

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Tuberkulosis

##### 1. Definisi Tuberkulosis

Tuberkulosis atau TB merupakan suatu penyakit infeksi yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis* yang dapat menular melalui percikan dahak. Bakteri ini berbentuk batang dan bersifat tahan asam sehingga sering dikenal dengan Basil Tahan Asam (BTA). Sebagian besar bakteri TB sering ditemukan menginfeksi parenkim paru dan menyebabkan TB paru tetapi bakteri ini juga dapat menyerang ginjal, tulang, sendi, kelenjar getah bening, atau selaput otak. Tuberkulosis tidak berasal dari keturunan dan dapat disembuhkan dengan pengobatan teratur yang dipantau oleh Pengawasan Minum Obat (PMO) (Kemenkes RI, 2019).

##### 2. Penyebab Penyakit Tuberkulosis

Penyebab penyakit TB adalah bakteri *Mycobacterium tuberculosis*. Terdapat dua macam tipe bakteri *Mycobacterium tuberculosis* yaitu tipe *human* dan tipe *bovin*. Basil tipe *bovin* berada dalam susu sapi yang menderita mastitis tuberkulosis usus. Basil tipe *human* bisa berada di bercak ludah (*droplet*) di udara yang berasal dari penderita TB terbuka dan orang yang rentan terinfeksi TB apabila menghirup bercak ini (Arwandi, 2019). Organisme yang terinhalasi dan masuk ke paru-paru, dapat menyebabkan bakteri bertahan hidup dan menyebar ke *nodus limfatikus local*. Tuberkulosis adalah penyakit menular yang disebabkan oleh basil *Mycobacterium tuberculosis* tipe *humanus*. Bakteri ini berbentuk batang dengan panjang

sekitar 1-4  $\mu\text{m}$  dan lebar 0,3-0,6  $\mu\text{m}$ . Sebagian besar bakteri ini memiliki ketahanan tinggi terhadap asam serta gangguan kimia dan fisik. Basil tuberkulosis dalam dahak dapat bertahan hidup selama 20–30 jam, sedangkan basil yang terdapat dalam percikan bahan atau *droplet* dapat bertahan hingga 8–10 hari (Supriatun dan Insani, 2020).

Bakteri *Mycobacterium tuberculosis* dapat bertahan hidup diudara selama berbulan-bulan bahkan bertahun-tahun pada kondisi yang mendukung pertumbuhan bakteri tersebut, namun dapat mati dalam hitungan jam jika terpapar sinar matahari, sabun, lisol, karbol, atau panas dari api (Purnama, 2016). Pada rumah dengan syarat kesehatan yang sesuai standar Permenkes No.2 Tahun 2023 akan menyebabkan kemampuan bertahan hidup bakteri *Mycobacterium tuberculosis* menjadi terbatas. Rumah yang memiliki ventilasi dan pencahayaan matahari yang memenuhi syarat dapat membunuh bakteri di udara dan pada permukaan benda dalam beberapa jam (Monintja *et al.*, 2020).

### 3. Patofisiologi Penyakit Tuberkulosis

*Mycobacterium tuberculosis* yang terhirup melalui *droplet nuclei* akan terbawa melalui saluran pernapasan menuju percabangan trakeobronkial dan akhirnya mencapai alveolus lalu menyebabkan infeksi primer akibat proses fagositosis oleh sel makrofag alveolar, yang bertindak sebagai garis pertahanan imun nonspesifik pertama atau dikenal sebagai sistem imun bawaan. Respon awal ini bergantung pada dua hal yaitu tingkat virulensi bakteri serta kemampuan bakterisidal makrofag dalam menghancurkannya.

Apabila bakteri mampu bertahan dari proses fagositosis, maka bakteri *Mycobacterium tuberculosis* akan mulai beradaptasi dan bermultiplikasi di dalam makrofag. Proses multiplikasi berlangsung lambat, dengan waktu pembelahan setiap 23 hingga 32 jam. Berbeda dengan banyak patogen lain, *Mycobacterium tuberculosis* tidak menghasilkan toksin seperti endotoksin atau eksotoksin, sehingga seringkali tidak menimbulkan reaksi imun akut pada fase awal infeksi. Selama periode 2 hingga 12 minggu, jumlah bakteri meningkat secara perlahan sampai mencapai tingkat yang cukup untuk memicu respons imun spesifik atau adaptif (Kemenkes RI, 2020).

Sistem imun seluler mulai terbentuk yaitu kerja sama antara sistem imun adaptif dengan dukungan sistem imun bawaan. Pada tahap ini sistem imun seluler mulai mengenali keberadaan patogen, yang dapat dideteksi melalui reaksi positif pada uji tuberkulin (*Tuberculin Skin Test*). Interaksi antara *Mycobacterium tuberculosis* dengan sistem kekebalan tubuh pada masa awal infeksi membentuk granuloma. Granuloma terdiri atas gumpalan basil hidup dan mati yang dikelilingi oleh makrofag. Akumulasi sel-sel ini membentuk area peradangan lokal di jaringan paru yang disebut fokus Ghon. Sebelum respons imun seluler terbentuk secara efektif, bakteri yang lolos dari pertahanan awal dapat menyebar melalui sistem limfatik ke nodus limfe hilus, membentuk kompleks primer Ghon, yakni gabungan antara fokus infeksi di paru dan pembengkakan kelenjar limfa (Kemenkes RI, 2020; Mariyah dan Zulkarnain, 2021).

Apabila sistem imun cukup kuat, proses ini akan berujung pada fibrosis dan kalsifikasi jaringan, dan sebagian besar bakteri akan dieliminasi. Namun, beberapa basil dapat tetap hidup dalam keadaan dorman (tidur), membentuk infeksi laten yang dapat bertahan bertahun-tahun tanpa gejala klinis. Dalam kondisi tersebut, individu tetap akan menunjukkan reaksi positif terhadap uji tuberkulin dalam 4–6 minggu setelah infeksi awal. Sebaliknya, jika respon imun tidak efektif, basil dapat menyebar melalui sistem limfatik ke aliran darah dan menjangkau berbagai organ. Hal ini dapat menyebabkan perkembangan tuberkulosis aktif, baik dalam bentuk TB paru maupun TB ekstraparu, dalam hitungan minggu hingga bulan setelah infeksi primer (Kemenkes RI, 2020).

