

BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN REKOMENDASI

Bab lima mendeskripsikan simpulan, implikasi, rekomendasi, dan keterbatasan yang didasarkan atas hasil penelitian. Berikut dipaparkan kesimpulan, implikasi, dan rekomendasi bagi pihak-pihak yang relevan, yang diakhiri dengan keterbatasan penelitian.

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai Perbedaan pengaruh aktivitas di ruang terbuka dan ruang terbuka berpolusi serta pemberian antioksidan terhadap inflamasi dan *mitochondrial biogenesis* paru-paru, diperoleh beberapa simpulan sebagai berikut.

- 1) Aktivitas berpengaruh signifikan terhadap IL-6 tetapi tidak signifikan terhadap NF- κ B jaringan paru-paru. Aktivitas intensitas sedang secara signifikan berpengaruh terhadap penurunan sitokin IL-6. Pengaruh aktivitas terhadap IL-6 maupun NF- κ B tersebut tidak berinteraksi dengan polusi maupun pemberian ekstrak daun *Moringa oleifera*. Aktivitas dapat mempengaruhi tingkat IL-6, tetapi tidak memiliki pengaruh yang signifikan pada NF- κ B karena proses dan jalur biokimia yang terlibat dalam respons tubuh terhadap aktivitas fisik berbeda untuk masing-masing sitokin dan molekul sinyal. Meskipun aktivitas dapat mempengaruhi beberapa sitokin seperti IL-6, namun pengaruhnya tidak selalu merata di seluruh jalur biokimia yang terlibat dalam respons inflamasi. Meskipun IL-6 dan NF- κ B memiliki peran yang berbeda dalam sistem kekebalan tubuh dan proses inflamasi, keduanya sering bekerja bersama-sama atau saling berpengaruh dalam mengatur respons kekebalan tubuh terhadap infeksi dan kondisi patologis lainnya
- 2) Aktivitas juga berpengaruh signifikan terhadap biomaker *mitochondrial biogenesis* PGC-1 α dan TOM20, namun tidak berpengaruh signifikan terhadap COXIV jaringan paru-paru. Aktivitas berpengaruh secara signifikan terhadap PGC-1 α dan TOM20 jaringan paru-paru. Pengaruh aktivitas terhadap TOM20 turut ditentukan oleh polusi udara dan pemberian ekstrak daun *Moringa oleifera*. Polusi udara memberikan efek menurunkan pengaruh aktivitas terhadap

TOM20, sedangkan pemberian ekstrak daun *Moringa oleifera* menurunkan pengaruh aktivitas terhadap TOM20. PGC-1 α berperan dalam mengatur adaptasi seluler terhadap perubahan lingkungan, seperti latihan fisik, diet, dan kondisi stres oksidatif. Pengaruh aktivitas di ruang terbuka terhadap TOM20 secara statistik tidak memiliki pengaruh, namun secara practical significant TOM20 berperan dalam mekanisme impor protein ke dalam mitokondria selama latihan. Adanya kesesuaian dengan temuan penelitian mengenai proses aktivitas dengan intensitas berat memiliki kebutuhan akan protein mitokondria meningkat untuk memperkuat dan memperbaiki mitokondria yang ada, serta memiliki nilai positif mempengaruhi adaptasi mitokondria selama latihan berulang. sedangkan pengaruh aktivitas fisik di ruang terbuka terhadap COX IV secara statistik tidak memiliki pengaruh, namun secara practical significant selama aktivitas fisik kebutuhan untuk ATP meningkat, dan COX IV berperan dalam mengoptimalkan proses fosforilasi oksidatif, di mana oksigen digunakan untuk menghasilkan ATP dengan efisien.

