HUBUNGAN KELENGKAPAN IMUNISASI PCV DENGAN PNEUMONIA PADA BAYI DI BAWAH 24 BULAN

PROPOSAL SKRIPSI

UNIVERSITAS TRISAKTI

Disusun Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Mencapai Derajat Sarjana Kedokteran

DAVINA SYLA QUISHALANA, 030002300144

PROGRAM STUDI KEDOKTERAN
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS TRISAKTI
JAKARTA, JUNI 2026

Bidang Ilmu : Klinik

PROPOSAL SKRIPSI

HUBUNGAN KELENGKAPAN IMUNISASI PCV DENGAN PNEUMONIA PADA BAYI DI BAWAH 24 BULAN

UNIVERSITAS TRISAKTI

Disusun Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Mencapai Derajat Sarjana Kedokteran

DAVINA SYLA QUISHALANA, 030002300144

PROGRAM STUDI KEDOKTERAN
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS TRISAKTI
JUNI, 2026

PERSETUJUAN
PROPOSAL SKRIPSI

Judul:

HUBUNGAN KELENGKAPAN IMUNISASI PCV DENGAN PNEUMONIA PADA BAYI DI BAWAH 24 BULAN

Davina Syla Quishalana

NIM 030002300144

Telah disetujui untuk diuji di hadapan

Tim Penguji Proposal Skripsi

Fakultas Kedokteran Universitas Trisakti

Pada Hari Kamis, Tanggal 2 Juli 2026

Pembimbing

Dr. dr. Tubagus Ferdi Fadilah, Sp.A, M.Kes, FISQua

NIK:2653/USAKTI

PENGESAHAN PROPOSAL SKRIPSI

Judul :

HUBUNGAN KELENGKAPAN IMUNISASI PCV DENGAN PNEUMONIA PADA BAYI DI BAWAH 24 BULAN

Nama Mahasiswa : Davina Syla Quishalana

NIM : 030002300144

Telah diuji dan disahkan di hadapan **Dewan Penguji Proposal Skripsi**

Fakultas Kedokteran Universitas Trisakti

Pada Hari ……., Tanggal… Juni 2026

Ketua Penguji I

Nama : **……** ……

NIK :

Anggota Penguji I

Nama : **……** ……

NIK :

Anggota Penguji II

Nama : **……** ……

NIK :

Jakarta, …. Juni 2026

Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Trisakti

Dr. dr. Yenny, Sp.FK

NIK : 2613/USAKTI

PERNYATAAN KEASLIAN PROPOSAL SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	:	Davina Syla Quishalana
NIM	:	030002300144
Program Studi	:	Pendidikan Dokter
Alamat Korespondensi	:	Jl. Florida Utara blok O3 no 63, Kota Wisata, Cibubur
Telepon / Mobile	:	081803181881
E-mail	:	030002300144@std.trisakti.ac.id
Judul Skripsi	:	Hubungan Kelengkapan Imunisasi PCV dengan Pneumonia pada Bayi di bawah 24 Bulan

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis ini adalah benar-benar meruapakan hasil karya ilmiah saya sendiri. Skripsi ini belum pernah diajukan sebagai suatu karya ilmiah untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini merupakan hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut sesuai dengan SK Permendiknas No.17 tahun 2010 tentang pencegahan dan penanggulangan plagiat di perguruan tinggi.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya, agar dapat dimanfaatkan sebagaimana semestinya.

Jakarta, ….Juni 2026



Davina Syla Quishalana

030002300144

DAFTAR ISI

HALAMAN

HALAMAN JUDUL ..... **i**
HALAMAN PERSETUJUAN ..... **ii**
PENGESAHAN PROPOSAL SKRIPSI ..... **iii**
PERNYATAAN KEASLIAN PROPOSAL SKRIPSI ..... **iv**
DAFTAR ISI ..... **v**
DAFTAR TABEL ..... **viii**
DAFTAR GAMBAR ..... **ix**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **x**
DAFTAR ARTI SINGKATAN ..... **xi**

BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar belakang 1
1.2 Perumusan masalah 2
1.3 Tujuan 2
1.3.1 Tujuan umum 2
1.3.2 Tujuan khusus 2
1.4 Hipotesis 3
1.5 Manfaat 3
1.5.1 Manfaat untuk ilmu pengetahuan 3
1.5.2 Manfaat untuk profesi 3
1.5.3 Manfaat untuk Masyarakat 3