#### 4. Klasifikasi Penyakit Tuberkulosis

Menurut Perhimpunan Dokter Paru Indonesia (2021) penyakit tuberkulosis dapat diklasifikasikan berdasarkan lokasi infeksi menjadi dua jenis utama, yaitu tuberkulosis paru dan tuberkulosis ekstra paru:

##### a. Tuberkulosis Paru

Penyakit ini adalah jenis yang paling umum ditemukan, dengan prevalensi mencapai hampir 80% dari seluruh kasus. Tuberkulosis yang menyerang jaringan paru adalah jenis TB yang sangat mudah menular ke orang lain. Penularan terjadi ketika bakteri penyebabnya keluar dari tubuh penderita. Pasien TB yang menderita TB paru dan ekstraparu bersamaan diklasifikasikan sebagai TB paru.

#### b. Tuberkulosis Ekstra Paru

Tuberkulosis jenis ini menyerang organ tubuh selain paru-paru, seperti pleura, kelenjar getah bening, persendian tulang belakang, saluran kemih dan sistem saraf pusat. Penyakit TB ini dapat menyebar secara perlahan ke berbagai organ tubuh dan jika kerusakan pada organ-organ tersebut tidak tertangani, hal ini dapat menyebabkan kematian pada penderita.

#### 5. Gejala Penyakit Tuberkulosis

Gejala utama pada pasien tuberkulosis adalah batuk berdahak yang berlangsung selama 2-3 minggu atau lebih. Batuk ini bisa disertai dengan gejala tambahan seperti dahak bercampur darah, batuk darah, sesak napas, tubuh terasa lemas, penurunan nafsu makan, penurunan berat badan, rasa tidak nyaman (*malaise*), berkeringat di malam hari tanpa aktivitas fisik, serta demam ringan yang berlangsung lebih dari satu bulan. Gejala-gejala ini juga bisa ditemukan pada penyakit paru lain, seperti *bronkiektasis*, *bronkitis* kronis, asma, kanker paru, dan lainnya. Mengingat tingginya prevalensi tuberkulosis di Indonesia, setiap orang yang datang ke fasilitas kesehatan dengan gejala tersebut dianggap sebagai tersangka (*suspek*) tuberkulosis dan perlu dilakukan pemeriksaan dahak secara mikroskopis langsung (Fitriani dan Pratiwi, 2020).

Pada individu dengan sistem kekebalan tubuh yang baik, bakteri TB yang masuk ke dalam tubuh dapat tetap dalam kondisi tidak aktif atau *dorman*. Hal ini menyebabkan terjadinya infeksi TB laten, yang tidak

menimbulkan gejala apa pun dan tidak dapat menular kepada orang lain tetapi jika daya tahan tubuh penderita TB laten menurun, bakteri TB dapat menjadi aktif dan menimbulkan gejala (Siregar *et al.*, 2023).

#### 6. Diagnosis Tuberkulosis

Menurut Kemenkes RI (2019) diagnosis tuberkulosis dilakukan melalui gejala klinis, pemeriksaan fisik, serta berbagai pemeriksaan penunjang, termasuk bakteriologis dan radiologis. Suspek tuberkulosis diperiksa dua spesimen dahak mikroskopis dalam waktu 2 hari, yaitu Sewaktu-Pagi-Sewaktu (SPS) untuk memastikan diagnosis. Diagnosis TB paru SPS dibedakan menjadi dua diantaranya:

- a. Diagnosis tuberkulosis paru pada orang dewasa ditegakkan dengan ditemukannya bakteri TB. Dalam program TB nasional, pemeriksaan dahak untuk mendeteksi Bakteri Tahan Asam (BTA) menjadi metode diagnosis utama. Pemeriksaan lain yang dapat menunjang diagnosis TB dapat dilakukan dengan foto toraks, biakan dan uji kepekaan dapat dilakukan sesuai indikasi.
- b. Diagnosis TB tidak boleh hanya didasarkan pada hasil pemeriksaan foto toraks. Hal ini disebabkan karena foto toraks tidak selalu menunjukkan gambaran khas TB paru, sehingga berisiko menyebabkan overdiagnosis.

#### 7. Penularan Penyakit Tuberkulosis

Tuberkulosis menular melalui udara (*droplet*) ketika penderita batuk, bersin, atau berbicara. Satu kali batuk dari penderita tuberkulosis dapat menghasilkan hingga 3.000 *droplet*, sedangkan satu kali bersin dapat

menghasilkan hingga 1 juta *droplet*. Diperlukan 1 hingga 10 basil bakteri untuk menyebabkan infeksi TB. Sumber utama penularan adalah pasien tuberkulosis dengan hasil BTA positif. Individu yang rentan dapat terinfeksi setelah menghirup *droplet* tersebut. Bakteri kemudian masuk ke alveoli dan mulai memperbanyak diri. Proses ini memicu reaksi inflamasi yang menghasilkan eksudat di alveoli serta menyebabkan bronkopneumonia, pembentukan granuloma, dan jaringan fibrosa (Wahdi dan Puspitosari, 2021).

Pasien BTA positif dapat menularkan penyakit kepada 10-15 orang lainnya. Penularan paling infeksius terjadi pada pasien dengan hasil pemeriksaan sputum positif tingkat 3+ (sangat tinggi). Individu dengan TB laten tidak bersifat menular karena bakteri di dalam tubuh mereka tidak aktif dan tidak dapat menyebar ke orang lain. Masa inkubasi TB membutuhkan waktu 3-6 bulan sejak masuknya bakteri penyebab TB ke dalam tubuh hingga munculnya lesi primer atau hasil tes tuberkulosis yang positif (Kemenkes RI, 2019).

Periode paling kritis untuk perkembangan TB adalah 6 hingga 12 bulan pertama setelah terjadinya infeksi. Sekitar 5% dari individu yang awalnya terinfeksi dapat mengalami perkembangan penyakit menjadi TB paru atau menyebar ke organ lain di luar paru-paru sedangkan infeksi laten dapat bertahan sepanjang hidup tanpa menimbulkan gejala. Pada individu dengan infeksi HIV, risiko terkena TB akan meningkat secara signifikan dan masa inkubasi penyakit menjadi lebih singkat (Wahdi dan Puspitosari, 2021).

