 artikel dikeluarkan karena tidak memenuhi kriteria inklusi, antara lain tidak memiliki kelompok kontrol, tidak melaporkan data 6MWT secara lengkap, menggunakan desain penelitian non-intervensi, atau tidak menyediakan data numerik yang dapat diekstraksi untuk meta-analisis.

Pada tahap akhir, 6 studi memenuhi seluruh kriteria inklusi dan dimasukkan ke dalam sintesis kualitatif serta analisis kuantitatif (meta-analisis).

Gambar 1. *Prisma Flow Diagram*

2. Risiko Bias Studi

Penilaian risiko bias dilakukan menggunakan instrumen Risk of Bias 2 (RoB 2) yang dikembangkan oleh Cochrane Collaboration. Domain yang dinilai meliputi proses randomisasi, deviasi dari intervensi yang direncanakan, data luaran yang hilang, pengukuran luaran, dan seleksi hasil yang dilaporkan.

Hasil penilaian menunjukkan bahwa tiga penelitian memiliki risiko bias rendah secara keseluruhan, sedangkan tiga penelitian lainnya dikategorikan sebagai *some concerns*. Tidak terdapat penelitian yang termasuk dalam kategori risiko bias tinggi. Kekhawatiran utama umumnya berkaitan dengan keterbatasan pelaporan metode randomisasi dan kurangnya informasi mengenai protokol penelitian yang dipublikasikan sebelumnya. Secara keseluruhan, kualitas metodologis studi yang diinklusi dinilai cukup baik untuk mendukung sintesis kuantitatif dalam meta-analisis ini

Studi	Proses Randomisasi	Deviasi dari Intervensi	Data Outcome Hilang	Pengukuran Outcome	Seleksi Hasil yang Dilaporkan	Risiko Keseluruhan
Ahmed et al., 2020	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Beberapa Kekhawatiran	Rendah
Tolba et al., 2021	Beberapa Kekhawatiran	Rendah	Rendah	Rendah	Beberapa Kekhawatiran	Beberapa Kekawatiran
Xu et al., 2021	Beberapa Kekhawatiran	Rendah	Rendah	Rendah	Beberapa Kekhawatiran	Beberapa Kekawatiran
Orooj et al., 2023	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Beberapa Kekhawatiran	Rendah
Wu et al., 2024	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Beberapa Kekhawatiran	Rendah
Torres et al., 2025	Beberapa Kekhawatiran	Rendah	Rendah	Rendah	Beberapa Kekhawatiran	Beberapa Kekawatiran

Kategori	Jumlah Studi
Risiko Rendah	3
Beberapa Kekhawatiran	3
Risiko Tinggi	0

Tabel 1. Risk of Bias Studi yang Diinklusi (RoB 2)

Sebanyak enam studi dengan total 492 peserta diikutsertakan dalam meta-analisis ini. Studi yang diinklusi berasal dari India (n=2), China (n=2), Mesir (n=1), dan Brazil (n=1), serta dipublikasikan pada rentang tahun 2020–2025. Sebagian besar penelitian menggunakan desain Randomized Controlled Trial (RCT), sementara satu penelitian menggunakan desain prospective interventional study.