- 3) Polusi udara secara parsial tidak berpengaruh signifikan terhadap IL-6 dan NF- κ B jaringan paru-paru. Namun ketika berinteraksi dengan pemberian ekstrak daun *Moringa oleifera*, polusi berpengaruh signifikan terhadap IL-6. Latihan, secara keseluruhan memiliki efek positif yang lebih besar daripada efek negatif yang timbul dari paparan polusi udara. Hal ini sesuai temuan penelitian bahwa melakukan aktivitas fisik di ruang terbuka berpolusi memiliki proteksi terhadap proses inflamasi yang berdampak penurunan paparan polusi dibandingkan dengan tidak melakukan aktivitas fisik.
- 4) Secara parsial, polusi berpengaruh signifikan pada TOM20 namun tidak berpengaruh signifikan terhadap PGC-1 α dan COX IV jaringan paru-paru. Pengaruh polusi terhadap TOM20 turut ditentukan oleh interaksi dengan aktivitas fisik dan pemberian ekstrak daun *Moringa oleifera*. Aktivitas fisik, terutama latihan kardiovaskular dan latihan resistensi, dapat meningkatkan ekspresi PGC-1 α . Peningkatan ekspresi PGC-1 α dapat menghasilkan efek positif pada kesehatan metabolik dan respons adaptasi tubuh terhadap berbagai kondisi

Lucky Angkawidjaja Roring, 2024

**PERBEDAAN PENGARUH AKTIVITAS DI RUANG TERBUKA
DAN RUANG TERBUKA BERPOLUSI SERTA PEMBERIAN ANTIOKSIDAN TERHADAP INFLAMASI
DAN MITOCHONDRIAL BIOGENESIS PARU-PARU**

fisiologis dan lingkungan, termasuk aktivitas fisik dan latihan. Hal ini berkontribusi pada peningkatan *mitochondrial biogenesis*, kapasitas aerobik, dan penyesuaian tubuh terhadap latihan secara keseluruhan. Aktivitas fisik di ruang terbuka tetap memiliki banyak manfaat kesehatan, seperti peningkatan kapasitas aerobik, peningkatan kekuatan otot, dan dukungan kesehatan mental. Namun, jika seseorang berolahraga di daerah yang sangat terpolusi, potensi dampak negatif dari paparan polusi udara mungkin harus dipertimbangkan.

- 5) Pemberian ekstrak daun *Moringa oleifera* berpengaruh signifikan terhadap IL-6 namun tidak berpengaruh signifikan terhadap NF- κ B jaringan paru-paru. Pemberian ekstrak daun *Moringa oleifera* secara signifikan menurunkan IL-6 jaringan paru-paru. Pengaruh pemberian ekstrak daun *Moringa oleifera* terhadap IL-6 berinteraksi dengan polusi. Ekstrak daun *Moringa oleifera* memiliki sifat antioksidan yang dapat membantu mengurangi stres oksidatif dan dengan demikian menurunkan pelepasan IL-6. Efek pemberian ekstrak daun *Moringa oleifera* juga terhadap NF- κ B lebih kompleks dan tidak selalu konsisten
- 6) Secara parsial, pemberian ekstrak daun *Moringa oleifera* tidak berpengaruh signifikan terhadap PGC-1 α , TOM20, dan COX IV jaringan paru-paru. Namun ketika berinteraksi dengan aktivitas fisik dan polusi, pemberian ekstrak daun *Moringa oleifera* berpengaruh signifikan terhadap TOM20. Olahraga di ruang terbuka dapat merangsang *mitochondrial biogenesis*, serta pemberian antioksidan ketika olahraga tersebut dilakukan dapat membantu melindungi mitokondria dari kerusakan oksidatif berlebihan yang dapat mengganggu fungsi mitokondria, membantu menjaga kesehatan mitokondria, serta mempromosikan *mitochondrial biogenesis* yang efisien. Dengan demikian, kombinasi olahraga di ruang terbuka dan pemberian antioksidan dapat memiliki efek sinergis dalam meningkatkan *mitochondrial biogenesis*. Kendatipun demikian, pemberian dosis antioksidan, jenis, intensitas, dan durasi olahraga, serta tingkat kebugaran individu juga patut dipertimbangkan dalam hal ini

5.2 Implikasi

Penelitian menghasilkan beberapa implikasi penting, terutama bagi Program Studi Pendidikan Olahraga, Pendidikan Olahraga secara umum, serta Kebijakan Publik.

1) Program Studi Pendidikan Olahraga

Hasil penelitian menunjukkan olahraga masih memungkinkan untuk dilakukan di ruang terbuka yang memiliki tingkat polusi sedang. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, implikasi bagi Program Studi Pendidikan Olahraga adalah sebagai berikut.