## 8. Pencegahan Tuberkulosis

Pencegahan penyakit, termasuk tuberkulosis (TB) merupakan langkah penting yang bertujuan untuk menghindari timbulnya penyakit dan berlaku bagi seluruh kelompok masyarakat. Dalam konteks epidemiologi, pencegahan TB dilakukan dengan memutus rantai penularan (*agent*), memperkuat ketahanan individu (*host*), serta menciptakan lingkungan yang sehat (*environment*). Salah satu langkah utama dalam pencegahan TB adalah memutus rantai penularan bakteri *Mycobacterium tuberculosis*. Hal ini dapat dilakukan melalui deteksi dini kasus TB aktif, serta pengobatan yang tepat dan tuntas agar kuman tidak menyebar dan tidak berkembang menjadi resisten terhadap obat (Widiawati dan Puspita, 2022).

Pencegahan juga perlu difokuskan pada peningkatan daya tahan tubuh individu. Kerentanan terhadap TB dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti usia, jenis kelamin, kondisi imunitas, riwayat kontak, serta perilaku hidup sehari-hari. Oleh karena itu, upaya pencegahan mencakup pemberian imunisasi BCG (*Bacillus Calmette Guerin*), menjaga kebersihan rumah, mengonsumsi makanan bergizi seimbang, cukup beristirahat, rutin berolahraga, serta memastikan kondisi rumah memiliki pencahayaan alami dan ventilasi udara yang baik agar tidak pengap dan lembap. Mengurangi kepadatan hunian juga menjadi bagian dari strategi perlindungan terhadap risiko penularan TB (Irwan, 2017; Widiawati dan Puspita, 2022).

Lingkungan tempat tinggal turut memegang peran penting dalam penyebaran penyakit TB karena bakteri mudah menyebar di tempat yang



padat, lembap, dan gelap. Kondisi rumah yang tidak memenuhi standar kesehatan seperti ventilasi buruk, kelembapan tinggi, pencahayaan alami rendah, dan kepadatan penghuni yang tinggi dapat mempercepat penularan penyakit ini. Upaya pencegahan dalam aspek lingkungan mencakup perbaikan sanitasi, penyediaan ventilasi silang, mengurangi kepadatan hunian, dan edukasi tentang pentingnya lingkungan sehat (Purnama, 2016; Hulu *et al.*, 2020).

## **B. Faktor Penyebab Penyakit TB**

Penyakit tuberkulosis muncul sebagai hasil dari interaksi berbagai faktor, yang dikenal sebagai penyebab majemuk (*multiple causation of disease*). Berdasarkan Teori Segitiga Epidemiologi yang dikemukakan oleh John Gordon dalam Suharyo (2017), terjadinya penyakit dipengaruhi oleh hubungan antara tiga komponen utama, yaitu agen penyebab (*agent*), pejamu (*host*), dan lingkungan (*environment*) (Suharyo *et al.*, 2017). Segitiga epidemiologi adalah model yang menjelaskan interaksi antara *host* (pejamu), *agent* (penyebab), dan *environment* (lingkungan). Model ini menyatakan bahwa perubahan pada salah satu komponen dapat memengaruhi keseimbangan interaksi ketiga komponen tersebut, yang pada akhirnya dapat meningkatkan atau menurunkan jumlah penyakit. Kondisi sehat terjadi ketika agen penyebab penyakit dan pejamu berada dalam keadaan seimbang tetapi gangguan pada keseimbangan ini dapat menyebabkan seseorang menjadi sehat atau sakit (Irwan, 2017). Adapun faktor risiko terjadinya TB yaitu:

## 1. Faktor Penyebab Penyakit (*Agent*)

Agen (*agent*) adalah faktor penting untuk memungkinkan terjadinya penyakit. *Agent* ini dapat berupa makhluk hidup, benda mati, energi, atau elemen lainnya, apabila jumlahnya berlebihan atau kurang menjadi penyebab utama timbulnya penyakit (Suharyo *et al.*, 2017). Tuberkulosis (TB) disebabkan oleh sejenis bakteri yang disebut *Mycobacterium tuberculosis*. Bakteri ini memiliki karakteristik berupa bentuk batang ramping, lurus atau sedikit melengkung dengan ujung membulat, berukuran panjang 1–10 mikron dan lebar 0,2–0,6 mikron. Bakteri ini disebut sebagai Basil Tahan Asam (BTA) karena sulit diwarnai, namun setelah berhasil diwarnai, warnanya akan bertahan dengan sangat baik dan tidak dapat dihilangkan bahkan dengan asam alkohol (Kemenkes RI, 2020). Basil ini mudah mati ketika terkena sinar matahari langsung tetapi dapat bertahan hidup selama beberapa jam di tempat gelap dan lembap. Di dalam jaringan tubuh, *Mycobacterium tuberculosis* dapat berada dalam keadaan *dormant* (tidak aktif) selama bertahun-tahun (Suharyo *et al.*, 2017).

## 2. Faktor Penjamu (*Host*)

Penjamu (*host*) merujuk pada manusia atau makhluk hidup lainnya, termasuk burung dan arthropoda, yang menjadi lokasi berlangsungnya proses alami perkembangan penyakit (Suharyo *et al.*, 2017). Kerentanan penjamu terhadap infeksi *Mycobacterium tuberculosis* bergantung pada

kekuatan sistem imun individu pada saat infeksi terjadi (Darmawansyah dan Wulandari, 2021). Faktor-faktor pada penjamu yang memengaruhi terjadinya penyakit TB antara lain:

a. Usia

Faktor usia sangat penting karena semua angka morbiditas dan mortalitas yang dilaporkan memiliki kaitan erat dengan usia. Usia merupakan salah satu faktor yang menyebabkan terjadinya penyakit TB. Menurut Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (Kemenkes RI), usia dibagi menjadi tiga kategori: usia muda (di bawah 15 tahun), usia produktif (15–64 tahun) dan usia lanjut (di atas 64 tahun). Kelompok usia produktif cenderung lebih rentan terinfeksi TB paru karena tingginya tingkat mobilitas dalam kelompok ini (Purwati *et al.*, 2023). Pada kelompok usia lanjut penurunan daya tahan tubuh terjadi seiring bertambahnya usia menjadi penyebab utama meningkatnya kerentanan terhadap penyakit infeksi, termasuk TB paru (Siregar *et al.*, 2023).