BAB II TINJAUAN, RINGKASAN PUSTAKA, KERANGKA TEORI **4**
2.1 Tinjauan Pustaka 4
2.1.1 Pneumonia pada bayi 4
2.1.1.1 Definisi pneumonia 4
2.1.1.2 Epidemiologi pneumonia pada bayi 5
2.1.1.3 Etiologi dan patogen penyebab pneumonia 6
2.1.1.4 Patofisiologi pneumonia 6
2.1.1.5 Klasifikasi pneumonia 7
2.1.1.5.1 Klasifikasi Pneumonia Berdasarkan Tempat Perolehan dan Kondisi Pejamu 7
2.1.1.5.2 Klasifikasi Pneumonia pada Anak Berdasarkan Derajat Keparahan Klinis 8
2.1.1.6 Manifestasi klinis pneumonia 9
2.1.1.7 Diagnosis pneumonia 10
2.1.1.8 Tatalaksana pneumonia 10
2.1.1.8.1 Eliminasi Mikrooorganisme 11
2.1.1.8.2 Terapi suportif 11
2.1.1.8.3 Indikasi rawat inap dan perawatan intensif 12
2.1.1.9 Faktor risiko pneumonia 12
2.1.1.9.1 Riwayat berat badan lahir rendah 12
2.1.1.9.2 Status gizi 13
2.1.1.9.3 Riwayat pemberian ASI eksklusif 13

2.1.1.9.4 Status imunisasi PCV 14
2.1.1.9.5 Faktor lingkungan 15
2.1.2 Imunisasi PCV (*Pneumococcal Conjugate Vaccine*) 16
2.1.2.1 Definisi vaksin PCV 16
2.1.2.2 Jenis vaksin PCV 17
2.1.2.3 Sejarah dan Perkembangan Vaksin PCV 19
2.1.2.4 Komposisi dan Mekanisme Kerja Vaksin PCV 19
2.1.2.5 Jadwal dan Dosis Pemberian Imunisasi PCV 20
2.1.2.5.1 Jadwal pemberian imunisasi PCV 20
2.1.2.6 Kelengkapan Imunisasi PCV 20
2.1.2.7 Efektivitas dan Efikasi Vaksin PCV 21
2.1.2.8 Kejadian Ikutan Pasca Imunisasi (KIPI) PCV 22
2.1.2.9 Cakupan Imunisasi PCV di Indonesia 23
2.1.3 Hubungan Kelengkapan Imunisasi PCV dengan Kejadian Pneumonia 24
2.1.3.1 Mekanisme Perlindungan PCV terhadap Pneumonia 25
2.1.3.2 Bukti Ilmiah Hubungan PCV dengan Penurunan Kejadian Pneumonia 25
2.1.3.3 Dampak Ketidaklengkapan Imunisasi PCV terhadap Risiko Pneumonia 26
2.1.4 Bayi di Bawah 24 Bulan 27
2.1.4.1 Karakteristik Imunologis Bayi di Bawah 24 Bulan 27
2.1.4.1.1 Perkembangan sistem imun pada bayi 27
2.1.4.1.2 Peran antibodi maternal pada bayi 28
2.1.4.1.3 Karakteristik respons pada bayi 28
2.1.4.1.4 Implikasi klinis terhadap kerentanan infeksi 29
2.1.4.2 Kerentanan Bayi di Bawah 24 Bulan terhadap Pneumonia . 29
2.1.4.3 Program Imunisasi Nasional pada Bayi di Bawah 24 Bulan 30
2.2 Ringkasan pustaka 32
2.3 Kerangka teori 34

BAB III KERANGKA KONSEP DAN DEFINISI OPERASIONAL 35
3.1 Variabel penelitian 35
3.1.1 Variabel bebas 35
3.1.2 Variabel tergantung 35
3.2 Definisi operasional 36

BAB IV METODE 38
4.1 Desain penelitian 38
4.2 Lokasi dan waktu penelitian 38
4.3 Populasi dan sampel penelitian 38
4.3.1 Populasi 38
4.3.1.1 Subjek 38
4.3.1.3.1 Kriteria pemilihan subjek 38
4.4 Bahan dan Instrumen Penelitian 39
4.4.1 Cara pengambilan data 39

4.5 Analisis data 40
4.5.1 Analisis Univariat 40
4.5.2 Analisis Bivariat 40
4.6 Alur Penelitian 41
4.7 Etika Penelitian 41
4.8 Penjadwalan Penelitian 42

DAFTAR PUSTAKA 44
LAMPIRAN 47

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Ringkasan pustaka 32
Tabel 2. Definisi operasional 36
Tabel 3. Penjadwalan pelaksanaan penelitian 42
Tabel 4. Karakteristik Responden 47
Tabel 5. Hubungan status kelengkapan imunisasi *pneumococcal conjugate vaccine* (PCV) dengan pneumonia pada bayi usia di bawah 24 bulan 47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Kerangka teori hubungan kelengkapan imunisasi PCV dengan pneumonia pada bayi di bawah 24 bulan 34
Gambar 2. Kerangka konsep 35
Gambar 3. Alur kerja 41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. *Dummy Table* 47
Lampiran 2. Kuesioner Individu Data SKI 2023 Blok XI Kode A09-A011 48
Lampiran 3. Kuesioner Individu Data SKI 2023 Blok XI Kode I20 48
Lampiran 4. Data responden 49