Pertama, penelitian ini mempromosikan aktivitas fisik termasuk olahraga dapat dilakukan di manapun termasuk di ruang terbuka yang memiliki tingkat polusi sedang, dengan catatan mengkonsumsi suplemen antioksidan, khususnya bersumber dari ekstrak daun *Moringa oleifera*.

Kedua, temuan penelitian ini memperkuat paradigma *Development Through Sport*, karena olahraga dapat dilakukan di manapun termasuk bagi masyarakat perkotaan yang rentan terkena paparan polusi.

Ketiga, temuan penelitian ini menjadi dasar pijakan penyusunan *policy brief* di perkotaan berkaitan dengan promosi olahraga kepada masyarakat dan penggunaan suplemen antioksidan.

2) Untuk Pendidikan Olahraga

Pertama, kesadaran tentang kualitas udara. Riset ini dapat meningkatkan kesadaran mengenai pentingnya kualitas udara dalam melakukan olahraga di ruang terbuka. Dengan mengetahui bahwa olahraga di ruang terbuka berpolusi dapat memengaruhi proses inflamasi dan *mitochondrial biogenesis* paru-paru, penting untuk mengambil langkah-langkah yang tepat dalam memastikan udara yang bersih dan sehat untuk kegiatan olahraga. Temuan penelitian meningkatkan kesadaran akan pentingnya kebersihan udara di sekitar kita. Pendidik olahraga dapat menggunakan hasil riset ini untuk mengajarkan pentingnya memilih lingkungan yang bersih dan aman untuk berolahraga serta mengadvokasi upaya-upaya perlindungan lingkungan yang lebih baik. Riset ini dapat meningkatkan kesadaran

Lucky Angkawidjaja Roring, 2024

**PERBEDAAN PENGARUH AKTIVITAS DI RUANG TERBUKA
DAN RUANG TERBUKA BERPOLUSI SERTA PEMBERIAN ANTIOKSIDAN TERHADAP INFLAMASI
DAN MITOCHONDRIAL BIOGENESIS PARU-PARU**

tentang bahaya polusi udara terhadap kesehatan paru-paru. Dengan menyoroti perbedaan efek olahraga di ruang terbuka dan ruang terbuka berpolusi, penelitian ini dapat menggugah kepedulian terhadap kualitas udara di sekitar tempat berolahraga.

Kedua, pemilihan tempat dan waktu olahraga. Implikasi riset ini dapat membantu pendidikan olahraga dalam memberikan panduan yang lebih spesifik terkait pemilihan tempat dan waktu olahraga. Misalnya, jika diketahui bahwa ruang terbuka berpolusi dapat meningkatkan proses inflamasi paru-paru, pendidikan olahraga dapat mendorong peserta untuk melakukan olahraga di ruang terbuka yang lebih bersih atau memilih waktu dengan tingkat polusi udara yang lebih rendah.

Ketiga, pemberdayaan antioksidan dalam olahraga. Riset menyoroti peran antioksidan dalam melindungi paru-paru dari efek negatif polusi udara saat melakukan olahraga di ruang terbuka. Implikasi ini dapat memberikan dorongan untuk pendidikan olahraga dalam memperkenalkan pentingnya konsumsi makanan atau suplemen yang kaya antioksidan sebagai bagian dari pola makan yang sehat untuk atlet atau peserta olahraga. Jika riset menunjukkan bahwa pemberian antioksidan memiliki efek positif terhadap inflamasi dan *mitochondrial biogenesis* paru-paru, hal tersebut dapat memberikan dasar bagi pendidik olahraga untuk memasukkan pendekatan yang melibatkan suplementasi antioksidan dalam program latihan. Pendidik olahraga dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang peran antioksidan dalam melindungi organ paru-paru dan mempromosikan kesehatan respiratori. Studi ini juga menyoroti peran antioksidan dalam melindungi paru-paru dari efek negatif polusi udara. Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk menyusun program latihan dan suplemen antioksidan yang lebih efektif bagi individu yang terpapar polusi udara saat berolahraga di ruang terbuka.