b. Jenis Kelamin

Pada tahun 2023 secara global jumlah kasus TB 55% adalah laki-laki, 33% adalah wanita dan 12% adalah anak-anak (WHO, 2024). Presentase TB semua tipe pada orang berjenis kelamin laki-laki lebih besar daripada orang berjenis kelamin perempuan dikarenakan laki-laki kurang memperhatikan pemeliharaan kesehatan diri sendiri serta laki-laki sering kontak dengan faktor risiko

dibandingkan dengan perempuan. Laki-laki lebih banyak memiliki kebiasaan merokok dan konsumsi alkohol, kebiasaan tersebut dapat menurunkan imunitas tubuh dan akan mudah tertular TB paru (Siregar *et al.*, 2023).

c. Tingkat Pendidikan

Tingkat pendidikan yang rendah berdampak pada keterbatasan pengetahuan dalam menerapkan perilaku hidup bersih dan sehat seseorang, yang secara langsung maupun tidak langsung dapat memengaruhi kualitas lingkungan fisik, biologis, dan sosial. Kondisi ini berpotensi merugikan kesehatan dan berkontribusi terhadap peningkatan risiko terjadinya TB paru sehingga berdampak pada angka kejadian penyakit tersebut tetapi jika pengetahuan seseorang baik maka cenderung menerapkan perilaku hidup bersih dan sehat (Siregar *et al.*, 2023).

d. Pengetahuan

Pengetahuan merupakan domain penting untuk terbentuknya perilaku. Perilaku manusia merupakan refleksi dari pengetahuan dan sikap. Pengetahuan penderita yang baik diharapkan mempunyai sikap yang baik dapat mencegah dan menanggulangi masalah penyakit TB paru. Seseorang yang mempunyai pengetahuan yang baik tentang penularan tuberkulosis paru, akan berupaya untuk mencegah penularannya (Siregar *et al.*, 2023).

e. Penyakit Penyerta (Komorbiditas)

Komorbiditas atau penyakit penyerta adalah penyakit atau kondisi yang terjadi secara bersamaan pada seseorang. Komorbid TB yang umum terjadi ialah Diabetes Melitus (DM) atau infeksi HIV. DM dan HIV adalah penyakit yang sangat memengaruhi sistem kekebalan tubuh sehingga membuat penderitanya lebih rentan terhadap infeksi, termasuk TB. Infeksi HIV akan menyebabkan menurunnya respon imunologi terhadap infeksi bakteri TB sedangkan pada penderita DM, kadar gula darah yang tinggi dapat menjadi salah satu faktor penyebab menurunnya daya tahan tubuh (Kemenkes RI, 2019).

f. Pekerjaan

Jenis pekerjaan seseorang biasanya ditentukan berdasarkan keterampilan yang dimilikinya. Tingkat pendidikan dan keterampilan sangat berperan dalam menentukan jenis pekerjaan. Jenis pekerjaan juga berkaitan erat dengan faktor sosial ekonomi yang berpengaruh terhadap pendapatan keluarga. Pendapatan ini berdampak pada pola hidup sehari-hari, seperti pola konsumsi makanan, perawatan kesehatan, dan kondisi tempat tinggal yang layak. (Siregar *et al.*, 2023).

g. Status Gizi

Status gizi merupakan salah satu faktor yang menentukan fungsi sistem tubuh termasuk sistem imun. Sistem imun dibutuhkan

manusia untuk memproteksi tubuh terutama mencegah terjadinya infeksi yang disebabkan oleh mikroorganisme (Siregar *et al.*, 2023). Masyarakat dengan status gizi yang buruk berisiko lebih tinggi terhadap penyakit TB paru karena sistem imun yang lemah sehingga memudahkan bakteri *Mycobacterium tuberculosis* masuk dan berkembang biak di dalam tubuh (Rahmah *et al.*, 2023).

Faktor lain yang memengaruhi status gizi adalah faktor sosial ekonomi yang salah satunya adalah pendapatan. Masyarakat dengan pendapatan rendah umumnya memiliki keterbatasan dalam memenuhi kebutuhan dasar seperti makanan bergizi dan layanan kesehatan sehingga berdampak pada rendahnya kualitas kesehatan dan status gizi (Yuniar dan Lestari, 2017).

#### h. Imunitas

Pada sisi pejamu, kerentanan terhadap infeksi *Mycobacterium tuberculosis* sangat dipengaruhi oleh daya tahan tubuh seseorang. Daya tahan tubuh didapatkan secara alami maupun buatan. Kekebalan secara alamiah didapatkan apabila seseorang pernah menderita penyakit TB dan secara alamiah membentuk antibodi sedangkan kekebalan buatan diperoleh sewaktu seseorang diberi vaksin BCG (*Bacillus Calmette Guerin*). Imunisasi BCG adalah pemberian vaksin yang terdiri dari basil hidup yang dihilangkan virulensinya. Imunisasi BCG akan memberikan kekebalan aktif pada tubuh sehingga tidak mudah terkena TB (Marlinae *et al.*, 2019).

### i. Perilaku

Perilaku berpengaruh terhadap penularan TB. Perilaku yang tidak sesuai akan menyebabkan seseorang rentan terpapar dan memudahkan dalam penularan bakteri TB. Perilaku yang berisiko menyebabkan terjadinya penyakit TB paru diantaranya:

#### 1) Kebiasaan Membuka Jendela

Jendela yang tidak dibuka setiap hari dapat meningkatkan risiko penyakit TB, karena membuat ruangan menjadi lembap, hal ini disebabkan karena sirkulasi udara yang buruk dan sulitnya sinar matahari masuk ke dalam untuk membunuh bakteri penyebab tuberkulosis (Hasan *et al.*, 2023).

#### 2) Etika Batuk

Seseorang dengan kebiasaan batuk yang tidak baik memiliki risiko tinggi menularkan penyakit kepada orang di sekitarnya. Menutup mulut saat batuk atau bersin sangat penting dilakukan menggunakan sapu tangan atau tisu, bukan dengan tangan terbuka. *Droplet* yang menempel pada tangan dapat menjadi media penularan, terutama bagi anggota keluarga lainnya (Moa *et al.*, 2018).