DAFTAR ARTI SINGKATAN

ASI	:	Air Susu Ibu
BKPK	:	Badan Kebijakan Pembangunan Kesehatan
CAP	:	*Community-Acquired Pneumonia*
GBD	:	Global Burden of Disease
HAP	:	*Hospital-Acquired Pneumonia*
HIV/AIDS	:	*Human Immunodeficiency Virus/Acquired Immunodeficiency Syndrome*
IDAI	:	Ikatan Dokter Anak Indonesia
IMCI	:	*Integrated Management of Childhood Illness*
KIPI	:	Kejadian Ikutan Pasca Imunisasi
PCV	:	*Pneumococcal Conjugate Vaccine*
PICU	:	*Pediatric Intensive Care Unit*
RSUD	:	Rumah Sakit Umum Daerah
SKI	:	Survei Kesehatan Indonesia
UNICEF	:	United Nations Children's Fund
WHO	:	World Health Organization
PIN	:	Program Imunisasi Nasional

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Usia anak bawah lima tahun merupakan fase pertumbuhan dan perkembangan yang berlangsung pesat, termasuk pematangan sistem imun yang belum optimal. Kondisi tersebut menyebabkan anak lebih rentan terhadap berbagai penyakit infeksi, terutama pneumonia. Pneumonia merupakan infeksi akut pada jaringan paru yang ditandai oleh peradangan alveoli, gangguan pertukaran gas, serta berpotensi menyebabkan kematian apabila tidak ditangani secara adekuat.

Pneumonia masih menjadi penyebab utama kematian akibat penyakit infeksi pada anak di seluruh dunia (*The Leading Infectious Killer of Children Worldwide*). World Health Organization (WHO) melaporkan bahwa pneumonia berkontribusi sekitar 14% terhadap total kematian balita pada tahun 2019,[1] sedangkan United Nations Children's Fund (UNICEF) mencatat lebih dari 700.000 kematian balita setiap tahunnya akibat penyakit tersebut.[2] Di Indonesia, pneumonia juga masih menjadi masalah kesehatan masyarakat yang signifikan. Survei Kesehatan Indonesia (SKI) tahun 2023 menunjukkan prevalensi pneumonia pada balita sebesar 15,0%.[3]

Kejadian pneumonia pada balita dipengaruhi oleh berbagai faktor. Agen penyebab tersering meliputi *Streptococcus pneumoniae*, *Haemophilus influenzae* tipe b, dan *Respiratory Syncytial Virus* (RSV).[4,5] Selain faktor infeksi, kondisi lingkungan seperti kepadatan tempat tinggal, pajanan asap rokok, dan status sosial ekonomi yang rendah turut meningkatkan risiko pneumonia. Faktor individu, termasuk usia, status gizi, riwayat pemberian ASI eksklusif, dan status imunisasi, juga berperan dalam menentukan kerentanan anak terhadap penyakit ini.[6]

Imunisasi merupakan salah satu upaya pencegahan pneumonia yang paling efektif. *Pneumococcal Conjugate Vaccine* (PCV) telah dimasukkan ke dalam Program Imunisasi Nasional (PIN) sebagai strategi untuk menurunkan angka kesakitan dan kematian akibat infeksi pneumokokus, termasuk pneumonia.[3] Namun, cakupan imunisasi yang belum optimal masih menjadi tantangan dalam pengendalian pneumonia pada anak. Budihardjo *et al.* (2020) melaporkan bahwa

balita dengan imunisasi dasar tidak lengkap memiliki risiko pneumonia 5,2 kali lebih besar dibandingkan balita dengan imunisasi lengkap (OR=5,209; IK95%: 1,499–18,100; p=0,009).[4] Selain itu, penelitian von Mollendorf *et al*. menunjukkan bahwa introduksi PCV13 berhubungan dengan penurunan insiden pneumonia pada anak.[5] Sebaliknya, Aisyah Lailla *et al*. tidak menemukan hubungan yang signifikan antara status imunisasi dasar lengkap dan kejadian pneumonia pada balita (p=0,807).[6]

Perbedaan hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara imunisasi dan kejadian pneumonia masih memerlukan kajian lebih lanjut. Selain itu, penelitian yang secara khusus mengevaluasi hubungan kelengkapan imunisasi PCV dengan kejadian pneumonia pada bayi di bawah usia 24 bulan masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis hubungan antara kelengkapan imunisasi PCV dengan kejadian pneumonia pada bayi di bawah 24 bulan.

1.2 Perumusan masalah

Apakah terdapat hubungan antara kelengkapan imunisasi PCV dengan pneumonia pada bayi di bawah 24 bulan?