Keempat, pemahaman lebih dalam tentang dampak olahraga terhadap kesehatan paru-paru. Riset ini dapat membantu meningkatkan pemahaman tentang dampak olahraga terhadap kesehatan paru-paru secara lebih spesifik. Dengan mengetahui bahwa olahraga di ruang terbuka berpolusi dapat memengaruhi proses inflamasi dan *mitochondrial biogenesis* paru-paru, pendidikan olahraga dapat

Lucky Angkawidjaja Roring, 2024

**PERBEDAAN PENGARUH AKTIVITAS DI RUANG TERBUKA
DAN RUANG TERBUKA BERPOLUSI SERTA PEMBERIAN ANTIOKSIDAN TERHADAP INFLAMASI
DAN MITOCHONDRIAL BIOGENESIS PARU-PARU**

menyediakan informasi yang lebih rinci dan akurat tentang manfaat olahraga terhadap kesehatan paru-paru serta langkah-langkah yang perlu diambil untuk meminimalkan risiko yang mungkin timbul.

Kelima, pengembangan kurikulum pendidikan olahraga. Implikasi riset ini dapat berkontribusi terhadap pengembangan kurikulum pendidikan olahraga yang lebih holistik. Dalam mengajarkan siswa tentang manfaat olahraga, penting untuk memasukkan pemahaman tentang faktor lingkungan, termasuk polusi udara, dan pengaruhnya terhadap kesehatan paru-paru. Dengan memperluas wawasan siswa tentang kaitan antara aktivitas fisik, lingkungan, dan kesehatan, kurikulum olahraga dapat menjadi lebih komprehensif dan relevan. Riset ini dapat memberikan sumbangan berharga bagi pendidikan olahraga dalam memperkaya pemahaman tentang interaksi antara olahraga, lingkungan, dan kesehatan paru-paru. Implikasi-implikasi tersebut dapat diintegrasikan dalam program pelatihan, pedoman, atau rekomendasi untuk membantu peserta olahraga mengoptimalkan manfaat olahraga mereka sambil melindungi kesehatan paru-paru mereka. Dalam pendidikan olahraga, riset seperti ini memberikan wawasan yang berharga dan dapat membantu meningkatkan pemahaman tentang pengaruh olahraga, lingkungan, dan suplementasi terhadap kesehatan paru-paru. Implikasi dari riset ini dapat digunakan untuk memperkaya kurikulum pendidikan olahraga dan membantu peserta didik untuk mengambil keputusan yang lebih bijaksana dalam menjaga kesehatan paru-paru mereka. Pendidikan olahraga dapat mempromosikan pentingnya asupan antioksidan dalam makanan dan suplemen untuk melindungi paru-paru dari kerusakan oksidatif. Upaya dimaksud dapat melibatkan pemahaman yang lebih baik tentang makanan yang kaya antioksidan dan strategi untuk memasukkannya ke dalam pola makan sehari-hari. Implikasi riset ini memberikan landasan bagi pendidikan olahraga untuk mengintegrasikan pengetahuan tentang lingkungan olahraga, inflamasi paru-paru, *mitochondrial biogenesis*, serta peran antioksidan dalam program-program mereka. Hal ini dapat membantu mendorong pola hidup yang sehat, lingkungan olahraga yang aman, dan perlindungan kesehatan paru-paru.

Lucky Angkawidjaja Roring, 2024

**PERBEDAAN PENGARUH AKTIVITAS DI RUANG TERBUKA
DAN RUANG TERBUKA BERPOLUSI SERTA PEMBERIAN ANTIOKSIDAN TERHADAP INFLAMASI
DAN MITOCHONDRIAL BIOGENESIS PARU-PARU**

Keenam, pemahaman tentang lingkungan yang lebih optimal. Riset ini dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang perbedaan pengaruh olahraga di ruang terbuka dan ruang terbuka berpolusi terhadap kesehatan paru-paru. Dengan demikian, dapat diberikan pengetahuan yang lebih dalam kepada pendidik dan peserta didik mengenai pentingnya memilih tempat berolahraga yang sesuai untuk mengurangi risiko inflamasi paru-paru dan mempromosikan *mitochondrial biogenesis* yang sehat.

Ketujuh, pengembangan program olahraga yang lebih efektif. Implikasi riset ini dapat membantu dalam pengembangan program olahraga yang lebih efektif dalam memperbaiki kesehatan paru-paru. Pendidikan olahraga dapat mengintegrasikan pengetahuan tentang lingkungan olahraga dan manfaat antioksidan ke dalam program-program ini untuk memastikan bahwa para peserta olahraga mendapatkan manfaat yang optimal bagi paru-paru mereka.