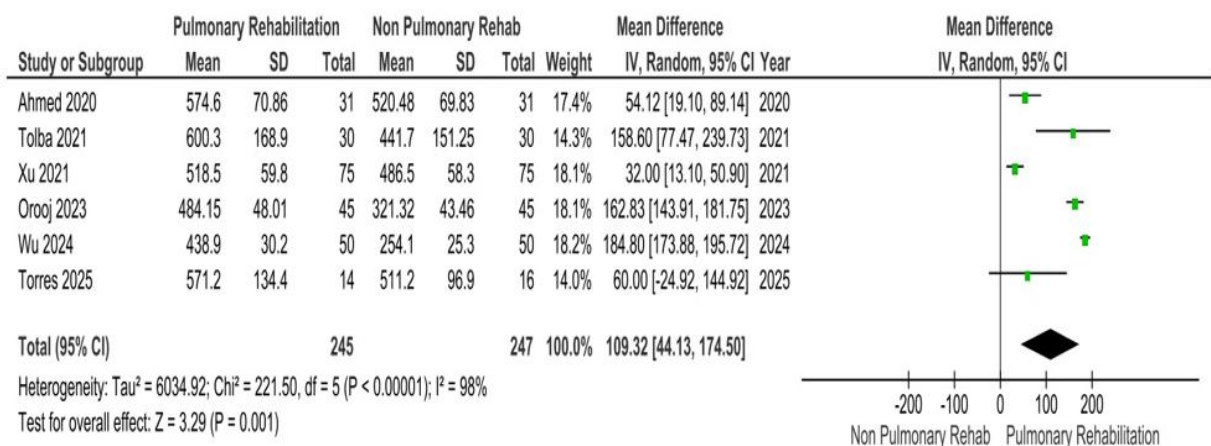
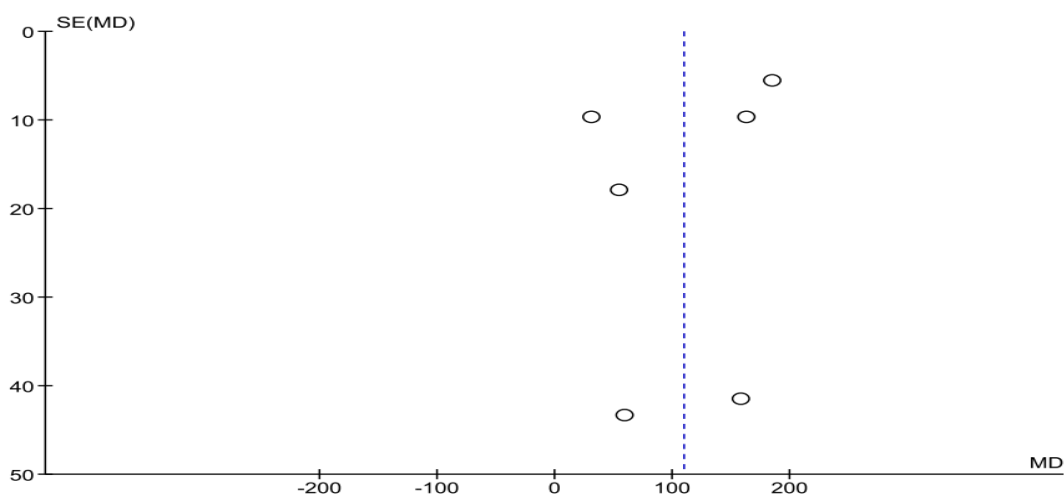
Karakteristik peserta relatif beragam, mencakup pasien dengan Post-Tuberculosis Lung Disease (PTLD), post-tubercular sequelae, pasien pasca pengobatan tuberkulosis paru, serta pasien pasca lobektomi akibat tuberkulosis paru. Intervensi yang diberikan berupa berbagai bentuk rehabilitasi paru yang mencakup latihan aerobik, latihan kekuatan otot, latihan fungsi pernapasan, inspiratory muscle training, edukasi, telerehabilitasi, dan latihan Baduanjin. Durasi intervensi berkisar antara 4 minggu hingga 12 minggu. Kelompok kontrol menerima perawatan standar, edukasi kesehatan, latihan pernapasan dasar, atau perawatan rutin. Seluruh studi menggunakan Six-Minute Walk Test (6MWT) sebagai luaran utama untuk menilai kapasitas fungsional peserta.

Penulis (tahun)	Negara	Sampel (Intervensi/ Kontrol)	P	I	C	O
Ahmed et al. (2020)	India	31/31	Pasien Post-Tubercular Sequelae (PTS)	Rehabilitasi paru	Latihan mandiri tanpa supervisi	6MWT
Tolba et al. (2021)	Mesir	30/30	Pasien pasca tuberkulosis paru	Rehabilitasi paru	Edukasi dan latihan pernapasan dasar	6MWT
Xu et al. (2021)	China	75/75	Pasien tuberkulosis paru	Latihan fungsi pernapasan	Perawatan keperawatan rutin	6MWT
Orooj et al. (2023)	India	45/45	Pasien pasca tuberkulosis paru	Rehabilitasi paru	Perawatan standar (usual care)	6MWT
Wu et al. (2024)	China	50/50	Pasien pasca lobektomi akibat tuberkulosis paru	Latihan Baduanjin	Perawatan pasca operasi rutin	6MWT
Torres et al. (2025)	Brazil	14/16	Pasien Post-Tuberculosis Lung Disease (PTLD)	Tele rehabilitasi	Perawatan standar	6MWT

Tabel 2. Deskripsi penelitian primer RCT efektivitas program rehabilitasi pasca tuberkulosis terhadap kapasitas fungsional (n=492)