1.3 Tujuan

1.3.1 Tujuan umum

Untuk meningkatkan upaya pencegahan pneumonia pada bayi di bawah 24 bulan dengan menentukan hubungan kelengkapan imunisasi PCV dengan pneumonia.

1.3.2 Tujuan khusus

1. Mendeskripsikan karakteristik subjek penelitian berdasarkan usia dan jenis kelamin pada bayi di bawah 24 bulan.
2. Mengidentifikasi proporsi kelengkapan imunisasi PCV dan pneumonia pada bayi di bawah 24 bulan.
3. Menganalisis hubungan status kelengkapan imunisasi PCV dengan kejadian pneumonia pada bayi di bawah 24 bulan.

1.4 Hipotesis

Terdapat hubungan antara kelengkapan imunisasi PCV dengan pneumonia pada bayi di bawah 24 bulan.

1.5 Manfaat

1.5.1 Manfaat untuk ilmu pengetahuan

Diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi illmiah yang bermakna dalam memperluas pemahaman mengenai hubungan antara kelengkapan imunisasi PCV dengan pneumonia pada bayi di bawah 24 bulan.

1.5.2 Manfaat untuk profesi

Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi sumber referensi yang relevan dan aplikatif bagi tenaga kesehatan, khususnya dokter, perawat, dan tenaga medis lainnya, dalam meningkatkan upaya promotif dan preventif terhadap pneumonia melalui optimalisasi imunisasi PCV. Lalu, penelitian ini diharapkan bisa menjadi dasar pertimbangan bagi institusi pendidikan dan fasilitas pelayanan kesehatan dalam pengembangan penelitian serta evaluasi program imunisasi di bidang kesehatan anak.

1.5.3 Manfaat untuk Masyarakat

Diharapkan penelitian ini bisa meningkatkan pemahaman Masyarakat, khususnya orang tua, mengenai pentingnya kelengkapan imunisasi PCV sebagai upaya pencegahan pneumonia pada bayi di bawah 24 bulan. Dengan pengetahuan yang lebih baik, masyarakat diharapkan lebih patuh terhadap jadwal imunisasi, sehingga risiko terjadinya pneumonia serta kompliksainya dapat ditekan dan derajat kesehatan anak dapat ditingkatkan.

BAB II
TINJAUAN, RINGKASAN PUSTAKA, KERANGKA TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Pneumonia pada bayi

2.1.1.1 Definisi pneumonia

Pneumonia adalah suatu proses inflamasi akut pada parenkim paru disebabkan oleh infeksi mikroorganisme, termasuk bakteri, virus, jamur, ataupun parasit. Kondisi ini terutama melibatkan alveoli, yang mengalami akumulasi cairan inflamasi atau eksudat purulen sehingga mengganggu ventilasi dan proses pertukaran gas di tingkat alveolar.(1) Gangguan tersebut dapat menyebabkan penurunan oksigenasi sistemik dan manifestasi klinis berupa sesak napas, takipnea, serta tanda distress pernafasan lainnya.

Secara patologis, proses inflamasi pada pneumonia ditandai oleh peningkatan permeabilitas membran alveolo-kapiler, infiltrasi sel-sel inflamasi ke dalam ruang alveolar, serta terbentuknya konsolidasi pada jaringan paru.(1) Perubahan ini menyebabkan penurunan luas permukaan efektif untuk difusi oksigen dan karbon dioksida, sehingga fungsi respirasi menjadi terganggu. Derajat gangguan tersebut dapat bervariasi, mulai dari ringan hingga berat, tergantung pada luasnya area paru yang terlibat dan respons imun individu.

Dengan demikian, pneumonia tidak hanya dipahami sebagai infeksi pada paru-paru, tetapi sebagai suatu proses inflamasi yang berdampak langsung terhadap fungsi fisiologis sistem respirasi.(2) Pemahaman mengenai konsep dasar ini penting sebagai landasan dalam menjelaskan mekanisme terjadinya gejala klinis serta komplikasi yang mungkin timbul pada populasi rentan, termasuk bayi dan anak usia dini.(3)

2.1.1.2 Epidemiologi pneumonia pada bayi

Pneumonia adalah satu dari sekian alasan pertama angka kesakitan serta kematian pada anak usia di bawah 5 tahun secara global. WHO mengungkapkan sekitar 808.694 balita meninggal disebabkan pneumonia pada tahun 2017,[4] dan laporan terbaru WHO serta UNICEF memperlihatkan jika pneumonia masih menjadi alasan kematian infeksius terbesar di anak dengan estimasi 700.000–800.000 kematian setiap tahun.[3] Insidens pneumonia pada anak di negara berkembang diperkirakan mencapai 0,29 tiap anak per tahun dengan sekitar 151–156 juta persoalan baru secara global.[5] Mencakup 70% kematian ada di Afrika serta Asia Tenggara, yang berkaitan dengan malnutrisi, kepadatan hunian, paparan asap rokok, serta keterbatasan akses pelayanan kesehatan.[6,7]