3) Kebijakan Publik

Pertama, Perencanaan lokasi olahraga. Penelitian ini dapat membantu dalam perencanaan lokasi tempat berolahraga. Dengan mengetahui bahwa olahraga di ruang terbuka berpolusi dapat berdampak negatif terhadap proses inflamasi dan *mitochondrial biogenesis* paru-paru, pendidik olahraga dapat memilih lokasi yang lebih aman dan lebih sehat untuk kegiatan fisik.

Kedua, keberlanjutan dan kebijakan lingkungan. Implikasi riset ini juga dapat mendorong upaya keberlanjutan dan kebijakan lingkungan yang lebih baik. Jika ditemukan bahwa polusi udara berdampak negatif terhadap kesehatan paru-paru, hasil tersebut dapat menjadi pemantik untuk tindakan kolektif dalam mengurangi polusi udara dan melindungi kesehatan paru-paru masyarakat secara keseluruhan. Para pemegang kebijakan berperan dalam mendukung inisiatif ini dengan menyebarkan informasi dan meningkatkan kesadaran tentang pentingnya lingkungan yang sehat untuk aktivitas fisik.

5.3 Rekomendasi

Lucky Angkawidjaja Roring, 2024
**PERBEDAAN PENGARUH AKTIVITAS DI RUANG TERBUKA
DAN RUANG TERBUKA BERPOLUSI SERTA PEMBERIAN ANTIOKSIDAN TERHADAP INFLAMASI
DAN MITOCHONDRIAL BIOGENESIS PARU-PARU**

Beberapa rekomendasi yang dihasilkan berdasarkan penelitian ditujukan kepada pihak terkait, yakni bagi Universitas Pendidikan Indonesia serta peneliti selanjutnya. Rekomendasi untuk masing-masing pihak dijelaskan sebagai berikut.

1) Universitas Pendidikan Indonesia

Hasil penelitian menunjukkan, *Moringa oleifera* merupakan tanaman endemis di Indonesia yang memiliki beragam manfaat, di antaranya sebagai antioksidan dan anti inflamasi yang perlu dikembangkan. Kaitan dengan itu maka bagi pihak Universitas Pendidikan Indonesia direkomendasikan hal-hal sebagai berikut.

Pertama, dalam rangka mendukung program Universitas sebagai Kampus Sehat, *Moringa oleifera* dapat menjadi alternatif untuk dipilih menjadi salah satu tanaman yang dibudidayakan di sekitar kampus, khususnya di *Botanical Garden* dan tempat-tempat lain yang masih kosong namun aman untuk ditanami *Moringa oleifera*.

Kedua, dalam rangka pengembangan riset, dapat dilakukan produksi dan hilirisasi produk ekstrak daun *Moringa* dengan melibatkan pakar transdisiplin dalam bidang ilmu olahraga, ilmu medis, tata boga, dan gizi. Dengan kata lain, penelitian ini mendukung inovasi rekayasa aneka produk makanan yang berbahan baku ekstrak daun *Moringa*.

2) Peneliti selanjutnya

Hasil penelitian dapat menjadi dasar dan mendorong para ilmuwan serta peneliti untuk melanjutkan studi tentang pengaruh olahraga di lingkungan yang berbeda dan penggunaan antioksidan pada kesehatan paru-paru. Dengan demikian, pengetahuan mengenai hubungan antara olahraga, lingkungan, dan kesehatan paru-paru dapat terus berkembang. Berdasarkan keterbatasan penelitian serta hasil penelitian yang telah dilakukan, rekomendasi bagi peneliti selanjutnya, adalah sebagai berikut.

Pertama, dalam penelitian ini, aktivitas fisik di luar perlakuan tidak dapat dikendalikan dan dimonitor secara ketat. Satu kelompok sampel 5 tikus dimasukkan ke dalam kontainer berukuran 70 x 50 x 55 cm, sehingga memungkinkan tikus

Lucky Angkawidjaja Roring, 2024

**PERBEDAAN PENGARUH AKTIVITAS DI RUANG TERBUKA
DAN RUANG TERBUKA BERPOLUSI SERTA PEMBERIAN ANTIOKSIDAN TERHADAP INFLAMASI
DAN MITOCHONDRIAL BIOGENESIS PARU-PARU**

beraktivitas secara bervariasi. Kondisi ini dapat berpengaruh terhadap volume aktivitas setiap tikus baik pada kelompok aktivitas maupun tanpa aktivitas. Riset berikutnya perlu menyamakan volume aktivitas sebelum perlakuan dengan cara membatasi ruang gerak setiap tikus.