#### 3) Kebiasaan Merokok

Kebiasaan merokok merupakan salah satu faktor penting yang dapat melemahkan daya tahan tubuh, sehingga membuat seseorang lebih rentan terhadap penyakit, termasuk tuberkulosis.

Merokok juga dapat meningkatkan risiko aktivasi kuman TB laten, terjadinya kekambuhan, serta kegagalan dalam pengobatan TB (Hasan *et al.*, 2023). Dampak buruk yang akan ditimbulkan akan semakin besar apabila semakin lama seseorang merokok. Hal ini disebabkan oleh akumulasi racun dari rokok di dalam tubuh. Merokok menjadi masalah ganda bagi penderita tuberkulosis karena dapat mempercepat penyebaran infeksi, memicu aktivasi tuberkulosis laten menjadi tahap aktif, serta memperparah tingkat keparahan penyakit (Kantiandagho *et al.*, 2018).

j. Riwayat Kontak

Riwayat kontak serumah berperan penting dalam proses penularan kepada anggota keluarga yang lain. Hal ini dikarenakan penderita TB paru lebih lama dan sering kontak dengan anggota keluarga sehingga potensi penularan penyakit TB paru semakin meningkat. Riwayat kontak serumah mengacu pada individu yang tinggal bersama dengan penderita TB aktif, minimal selama satu malam atau secara rutin berada dalam lingkungan yang sama dalam kurun waktu tiga bulan sebelum kasus menjalani pengobatan obat anti tuberkulosis (OAT). Selain anggota keluarga serumah, individu di luar rumah yang memiliki frekuensi interaksi tinggi seperti rekan kerja, teman sekolah, atau pengguna fasilitas umum juga termasuk dalam kategori kontak erat. Semakin intens dan lama paparan terhadap



penderita TB, semakin tinggi risiko transmisi yang terjadi (Kemenkes RI, 2019).

### 3. Faktor Lingkungan (*Environment*)

Lingkungan mencakup semua faktor eksternal yang memengaruhi individu, baik yang bersifat fisik, biologis, maupun sosial. Faktor lingkungan memiliki peran krusial dalam penularan penyakit, terutama jika kondisi lingkungan rumah tidak memenuhi standar kesehatan. Lingkungan rumah menjadi salah satu elemen penting yang sangat memengaruhi status kesehatan para penghuninya (Suharyo *et al.*, 2017).

Standar rumah yang memenuhi syarat kesehatan telah diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan. Syarat-syarat rumah sehat secara fisiologis yang memengaruhi risiko terjadinya TB paru meliputi:

#### a. Rasio Ventilasi

Rasio ventilasi merujuk pada luas total ventilasi yang berfungsi sebagai sumber pertukaran udara di ruang keluarga, kamar tidur dan dapur penderita TB. Jenis ventilasi yang diukur merupakan ventilasi alami yaitu sirkulasi udara dan cahaya matahari yang masuk ke dalam ruangan melalui jendela, pintu, maupun lubang angin. Hal ini bertujuan untuk memastikan adanya aliran udara segar masuk ke dalam ruangan dan membuang udara pengap, sehingga kualitas udara di dalam ruangan tetap terjaga (Suharyo *et al.*, 2017). Berdasarkan Permenkes RI No 2 tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan,

penilaian ventilasi rumah dilakukan dengan membandingkan luas ventilasi permanen dengan luas lantai ruangan. Suatu ruangan dianggap memenuhi syarat jika ventilasinya  $\geq 10\%$  luas lantai dan rasio ventilasi yang tidak memenuhi syarat kesehatan adalah  $< 10\%$  luas lantai rumah, jendela dibuka setiap hari, dan pencahayaan yang memadai tersedia di kamar tidur, dapur, maupun ruang keluarga.

Kamar tidur dan ruang keluarga dipilih sebagai lokasi pengukuran rasio ventilasi karena kedua ruangan ini merupakan area yang paling sering ditempati oleh penghuni rumah selama berada di dalam rumah. Kamar tidur merupakan area dimana penghuni khususnya indeks kasus menghabiskan waktu lama untuk beristirahat di malam hari, ruang keluarga menjadi area berkumpul utama anggota keluarga sedangkan dapur menjadi area sumber polusi berupa asap dapur yang dapat meningkatkan risiko terinfeksi bakteri *Mycobacterium tuberculosis* (Fitri *et al.*, 2022).

Ventilasi rumah yang tidak memenuhi syarat atau  $< 10\%$  dari luas lantai akan mengakibatkan konsentrasi oksigen yang lebih rendah dan konsentrasi karbondioksida yang berbahaya bagi penghuni rumah. Ventilasi yang tidak memenuhi syarat akan membuat ruangan lebih lembap karena terjadinya proses penguapan cairan dari kulit melalui keringat dan pernapasan serta penyerapan uap air dari lingkungan luar ataupun kelembapan struktural dinding dan lantai. Kelembaban tinggi di ruangan akan menjadi tempat yang ideal untuk pertumbuhan dan

perkembangan bakteri patogen, seperti kuman *Mycobacterium tuberculosis* (Purnama, 2016). Namun demikian, untuk ventilasi yang memenuhi syarat tetapi tidak dibuka atau tidak digunakan secara optimal dapat menghambat sirkulasi udara dan masuknya cahaya alami ke dalam rumah. Kondisi ini berpotensi menyebabkan lingkungan dalam rumah menjadi lembap dan gelap sehingga dapat menjadi tempat penularan penyakit TB (Monintja *et al.*, 2020).

Ventilasi mempunyai banyak fungsi diantaranya untuk menjaga aliran udara di dalam rumah agar tetap segar sehingga keseimbangan oksigen yang diperlukan oleh penghuni rumah tetap terjaga, ventilasi dapat membebaskan udara ruangan dari bakteri-bakteri, terutama bakteri patogen dikarenakan terjadi proses pertukaran udara yang berlangsung secara terus-menerus, selain itu ventilasi berfungsi menjaga ruangan agar kelembapan dalam keadaan yang optimum (Suharyo *et al.*, 2017). Ventilasi juga berfungsi untuk cahaya matahari masuk ke dalam rumah. Paparan cahaya matahari mengandung sinar *ultraviolet* (UV) yang dapat membunuh *Mycobacterium tuberculosis*, sehingga apabila ventilasi tidak ada atau tidak berfungsi maka bakteri *Mycobacterium tuberculosis* dapat bertahan hidup di dalam rumah dan meningkatkan risiko penularan TB kepada penghuni lainnya (Marsyah *et al.*, 2023).