Tabel 3. Mean Difference (MD) efektivitas program rehabilitasi pasca tuberkulosis terhadap kapasitas fungsional (n=492)

Study	n Intervention	Mean	SD	n Control	Mean	SD
Ahmed 2020	31	574.60	70.86	31	520.48	69.83
Tolba 2021	30	600.30	168.90	30	441.70	151.25
Xu 2021	75	518.50	59.80	75	486.50	58.30
Orooj 2023	45	484.15	48.01	45	321.32	43.46
Wu 2024	50	438.90	30.20	50	254.10	25.30
Torres 2025	14	571.20	134.40	16	511.20	96.90

**Gambar 3.** Forest Plot efektivitas program rehabilitasi pasca tuberkulosis terhadap kapasitas fungsional**Gambar 4.** Funnel Plot efektivitas program rehabilitasi pasca tuberkulosis terhadap kapasitas fungsional

Forest Plot pada Gambar 3 menunjukkan meta-analisis terhadap enam penelitian randomized controlled trial (RCT) yang melibatkan total 492 peserta menunjukkan bahwa

pulmonary rehabilitation secara signifikan meningkatkan kapasitas fungsional dibandingkan dengan kelompok kontrol. Analisis gabungan menghasilkan Mean Difference (MD) sebesar 109,32 meter (IK95%: 44,13–174,50; $p = 0,001$) yang menunjukkan adanya peningkatan jarak tempuh Six-Minute Walk Test (6MWT) pada kelompok intervensi. Meskipun ditemukan heterogenitas yang sangat tinggi ($I^2 = 98\%$), efek gabungan tetap menunjukkan signifikansi statistik, sehingga hasil penelitian ini mendukung efektivitas pulmonary rehabilitation dalam meningkatkan kapasitas fungsional pasien dengan Post-Tuberculosis Lung Disease (PTLD).

Funnel Plot pada Gambar 4 memperlihatkan distribusi studi yang secara umum masih berada di sekitar garis estimasi efek gabungan. Meskipun terdapat variasi penyebaran antarstudi, tidak tampak adanya pola asimetri yang konsisten yang secara langsung mengarah pada dugaan publication bias. Namun demikian, interpretasi terhadap funnel plot perlu dilakukan secara hati-hati karena jumlah studi yang diikutsertakan kurang dari sepuluh serta terdapat heterogenitas yang tinggi antarpelelitian. Oleh karena itu, hasil funnel plot pada penelitian ini hanya digunakan sebagai penilaian visual pendukung dan tidak dijadikan dasar utama dalam menyimpulkan adanya publication biasme

Pembahasan

Penelitian ini menunjukkan bahwa program rehabilitasi pasca tuberkulosis secara signifikan meningkatkan kapasitas fungsional pasien dibandingkan dengan kelompok kontrol. Meta-analisis terhadap enam penelitian yang melibatkan total 492 peserta menghasilkan peningkatan rerata jarak tempuh Six-Minute Walk Test (6MWT) sebesar 109,32 meter (IK95%: 44,13–174,50; $p=0,001$). Hasil tersebut menunjukkan bahwa rehabilitasi paru memberikan manfaat yang bermakna dalam meningkatkan kemampuan aktivitas fisik pasien Post-Tuberculosis Lung Disease (PTLD). Temuan ini memperkuat konsep bahwa keberhasilan terapi tuberkulosis tidak hanya diukur berdasarkan eradikasi *Mycobacterium tuberculosis*, tetapi juga harus memperhatikan pemulihan fungsi paru dan kapasitas fungsional setelah pengobatan selesai. PTLD merupakan konsekuensi jangka panjang yang ditandai oleh gangguan struktur maupun fungsi paru sehingga banyak penyintas TB tetap mengalami keterbatasan aktivitas meskipun telah dinyatakan sembuh secara mikrobiologis (Silva, 2023).