Kedua, penelitian ini menggunakan sampel tiap kelompok sebanyak lima subjek. Meskipun secara teoretik ukuran sampel lima memenuhi syarat menurut Federer namun sampel kecil ini menyebabkan ketidakstabilan hasil dalam uji statistika. Sehubungan itu, untuk memvalidasi temuan riset ini diperlukan penelitian lanjutan dengan menggunakan ukuran sampel yang memadai, misalnya minimal 20 sampel per kelompok sehingga penggunaan uji statistik yang *powerfull* seperti Manova dapat dipenuhi persyaratannya.

Ketiga, olahraga dengan intensitas sedang pada penelitian ini hanya menggunakan *treadmill*. Untuk memvalidasi temuan penelitian ini maka pada penelitian selanjutnya dapat dipilih jenis olahraga dengan intensitas sedang yang lebih bervariasi, misalnya berenang.

Keempat, riset selanjutnya dapat dijajaki dilakukan dengan menggunakan partisipan manusia sebagai subjek. Caranya dengan pengambilan sampel parameter melalui darah dengan pertimbangan meningkatnya fenomena minat masyarakat berolahraga seperti *jogging*, berenang, bersepeda, serta meningkatnya pemanfaatan *Moringa oleifera* sebagai suplemen yang bahkan dipandang sebagai *the magic tree* atau pohon kehidupan. Kendatipun WHO memandang *Moringa* sebagai *the miracle tree*, namun ketepatan dosis dalam konsumsi *Moringa* belum diketahui dan menjadi objek penelitian aktif selama ini.

Kelima, penelitian lanjutan dan pengembangan metodologi. Hasil riset ini dapat menjadi titik awal untuk penelitian lanjutan dalam bidang yang sejenis. Penelitian lebih lanjut dapat melibatkan sampel yang lebih besar, pemantauan jangka panjang, atau mempelajari efek kombinasi antara olahraga di ruang terbuka, polusi, dan pemberian antioksidan. Selain itu, pengembangan metodologi penelitian yang lebih baik juga dapat diperoleh dari riset ini, seperti penggunaan

teknologi pemantauan paru-paru yang lebih canggih atau metode analisis yang lebih sensitif.

3) Hilirisasi Hasil Penelitian

Hasil penelitian dapat dikembangkan dalam menghasilkan produk suplemen antioksidan untuk menjaga kesehatan paru-paru bagi penggiat aktivitas fisik di luar ruangan terbuka di daerah perkotaan yang memiliki tingkat polusi udara sedang yang diakibatkan oleh asap kendaraan bermotor dan pembakaran organik lainnya.

5.4 Keterbatasan Penelitian

Kendatipun telah berusaha dilaksanakan dengan seoptimal mungkin, namun penelitian masih memiliki beberapa keterbatasan, baik dari segi proses maupun metodologis, sebagai berikut.

- 1) Dalam penelitian ini, aktivitas fisik di luar perlakuan tidak dapat dikendalikan dan dimonitor secara ketat sehingga memungkinkan tikus beraktivitas secara bervariasi. Kondisi ini dapat berpengaruh terhadap volume aktivitas fisik setiap tikus baik pada kelompok aktivitas maupun tanpa aktivitas.
- 2) Penelitian ini menggunakan sampel tiap kelompok sebanyak lima subjek. Meskipun secara teoretik ukuran sampel lima memenuhi syarat menurut Federer namun sampel kecil ini menyebabkan ketidakstabilan hasil dalam uji statistika.
- 3) Aktivitas dengan intensitas sedang pada penelitian ini hanya menggunakan *treadmill*.
- 4) Subjek penelitian menggunakan tikus Wistar jantan yang pada beberapa kondisi memiliki keterbatasan dengan partisipan sesungguhnya yang diukur yakni manusia.
- 5) Penelitian masih melibatkan sampel yang terbatas, pemantauan jangka pendek, serta penggunaan teknologi pemantauan paru-paru yang relatif sederhana.