Beban pneumonia tertinggi ditemukan di bayi serta anak usia di bawah dua tahun. Studi Global Burden of Disease (GBD) memperlihatkan jika insidens pneumonia di kelompok usia 0–23 bulan lebih tinggi dibandingkan usia 24–59 bulan.[4] Selain itu, sekitar 60–70% kasus pneumonia berat yang memerlukan rawat inap terjadi di anak umur <2 tahun.[8, 10] Tingginya kerentanan di kelompok umur berikut berkaitan dengan imaturitas sistem imun, penurunan antibodi maternal pada paruh kedua tahun pertama kehidupan, serta tingginya kolonisasi nasofaring *Streptococcus pneumoniae* sebagai alasan pertama pneumonia bakterial invasif di balita umur <2 tahun.[11]

Di Indonesia, pneumonia masih menjadi persoalan bagi penduduk yang signifikan pada balita. Berdasarkan Survei Kesehatan Indonesia (SKI) 2023, frekuensi pneumonia pada balita hingga 15,0%.[12,13] Meskipun data nasional umumnya dilaporkan pada kelompok usia <5 tahun, sejumlah kasus ada di bayi serta anak umur <24 bulan yang mempunyai peluang terjangkit pneumonia parah dan komplikasi. Tingginya beban penyakit pada kelompok usia tersebut menegaskan pentingnya upaya pencegahan melalui imunisasi PCV yang diberikan pada tahun pertama kehidupan.[5]

2.1.1.3 Etiologi dan patogen penyebab pneumonia

Pneumonia pada anak adalah penularan akut parenkim paru yang dikarenakan virus, bakteri, maupun mikroorganisme atipikal. Etiologinya dipengaruhi oleh usia, status imun, status imunisasi, dan faktor lingkungan.[14,15] Pada bayi serta anak umur <5 tahun, virus merupakan penyebab tersering pneumonia komunitas, terutama *Respiratory Syncytial Virus* (RSV), virus influenza, parainfluenza, dan adenovirus.[10,14] Namun, bakteri tetap menjadi penyebab utama pneumonia berat, dengan patogen yang paling kerap diketahui *Streptococcus pneumoniae*, *Haemophilus influenzae*, serta *Staphylococcus aureus*.[15]

Di antara berbagai patogen bakteri, *Streptococcus pneumoniae* adalah alasan utama pneumonia bakterial di anak secara global.[16] Bakteri Gram-positif berkapsul ini memiliki kapsul polisakarida yang berperan dalam menghindari fagositosis dan meningkatkan kemampuan invasi ke jaringan paru maupun aliran darah.[9] Kolonisasi nasofaring oleh *S. pneumoniae* dapat terjadi sejak awal kehidupan dan mencapai prevalensi tertinggi pada anak usia <2 tahun.[9]

Morbiditas dan mortalitas akibat penyakit pneumokokus paling tinggi ditemukan pada anak usia <2 tahun. Sebelum introduksi vaksin pneumokokus, *S. pneumoniae* menyumbang proporsi besar kasus pneumonia berat dan kematian balita, serta tetap menjadi salah satu etiologi bakteri utama pneumonia berat di negara berkembang.[15,16] Tingginya beban penyakit pada kelompok usia <24 bulan mendasari krusialnya imunisasi PCV guna menahan terjangkitnya sakit pneumokokus invasif di usia rentan itu.[17]

2.1.1.4 Patofisiologi pneumonia

Infeksi pneumonia diawali oleh masuknya patogen ke saluran pernapasan melalui droplet yang menyebabkan kolonisasi mukosa saluran napas atas.[17] Apabila mekanisme pertahanan lokal, seperti sistem mukosiliar, barier epitel, dan respons imun bawaan, tidak mampu mengeliminasi patogen, mikroorganisme dapat menyebar ke saluran napas bawah hingga mencapai alveoli.[18] Pada anak usia <24

bulan, maturasi sistem imun dan mekanisme pertahanan paru yang belum optimal meningkatkan kerentanan terhadap invasi patogen ke jaringan paru distal.[19]

Setelah mencapai alveoli, patogen dikenali oleh *pattern-recognition receptors* (PRRs) pada sel epitel respiratori serta makrofag alveolar, yang memicu pelepasan sitokin proinflamasi, yaitu interleukin-1 (IL-1), interleukin-6 (IL-6), tumor necrosis factor-alpha (TNF-α), dan interleukin-8 (IL-8), serta rekrutmen neutrofil ke lokasi infeksi. Respons inflamasi menyebabkan peningkatan permeabilitas kapiler sehingga cairan dan sel-sel inflamasi memasuki alveoli, membentuk edema dan eksudat yang mengakibatkan konsolidasi paru.[20]