Penularan penyakit biasanya terjadi di dalam satu ruangan apabila terdapat seorang penderita TB yang bersin atau batuk lalu bakteri

tersebar ke udara sekitar dalam bentuk *droplet* atau percikan dahak sehingga berisiko menyebabkan penularan penyakit TB kepada penghuni rumah tersebut. Ventilasi yang mengalirkan udara dapat mengurangi jumlah percikan, sementara sinar matahari langsung yang masuk ke dalam ruangan dapat membunuh bakteri. Bakteri yang terkandung di dalam percikan dahak dapat bertahan beberapa jam dalam keadaan gelap dan lembap (Siregar *et al.*, 2023).

b. Kepadatan Hunian

Kepadatan hunian adalah salah satu faktor lingkungan yang berkontribusi signifikan dalam risiko penularan penyakit tuberkulosis. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 2 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan, kepadatan hunian dinilai dari perbandingan antara luas bangunan tempat tinggal (dalam meter persegi) terhadap jumlah penghuni yang menempatinnya. Suatu ruangan dianggap memenuhi syarat jika kepadatan hunian minimal 9 m<sup>2</sup>/orang sehingga apabila kurang dari 9 m<sup>2</sup>/orang, maka kepadatan hunian tidak memenuhi syarat.

Kepadatan hunian merupakan salah satu faktor risiko TB, ketidaksesuaian antara luas rumah dan jumlah penghuni dapat menyebabkan kondisi padat penghuni (*overcrowding*) yang akan berdampak negatif terhadap kesehatan pernapasan. Proses penularan penyakit dalam kondisi hunian yang padat, terutama penyakit menular melalui udara seperti TB, menjadi lebih mudah dan cepat terjadi

(Siregar *et al.*, 2023). Semakin banyak jumlah penghuni dalam suatu ruangan maka akan semakin erat kontak antara setiap penghuni. Apabila salah satu diantara penghuni mengidap penyakit menular seperti TB maka risiko penularan juga akan meningkat karena jarak antar penghuni terlalu dekat (Sriratih *et al.*, 2021)

Semakin padat penghuni dalam suatu rumah, maka akan semakin cepat pula udara di dalam rumah tersebut mengalami penurunan kualitas akibat pencemaran. Kepadatan hunian dapat memengaruhi suhu dan tingkat kelembapan dalam ruangan yang akan berdampak pada penyebaran bakteri di dalam ruangan. Kelembapan dan suhu akan semakin tinggi khususnya karena uap air dari pernapasan ataupun keringat akibat banyaknya penghuni di dalam ruangan begitupun dengan kadar oksigen ( $O_2$ ) yang semakin menipis dan karbon dioksida ( $CO_2$ ) yang meningkat di udara dapat memberi kesempatan *Mycobacterium tuberculosis* berkembang biak. Individu yang berada di dalam ruangan juga akan berpotensi membawa bakteri dari luar yang kemudian tersebar di lingkungan tersebut dan mencemari kualitas udara. Beragam aktivitas yang dilakukan oleh penghuni seperti batuk, bersin dan berbicara juga turut berkontribusi dalam penyebaran bakteri di udara (Purnama, 2016; Ikhtiar *et al.*, 2024).

c. Kelembapan

Kelembapan udara adalah persentase jumlah kandungan uap air dalam udara. Kandungan uap air di udara bervariasi tergantung pada suhu, semakin tinggi suhu maka kandungan uap air akan semakin tinggi. Pengukuran kelembapan udara dapat dilakukan menggunakan alat *thermohygrometer*. Menurut Permenkes No 2 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan menyatakan bahwa kelembapan udara yang memenuhi syarat adalah 40% - 60% Rh sedangkan yang tidak memenuhi syarat adalah apabila kelembapan kurang dari 40% Rh atau lebih dari 60% Rh. Kelembapan dapat dipengaruhi oleh jumlah penghuni dalam ruangan, pencahayaan yang minim masuk ke ruangan, jenis lantai dan dinding rumah serta rasio ventilasi yang tidak memenuhi syarat (Imaduddin *et al.*, 2019; Apriliani *et al.*, 2020).

Kelembapan udara di dalam rumah menjadi media yang sesuai bagi pertumbuhan bakteri penyebab tuberkulosis sehingga sangat mudah terjadinya penularan dengan dukungan faktor lingkungan yang kurang sehat. Sebagian besar vektor penular penyakit dan agen penyebab penyakit lebih menyukai lingkungan yang gelap dan lembap (Siregar *et al.*, 2023). Mikroorganisme dapat masuk ke dalam tubuh dengan mudah melalui udara dan tingginya kelembapan dapat mengakibatkan membran mukosa hidung mengering sehingga fungsinya untuk mencegah masuknya mikroorganisme menjadi kurang optimal (Purnama, 2016).

d. Intensitas Pencahayaan Alami

Cahaya terutama sinar matahari selain berguna untuk menerangi ruangan juga memiliki sifat yang mampu membunuh bakteri. Sinar matahari merupakan faktor penting bagi kesehatan manusia karena dapat mengeliminasi bakteri berbahaya, termasuk *Mycobacterium tuberculosis*. Cahaya matahari dapat membunuh basil tuberkulosis dengan cepat karena mengandung sinar *ultraviolet* yang dapat mematikan kuman. *Mycobacterium tuberculosis* akan mati apabila terkena paparan sinar matahari secara langsung selama kurun waktu kurang lebih 2 jam (Monintja *et al.*, 2020).

Kekurangan paparan sinar matahari di dalam rumah akan membuat udara menjadi lembap dan ruangan gelap, yang memungkinkan bakteri bertahan selama berhari-hari hingga berbulan-bulan di lingkungan tersebut (Siregar *et al.*, 2023). Pada umumnya pencahayaan yang tidak memenuhi syarat disebabkan oleh ukuran ventilasi yang tidak memadai atau tertutup sehingga dapat mengurangi masuknya sinar matahari ke dalam rumah. Selain faktor ventilasi, pencahayaan yang kurang juga disebabkan oleh jarak antar rumah yang terlalu dekat atau saling berdempetan sehingga menyebabkan sinar matahari terhalang oleh dinding dan atap rumah sekitar (Agustin *et al.*, 2021).