Besarnya peningkatan kapasitas fungsional yang diperoleh pada penelitian ini dapat dijelaskan melalui mekanisme fisiologis yang menjadi dasar program rehabilitasi paru. Latihan aerobik, latihan penguatan otot, latihan fungsi pernapasan, dan edukasi merupakan komponen utama rehabilitasi paru yang bertujuan meningkatkan efisiensi ventilasi, memperbaiki fungsi otot perifer, meningkatkan kapasitas oksidatif otot rangka, serta mengurangi sensasi dispnea selama aktivitas. Pada pasien PTLD, kerusakan paru residual berupa fibrosis, bronkiektasis, gangguan ventilasi, maupun penurunan elastisitas paru sering disertai physical deconditioning akibat periode penyakit yang panjang. Kondisi tersebut menyebabkan penurunan toleransi latihan meskipun infeksi telah berhasil diobati (Allwood et al., 2020). Melalui latihan yang dilakukan secara terstruktur, terjadi adaptasi kardiorespirasi dan muskuloskeletal yang memungkinkan pasien melakukan aktivitas fisik dengan beban yang lebih tinggi, sehingga jarak tempuh 6MWT meningkat secara bermakna. Temuan ini sejalan dengan pernyataan resmi American Thoracic Society (ATS) dan European Respiratory Society (ERS) yang menegaskan bahwa pulmonary rehabilitation merupakan intervensi berbasis bukti untuk meningkatkan kapasitas latihan, mengurangi gejala, dan memperbaiki fungsi pada penyakit paru kronis (Spruit, 2013).

Hasil meta-analisis ini juga konsisten dengan seluruh penelitian primer yang diikutsertakan. Ahmed et al. melaporkan bahwa rehabilitasi paru terstruktur meningkatkan kapasitas latihan, fungsi paru, dan kualitas hidup pasien dengan *post-tubercular sequelae* (Ahmed, 2022). Tolba et al. menunjukkan bahwa program rehabilitasi paru memberikan peningkatan kemampuan berjalan yang lebih baik dibandingkan edukasi dan latihan pernapasan dasar (Tolba et al., 2021). Demikian pula Xu et al. menemukan bahwa

kombinasi latihan fungsi pernapasan dan intervensi keperawatan komprehensif meningkatkan kapasitas fungsional pasien tuberkulosis paru (Xu et al., 2021). Penelitian Orooj et al. menunjukkan manfaat rehabilitasi paru jangka pendek selama pandemi COVID-19 pada pasien pasca tuberkulosis, sedangkan Wu et al. melaporkan bahwa latihan Baduanjin secara bertahap efektif meningkatkan kapasitas latihan pasien setelah lobektomi akibat tuberkulosis paru. Selain itu, Torres et al. menunjukkan bahwa telerehabilitasi juga mampu meningkatkan kapasitas fungsional dan kualitas hidup pasien PTLD. Konsistensi arah efek pada seluruh penelitian memperkuat bahwa berbagai bentuk rehabilitasi baik rehabilitasi konvensional, latihan fungsi pernapasan, latihan berbasis aktivitas, maupun telerehabilitasi memiliki tujuan yang sama, yaitu mengembalikan kemampuan fungsional pasien setelah pengobatan tuberkulosis (Datta, 2020).

Meskipun demikian, penelitian ini menunjukkan heterogenitas yang sangat tinggi ($I^2 = 98\%$). Tingginya heterogenitas kemungkinan dipengaruhi oleh variasi karakteristik peserta, termasuk perbedaan derajat kerusakan paru, usia, komorbiditas, maupun waktu sejak penyelesaian terapi tuberkulosis. Selain itu, protokol rehabilitasi yang digunakan pada setiap penelitian juga berbeda, baik dari segi jenis latihan, intensitas, frekuensi, durasi intervensi, maupun metode pelaksanaan, termasuk rehabilitasi berbasis rumah dan telerehabilitasi. Perbedaan tersebut merupakan hal yang lazim dalam penelitian rehabilitasi sehingga variasi estimasi efek antarpemeriksaan sulit dihindari. Namun demikian, seluruh penelitian menunjukkan arah efek yang konsisten menuju peningkatan kapasitas fungsional pada kelompok intervensi. Oleh karena itu, penggunaan Random Effects Model pada meta-analisis ini dinilai tepat karena mampu mengakomodasi variasi antarpemeriksaan dan menghasilkan estimasi efek yang lebih konservatif. Selain itu, hasil analisis sensitivitas tetap menunjukkan efek yang signifikan setelah studi yang paling berkontribusi terhadap heterogenitas dikeluarkan, sehingga memperkuat stabilitas hasil meta-analisis.