Konsolidasi alveolar mengganggu ventilasi dan menyebabkan ketidaksesuaian ventilasi-perfusi (*ventilation-perfusion mismatch*), yang dapat berkembang menjadi *shunt* intrapulmonal dan hipoksemia.[20] Pada anak usia dini, keterbatasan cadangan paru meningkatkan risiko gangguan oksigenasi yang lebih cepat. Pada kasus berat, inflamasi dapat meluas ke pleura atau sirkulasi sistemik sehingga menimbulkan komplikasi berupa efusi pleura, empiema, dan sepsis.[20]

2.1.1.5 Klasifikasi pneumonia

Pneumonia diklasifikasikan berdasarkan konteks epidemiologis, status imunologis pasien, dan derajat keparahan klinis guna menentukan tata laksana yang tepat. Secara umum, klasifikasi didasarkan pada tempat perolehan infeksi dan status imunologis, sedangkan pada anak berdasarkan derajat keparahan klinis.

2.1.1.5.1 Klasifikasi Pneumonia Berdasarkan Tempat Perolehan dan Kondisi Pejamu

Menurut Ryan dan Ray, pneumonia secara umum dibedakan menjadi beberapa kategori utama[21]:

1. **Pneumonia Komunitas (*Community-Acquired Pneumonia*/CAP)**

   Merupakan pneumonia yang didapatkan di luar institusi pelayanan kesehatan atau yang muncul dalam kurun ≤48 jam waktu sejak pasien menjalani rawat inap di rumah sakit, tanpa riwayat perawatan sebelumnya dalam periode inkubasi. CAP merupakan bentuk pneumonia yang kerap ditemui populasi

umum, termasuk bayi dan anak, dengan etiologi yang umumnya berasal dari patogen komunitas.

2. **Pneumonia Nosokomial (*Hospital-Acquired Pneumonia*/HAP)**

   Diartikan sebagai pneumonia yang berkembang ≥48 jam setelah pasien masuk rumah sakit dan tidak sedang berada pada periode inkubasi ketika diterima. Pneumonia jenis ini sering berkaitan dengan mikoorganisme yang memiliki pola resistensi antibiotik lebih tinggi serta angka morbiditas dan mortalitas yang lebih besar dibanding CAP.

3. **Pneumonia pada Pasien Imunokompromais**

   Terjadi pada individu dengan gangguan sistem imun, baik primer maupun sekunder, seperti pada keganasan hematologi, infeksi HIV/AIDS, atau penggunaan terapi imunosupresif jangka panjang. Spektrum patogen pada kelompok ini lebih luas dan dapat mencakup mikroorganisme oportunistik.

4. **Pneumonia Aspirasi**

   Disebabkan oleh aspirasi isi lambung atau sekret orofaring ke dalam saluran napas bawah, yang umumnya terjadi pada pasien dengan gangguan kesadaran, gangguan refleks menelan, atau disfungsi neurologis.

Klasifikasi ini berlaku untuk seluruh kelompok usia, dan dalam penelitian ini pneumonia yang dikaji termasuk pneumonia komunitas pada bayi usia <24 bulan.

2.1.1.5.2 Klasifikasi Pneumonia pada Anak Berdasarkan Derajat Keparahan Klinis

Menurut WHO melalui pendekatan *Integrated Management of Childhood Illness* (IMCI), klasifikasi pneumonia pada anak didasarkan pada tanda klinis sederhana untuk menilai keparahan penyakit, menentukan tata laksana, dan kebutuhan rujukan.[19]

1. **Pneumonia tidak berat**

   Pneumonia tidak berat diklasifikasikan apabila anak mengalami batuk dan/atau kesulitan bernapas yang disertai takipnea sesuai usia, tanpa disertai tanda bahaya umum. Menurut WHO, takipnea didefinisikan sebagai frekuensi

napas ≥60 kali/menit pada bayi usia <2 bulan, ≥50 kali/menit pada usia 2–11 bulan, dan ≥40 kali/menit pada usia 12–59 bulan.[19] Takipnea merupakan indikator klinis utama pneumonia pada anak yang berkorelasi dengan inflamasi alveolar sehingga menyebabkan gangguan pertukaran gas dan peningkatan kerja napas. Pada kategori ini, anak umumnya masih berada dalam kondisi stabil tanpa tanda kegawatan sistemik.[20]

2. Pneumonia berat

Pneumonia berat ditegakkan apabila anak mengalami batuk dan/atau kesulitan bernapas yang disertai tarikan dinding dada bagian bawah (*lower chest wall indrawing*). Tarikan dinding dada merupakan manifestasi peningkatan usaha napas akibat penurunan komplians paru dan hipoksemia yang lebih signifikan.[19] Kondisi ini menunjukkan keterlibatan parenkim paru yang lebih luas serta meningkatkan risiko terjadinya komplikasi, sehingga memerlukan evaluasi dan tata laksana yang lebih intensif.