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023, pencahayaan yang ideal di dalam rumah yaitu

minimal 60 lux dan tidak menyilaukan. Pencahayaan diukur menggunakan *luxmeter*, pencahayaan yang dimaksud adalah pencahayaan alami dari sinar matahari. Cahaya ini diperoleh melalui sinar matahari yang masuk ke dalam rumah melalui lubang ventilasi, jendela pada dinding, pintu yang sering dibuka atau genting kaca (Romadhan *et al.*, 2019). Tingkat pencahayaan yang tinggi ( $\geq 60$  lux) dapat membunuh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*, sehingga menurunkan risiko terjadinya TB.

Bakteri *Mycobacterium tuberculosis* mampu bertahan hidup selama bertahun-tahun namun dapat mati jika terpapar sinar matahari, sabun, lisol, karbol, atau panas dari api. Pencahayaan merupakan faktor yang paling berhubungan dengan kejadian TB. Rumah dengan intensitas pencahayaan alami yang tidak memenuhi syarat memiliki risiko 3 hingga 7 kali lebih tinggi untuk mengalami tuberkulosis dibandingkan dengan rumah dengan intensitas pencahayaan alami yang memenuhi syarat (Purnama, 2016).

e. Suhu

Suhu merupakan tingkat panas atau dinginnya udara yang dinyatakan dengan satuan derajat tertentu pengukuran suhu rumah atau ruangan dilakukan dengan menggunakan termometer atau *thermohygrometer* (Suharyo *et al.*, 2017). Menurut Permenkes RI No. 2 Tahun 2023, suhu udara yang ideal dalam rumah berkisar antara 18°C-30°C. Suhu udara dalam rumah dipengaruhi oleh berbagai



faktor, termasuk penggunaan bahan bakar biomassa, ventilasi yang tidak memenuhi syarat, pergerakan udara, suhu udara luar, kepadatan hunian, kelembapan, bahan dan struktur bangunan, serta kondisi geografis dan topografi.

*Mycobacterium tuberculosis* adalah bakteri mesofilik karena termasuk kategori bakteri yang tumbuh cepat pada rentang suhu 25°C–40°C dan bakteri akan tumbuh secara optimal pada suhu antara 31°C–37°C. Suhu ruangan rumah yang tidak memenuhi standar kesehatan yaitu kurang dari 18°C dan lebih dari 30°C, dapat menjadi media ideal untuk pertumbuhan bakteri patogen dan dapat bertahan lama di udara rumah dan berpotensi menjadi sumber penularan penyakit, termasuk *Mycobacterium tuberculosis*. Bakteri akan mudah terhirup oleh anggota keluarga dalam bentuk *droplet* yang penderita sebarakan ke udara apabila berada dalam ruangan sehingga meningkatkan kemungkinan terjadinya penularan penyakit tuberkulosis paru (Suharyo *et al.*, 2017; Romadhan *et al.*, 2019).

f. Fungsi Ventilasi

Menurut Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2011 tentang Perumahan dan Kawasan Permukiman, ventilasi yang memadai sangat diperlukan agar sirkulasi udara dalam ruangan dapat berlangsung dengan baik. Ventilasi berperan sebagai pengatur aliran udara di dalam rumah. Lubang ventilasi memiliki fungsi utama untuk memasukkan udara bersih yang kaya oksigen (O<sub>2</sub>) dari luar ruangan

sekaligus mengeluarkan udara kotor yang mengandung karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dari dalam ruangan. Ventilasi juga harus memungkinkan sinar matahari masuk ke dalam ruangan. Ventilasi dapat berbentuk pintu, jendela, atau lubang angin.

Pada penelitian ini, ventilasi yang diukur adalah ventilasi alami yaitu pergantian udara yang terjadi secara alami tanpa menggunakan peralatan mekanis seperti kipas angin atau *Air Conditioner* (AC). Ventilasi alami diperoleh dari sumber seperti jendela, bukaan, ventilasi pada pintu, atau sarana lain yang menghubungkan suatu ruangan dengan ruangan lain. Ventilasi alami disyaratkan memiliki bukaan minimal 10% dari luas lantai ruangan yang membutuhkan ventilasi. Pergantian udara alami ini dipengaruhi oleh perbedaan tekanan akibat pergerakan angin di luar bangunan serta perbedaan suhu antara bagian dalam dan luar ruangan. Proses ini sangat bergantung pada kekuatan angin, tekanan udara dan perbedaan temperatur di kedua lingkungan tersebut.

Fungsi ventilasi merujuk pada penggunaannya, jika ventilasi tersedia dan memenuhi syarat tetapi dalam penggunaannya tidak optimal maka dapat meningkatkan kelembapan di dalam rumah sehingga pergerakan suhu dan udara tidak berganti. Kondisi ini berpengaruh terhadap penyebaran bakteri *Mycobacterium tuberculosis* di dalam rumah (Apriliani *et al.*, 2020).