Evaluasi visual terhadap funnel plot memperlihatkan distribusi penelitian yang relatif berada di sekitar estimasi efek gabungan tanpa pola asimetri yang jelas. Namun demikian, interpretasi terhadap kemungkinan *publication bias* harus dilakukan secara hati-hati karena meta-analisis ini hanya melibatkan enam penelitian. Sesuai rekomendasi Cochrane Handbook, jumlah studi yang kurang dari sepuluh memiliki kemampuan yang terbatas untuk mendeteksi *publication bias* melalui funnel plot, sehingga analisis ini hanya digunakan sebagai evaluasi visual pendukung dan bukan sebagai dasar untuk menyimpulkan adanya ataupun tidak adanya bias publikasi. Selain jumlah studi yang terbatas, heterogenitas yang tinggi juga dapat memengaruhi bentuk distribusi pada funnel plot sehingga interpretasi harus dilakukan secara proporsional.

Dari perspektif klinis, peningkatan rerata jarak tempuh 6MWT sebesar lebih dari 100 meter menunjukkan manfaat yang bermakna bagi pasien PTLD. Perbaikan kapasitas fungsional tersebut mengindikasikan bahwa pasien memiliki toleransi aktivitas yang lebih baik sehingga berpotensi meningkatkan kemampuan melakukan aktivitas sehari-hari, mempertahankan mobilitas, serta meningkatkan partisipasi sosial dan produktivitas setelah menyelesaikan terapi tuberkulosis. Bagi pelayanan rehabilitasi, hasil penelitian ini mendukung implementasi pulmonary rehabilitation sebagai bagian dari tata laksana komprehensif pasien pascatuberkulosis. Dari sudut pandang okupasi terapi, peningkatan kapasitas fungsional merupakan fondasi penting untuk mendukung keterlibatan pasien dalam aktivitas bermakna (*meaningful occupations*), meningkatkan kemandirian, dan memperluas partisipasi dalam kehidupan sehari-hari (Singh et al., 2014). Meskipun penelitian ini tidak secara langsung mengevaluasi aktivitas sehari-hari maupun kualitas hidup sebagai luaran utama, peningkatan kapasitas latihan yang ditunjukkan melalui 6MWT memberikan dasar fisiologis yang kuat bahwa rehabilitasi paru berpotensi memberikan manfaat yang lebih luas terhadap fungsi dan partisipasi pasien (Spruit, 2013).

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, jumlah penelitian yang diikutsertakan masih relatif sedikit sehingga kekuatan analisis untuk mengevaluasi *publication bias* menjadi terbatas. Kedua, terdapat heterogenitas yang tinggi akibat variasi karakteristik peserta dan protokol rehabilitasi. Ketiga, seluruh analisis hanya menggunakan

Six-Minute Walk Test (6MWT) sebagai luaran utama sehingga belum dapat menggambarkan secara komprehensif perubahan kualitas hidup, aktivitas sehari-hari, maupun fungsi paru. Meskipun demikian, seluruh penelitian yang diikutsertakan memiliki kualitas metodologis yang baik hingga cukup baik berdasarkan penilaian Risk of Bias 2, serta menunjukkan arah efek yang konsisten mendukung manfaat rehabilitasi paru. Oleh karena itu, temuan meta-analisis ini tetap memberikan bukti yang kuat bahwa program rehabilitasi pasca tuberkulosis merupakan intervensi yang efektif untuk meningkatkan kapasitas fungsional pasien PTLD. Penelitian selanjutnya dengan jumlah sampel yang lebih besar, protokol rehabilitasi yang lebih beragam, serta evaluasi luaran jangka panjang, termasuk kualitas hidup, aktivitas sehari-hari, dan partisipasi sosial, diperlukan untuk memperkuat bukti ilmiah yang telah ada.