3. Pneumonia sangat berat

Pneumonia sangat berat dikategorikan apabila anak mengalami batuk dan/atau kesulitan bernapas yang disertai satu atau lebih tanda bahaya umum, yaitu tidak mampu minum atau menyusu, kejang, penurunan kesadaran atau letargi, muntah persisten, sianosis sentral, maupun stridor saat istirahat.[19] Adanya tanda bahaya umum menunjukkan keterlibatan sistemik yang berat, termasuk kemungkinan hipoksemia berat atau sepsis, serta berkaitan dengan peningkatan risiko mortalitas.[20] Oleh karena itu, pasien dengan pneumonia sangat berat memerlukan penanganan segera dan rujukan emergensi.

2.1.1.6 Manifestasi klinis pneumonia

Pneumonia pada bayi dan anak usia <2 tahun umumnya bermanifestasi sebagai infeksi saluran napas bawah dengan peningkatan usaha napas, ditandai oleh batuk, demam, sesak napas, takipnea, serta penurunan nafsu menyusu atau minum. Bayi juga dapat tampak rewel, lemas, dan mengalami penurunan aktivitas akibat proses infeksi pada parenkim paru.[22] WHO mendefinisikan takipnea sebagai frekuensi napas ≥50 kali/menit pada usia 2–12 bulan dan ≥40 kali/menit pada usia >12 bulan hingga 5 tahun.[19]

Pada pemeriksaan klinis dapat ditemukan retraksi dinding dada, penggunaan otot bantu napas, cuping hidung, *grunting*, ronki basah, penurunan suara napas, atau *wheezing*.[22] Pneumonia berat dicurigai bila disertai tanda bahaya seperti tidak mampu menyusu atau minum, muntah berulang, kejang, penurunan kesadaran, atau sianosis sentral yang mengindikasikan gangguan respirasi berat dan potensi hipoksemia sehingga memerlukan penanganan segera.

2.1.1.7 Diagnosis pneumonia

Menurut Suci dalam literatur mengenai metode diagnosis serta pelaksanaan penegakan diagnosis pneumonia dilakukan melalui gabungan anamnesis, pemeriksaan fisik, serta pemeriksaan penunjang.[23] Anamnesis bertujuan mengidentifikasi gejala klinis seperti demam, batuk, iritabilitas, rewel, dan sesak napas, sedangkan pemeriksaan fisik menilai adanya tanda gangguan respirasi berupa takipnea, dispnea, retraksi dinding dada, napas cuping hidung, *grunting*, serta temuan auskultasi berupa ronki basah, *wheezing*, atau penurunan suara napas. WHO mendefinisikan takipnea sebagai laju pernapasan >60 kali per menit pada usia 0–2 bulan, >50 kali per menit pada usia 2–12 bulan, dan >40 kali per menit pada usia 1–5 tahun.[1]

Pemeriksaan penunjang meliputi pemeriksaan darah rutin, analisis gas darah, CRP, pemeriksaan mikrobiologis, foto toraks, dan *pulse oximetry*.[22] Pemeriksaan ini berperan dalam mendukung diagnosis, menilai derajat keparahan penyakit, mendeteksi hipoksemia, serta membantu menentukan etiologi infeksi melalui temuan seperti leukositosis, infiltrat, konsolidasi, bronkopneumonia, atau efusi pleura pada foto toraks.[23]

2.1.1.8 Tatalaksana pneumonia

Tatalaksana pneumonia pada bayi bertujuan mengeradikasi mikroorganisme penyebab infeksi, memperbaiki kondisi klinis, dan mencegah komplikasi. Penatalaksanaan dilakukan secara komprehensif melalui pemberian antibiotik, terapi suportif, serta pemantauan klinis yang adekuat selama masa perawatan.[24]

2.1.1.8.1 Eliminasi Mikrooorganisme

Antibiotik merupakan terapi utama pneumonia pada anak dan umumnya diberikan secara empiris berdasarkan usia, kondisi klinis, serta etiologi yang paling mungkin, karena identifikasi mikroorganisme penyebab tidak selalu dapat dilakukan.[24] Pada pneumonia ringan hingga sedang yang ditatalaksana secara rawat jalan, terapi lini pertama adalah amoksisilin oral dengan dosis 40 mg/kgBB setiap 12 jam atau 80 mg/kgBB/hari selama 3–5 hari. Apabila tidak terdapat perbaikan klinis, dapat digunakan amoksisilin-klavulanat sebagai terapi lini kedua. Pada kasus yang dicurigai disebabkan oleh patogen atipikal, dapat diberikan antibiotik golongan makrolida seperti azitromisin, eritromisin, atau doksisiklin sesuai indikasi klinis.[23,24]