g. Jenis Dinding

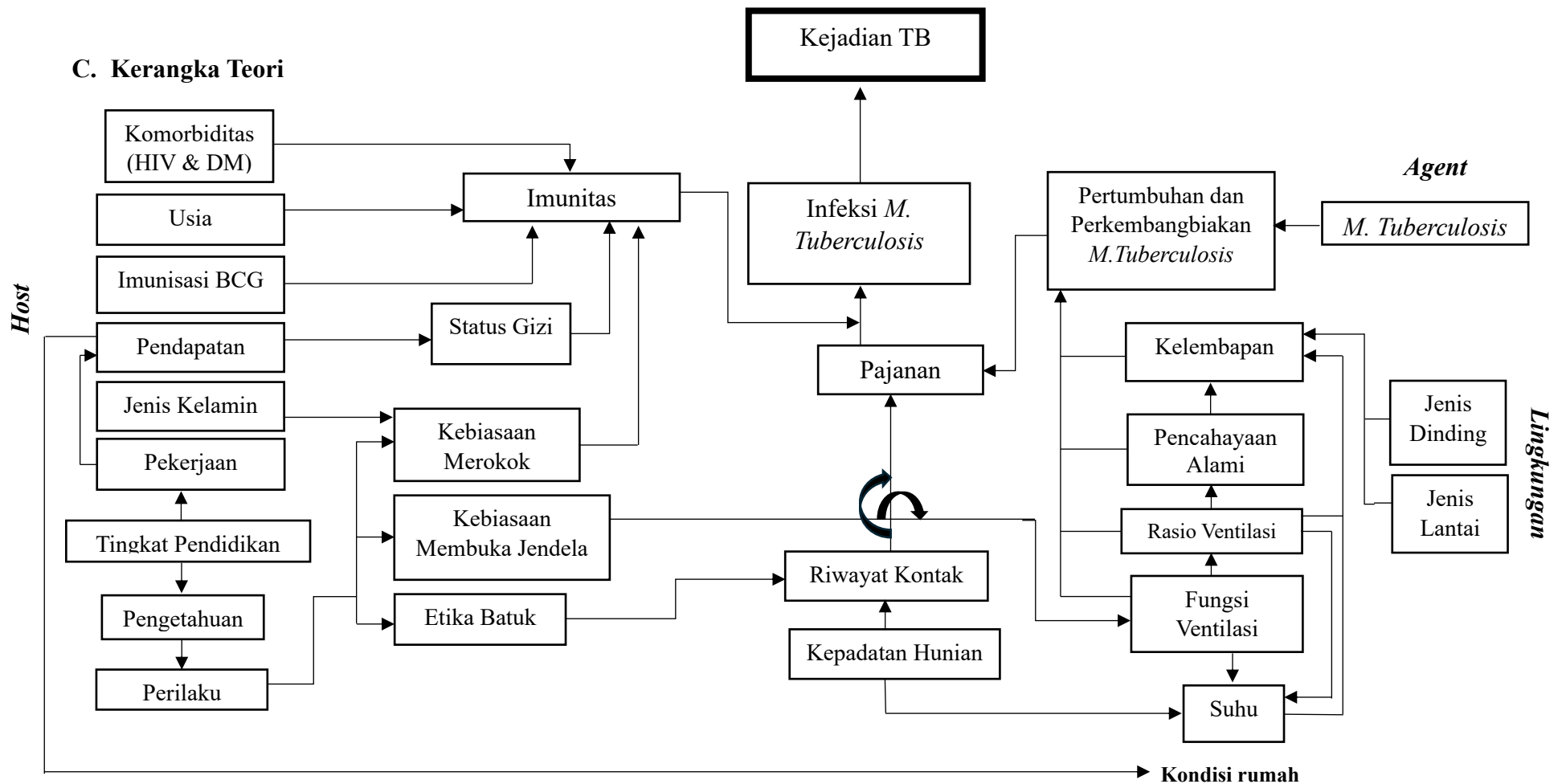
Dinding adalah salah satu elemen penting dalam struktur fisik rumah yang berperan dalam menciptakan lingkungan hunian yang sehat. Dinding rumah berfungsi sebagai pelindung dari gangguan cuaca seperti hujan dan angin, sekaligus menjaga penghuni dari panas, debu, serta menjaga kerahasiaan (Suharyo *et al.*, 2017). Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 2 Tahun 2023, jenis dinding yang memenuhi syarat kesehatan yaitu dinding yang kedap air, permukaan rata, halus, tidak licin, tidak retak dan mudah dibersihkan. TB dapat dipengaruhi dengan jenis dinding dikarenakan dinding yang sulit dibersihkan cenderung menumpuk debu dan menjadi tempat yang ideal untuk pertumbuhan dan perkembangan biakan mikroorganisme salah satunya adalah *Mycobacterium tuberculosis* (Maulinda *et al.*, 2021).

Dinding yang tidak memenuhi standar, seperti dinding permanen dari bata tanpa plesteran, cenderung menghasilkan debu dan menyerap air. Kondisi ini meningkatkan kadar kelembapan udara dalam rumah, menciptakan lingkungan yang mendukung pertumbuhan bakteri patogen, termasuk *Mycobacterium tuberculosis*. Bakteri ini mampu bertahan hidup dalam waktu lama di ruangan dengan kelembapan tinggi, sehingga meningkatkan risiko penularan (Romadhan *et al.*, 2019).

#### h. Jenis Lantai

Kondisi rumah memiliki peran penting sebagai salah satu faktor risiko dalam penularan TB. Bagian rumah seperti atap, dinding, dan lantai dapat menjadi tempat bakteri berkembang biak. Lantai yang tidak mudah dibersihkan cenderung menumpuk debu, yang dapat menjadi media ideal bagi pertumbuhan bakteri *Mycobacterium tuberculosis* (Siregar *et al.*, 2023). Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023, lantai yang memenuhi syarat yaitu jenis lantai yang kedap air, permukaan lantai rata, halus, tidak licin, tidak retak dan mudah dibersihkan seperti keramik karena mudah dibersihkan dan tidak menyerap kelembapan.

Lantai yang tidak memenuhi syarat seperti tanah yang tidak kedap air, tidak mudah dibersihkan dan terdapat retak maka berpotensi menjadi tempat berkembangnya kuman dan vektor penyakit, menyebabkan kelembapan udara dalam ruangan serta menjadi kering saat musim panas (Zuraidah dan Ali, 2020). Bakteri *Mycobacterium tuberculosis*, dapat bertahan dan berkembang mengikuti keadaan basah dan keringnya lantai, apabila *droplet* penderita TB jatuh ke lantai, kuman TB dapat mengering kemudian terdispersi atau tersebar ke udara dan menginfeksi individu lain. Kondisi lantai tanah yang lembap semakin meningkatkan risiko tersebut karena menyediakan lingkungan yang sesuai bagi pertumbuhan bakteri (Aryani *et al.*, 2022).



Gambar 2. 1 Kerangka Teori

Modifikasi teori Jhon Gordon dalam Suharyo *et al.*, (2017), Ikhtiar (2024), Purnama (2016), Kemenkes RI (2019), Permenkes RI No 2 Tahun 2023, Siregar *et al.*, (2023), Marlinae *et al.*, (2019), Hasan *et al.*, (2023), Moa *et al.*, (2018), Romadhan *et al.*, (2019), Katiandagho *et al.*, (2018).