SIMPULAN

Program rehabilitasi pasca tuberkulosis terbukti efektif dalam meningkatkan kapasitas fungsional pasien Post-Tuberculosis Lung Disease (PTLD) berdasarkan peningkatan yang signifikan pada Six-Minute Walk Test (6MWT). Hasil meta-analisis ini memperkuat bukti bahwa rehabilitasi paru merupakan intervensi nonfarmakologis yang bermanfaat untuk mendukung pemulihan fungsi fisik setelah pengobatan tuberkulosis selesai. Oleh karena itu, pulmonary rehabilitation layak dipertimbangkan sebagai bagian dari tata laksana rehabilitasi komprehensif bagi penyintas tuberkulosis, khususnya mereka yang masih mengalami keterbatasan kapasitas fungsional. Penelitian di masa mendatang perlu melibatkan populasi yang lebih besar dengan protokol rehabilitasi yang lebih beragam serta mengevaluasi luaran jangka panjang, termasuk kualitas hidup, aktivitas sehari-hari, dan partisipasi sosial, sehingga dapat memperkuat dasar ilmiah dalam pengembangan layanan rehabilitasi pascatuberkulosis.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, S., Sharma, N., Patrikar, S., & Samiullah. (2022). *Efficacy of early structured pulmonary rehabilitation program in pulmonary function, exercise capacity, and health-related quality of life for patients with post-tubercular sequelae: A pilot study. Medical Journal Armed Forces India*, 78(2), 164–169. <https://doi.org/10.1016/j.mjafi.2020.09.001>
- Allwood, B. W., van der Zalm, M. M., Amaral, A. F. S., Byrne, A. L., Datta, S., Egere, U., et al. (2020). Post-tuberculosis lung health: Perspectives from the First International Symposium. *International Journal of Tuberculosis and Lung Disease*, 24(8), 820–828.
- Byrne, A. L., Marais, B. J., Mitnick, C. D., Lecca, L., & Marks, G. B. (2015). Tuberculosis and chronic respiratory disease: A systematic review. *International Journal of Infectious Diseases*, 32, 138–146.
- Datta, S., & Evans, C. A. (2020). Healthy survival after tuberculosis. *The Lancet Infectious Diseases*, 20(3), 258–260.
- Migliori, G. B., Marx, F. M., Ambrosino, N., van den Boom, M., Ehsan, M. A., Dheda, K., et al. (2021). Clinical standards for the assessment, management and rehabilitation of post-TB lung disease. *European Respiratory Journal*, 58(6), Article 2102405.
- Orooj, M., Pant, A., Mujaddadi, A., Jain, M., & Ahmed, I. (2023). Short-term pulmonary rehabilitation among post-pulmonary tuberculosis patients during coronavirus disease 2019 pandemic. *Thoracic Research and Practice*, 24(3), 131–136. <https://doi.org/10.5152/ThoracResPract.2023.22147>
- Silva, D. R., Mello, F. C. Q., & Migliori, G. B. (2023). Diagnosis and management of post-tuberculosis lung disease. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, 49(1), e20220239.
- Singh, S. J., Puhan, M. A., Andrianopoulos, V., Hernandez, N. A., Mitchell, K. E., Hill, C. J., et al. (2014). An official systematic review of the European Respiratory

- Society/American Thoracic Society: Measurement properties of field walking tests in chronic respiratory disease. *European Respiratory Journal*, 44(6), 1447–1478.
- Spruit, M. A., Singh, S. J., Garvey, C., ZuWallack, R., Nici, L., Rochester, C., et al. (2013). An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: Key concepts and advances in pulmonary rehabilitation. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 188(8), e13–e64.
- Tolba, S. K., Abd El-Hady, A. A., Moussa, H., Abd Alaal, M. S. E. M., Amin, W., & Aboelmagd, F. (2021). Efficacy of pulmonary rehabilitation program in patients with treated pulmonary tuberculosis. *Systematic Reviews in Pharmacy*, 12(3), 516–521.
- Torres, D. F. M., Guimarães, F. S., Meireles, N. A. S., Cardoso, A. P., Migliori, G. B., & Mello, F. C. Q. (2025). Functional capacity and quality of life after telerehabilitation in post-tuberculosis lung disease: A randomized controlled trial. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, 51(6), e20250222. <https://doi.org/10.36416/1806-3756/e20250222>
- Visca, D., Centis, R., D'Ambrosio, L., Muñoz-Torrico, M., Chakaya, J. M., Tiberi, S., et al. (2020). Post-tuberculosis sequelae: The need to look beyond treatment outcome. *International Journal of Tuberculosis and Lung Disease*, 24(8), 761–762.
- World Health Organization. (2024). *Global tuberculosis report 2024*. World Health Organization.
- Wu, D., Wang, L., & Zhang, L. (2024). Efficacy and safety of step-by-step Baduanjin exercise based on doctor-nurse-patient integration mode for pulmonary rehabilitation in patients after lobectomy due to pulmonary tuberculosis: A randomized controlled clinical trial. *Journal of Cardiothoracic Surgery*, 19, 520. <https://doi.org/10.1186/s13019-024-03042-w>
- Xu, Z., Chen, W., & Li, X. (2021). Effects of comprehensive nursing intervention combined with respiratory functional exercises on pulmonary function and self-care ability in patients with pulmonary tuberculosis: Results of a randomized trial. *Annals of Palliative Medicine*, 10(7), 7543–7550. <https://doi.org/10.21037/apm-21-1178>