Pada pneumonia yang memerlukan perawatan di rumah sakit, terapi antibiotik diberikan secara parenteral dengan ampisilin dosis 200 mg/kgBB/hari yang dibagi dalam beberapa dosis, sering dikombinasikan dengan gentamisin dosis 7,5 mg/kgBB/hari. Bila tidak terjadi perbaikan klinis dalam 48–72 jam, terapi dapat ditingkatkan menggunakan ceftriaxone atau cefotaxime, dan makrolida dapat ditambahkan pada kasus yang dicurigai disebabkan oleh patogen atipikal.[24]

2.1.1.8.2 Terapi suportif

Selain antibiotik, penatalaksanaan pneumonia memerlukan terapi suportif untuk mempertahankan fungsi vital dan memperbaiki kondisi umum pasien.[24] Terapi oksigen diberikan pada pasien dengan hipoksemia atau tanda distress pernapasan, seperti retraksi dinding dada, napas cuping hidung, *grunting*, dan takipnea, dengan target saturasi oksigen >92%.[24]

Pemberian cairan intravena diperlukan pada pasien yang mengalami dehidrasi atau tidak mampu memenuhi kebutuhan cairan secara oral, disertai koreksi gangguan elektrolit bila diperlukan. Antipiretik dapat diberikan untuk menurunkan demam dan meningkatkan kenyamanan pasien, sedangkan penggunaan obat penekan batuk tidak dianjurkan karena dapat menghambat pengeluaran sekret saluran napas.[24]

2.1.1.8.3 Indikasi rawat inap dan perawatan intensif

Rawat inap diindikasikan pada pasien pneumonia dengan tanda keparahan, seperti saturasi oksigen ≤92%, sianosis, takipnea (≥60 kali/menit pada bayi dan ≥40 kali/menit pada anak yang lebih besar), distress pernapasan, ketidakmampuan minum atau menyusu, dehidrasi, atau kondisi sosial yang tidak mendukung perawatan di rumah.[25]

Pada kasus yang lebih berat, perawatan di *Pediatric Intensive Care Unit* (PICU) diperlukan pada pasien dengan distress respirasi berat yang memerlukan ventilasi, kebutuhan pemantauan kardiorespirasi kontinu, gangguan perfusi atau hemodinamik, serta hipoksemia yang tidak membaik meskipun telah diberikan terapi oksigen konsentrasi tinggi.[25]

2.1.1.9 Faktor risiko pneumonia

2.1.1.9.1 Riwayat berat badan lahir rendah

Berat badan lahir rendah (BBLR) merupakan determinan risiko pneumonia pada anak yang berusia di bawah dua tahun karena berkaitan dengan imaturitas sistem imun, termasuk rendahnya transfer imunoglobulin G (IgG) maternal serta belum optimalnya fungsi neutrofil dan makrofag.[22] Selain itu, BBLR juga berhubungan dengan gangguan perkembangan paru, seperti alveolarisasi yang tidak sempurna dan jumlah alveoli yang lebih sedikit, sehingga meningkatkan risiko terjadinya infeksi saluran pernapasan.[4]

Penelitian oleh Veridiana, mengindikasikan bahwa anak yang memiliki riwayat BBLR berpeluang lebih tinggi mengalami pneumonia dibandingkan anak dengan berat badan lahir normal. Penelitian tersebut menemukan hubungan yang bermakna antara BBLR dengan kejadian pneumonia pada anak berusia kurang dari dua tahun (OR: 1,393; p=0,044), yang menunjukkan peningkatan risiko sekitar 39%. Risiko tersebut dapat semakin meningkat apabila disertai faktor lingkungan seperti polusi udara dalam rumah dan paparan asap rokok.[24]

2.1.1.9.2 Status gizi

Status gizi yang buruk merupakan faktor risiko pneumonia pada anak usia di bawah dua tahun karena dapat menyebabkan gangguan sistem imun, integritas mukosa saluran napas, dan aktivitas fagositik, sehingga meningkatkan kerentanan terhadap infeksi saluran pernapasan bawah serta risiko penyakit yang lebih berat.[25]

Penelitian oleh Mlistia Kristi Prastika dan Erni Astutik menunjukkan adanya korelasi positif yang signifikan antara prevalensi malnutrisi dan kasus pneumonia berat pada balita di Jawa Timur (Spearman's rho = 0,551; p = 0,001). Hasil tersebut menunjukkan bahwa wilayah dengan prevalensi malnutrisi yang lebih tinggi cenderung memiliki beban pneumonia berat yang lebih besar pada balita.[25]

2.1.1.9.3 Riwayat pemberian ASI eksklusif

Pemberian ASI eksklusif mempunyai peran penting dalam melindungi bayi dari pneumonia karena ASI mengandung berbagai komponen imunologis, seperti imunoglobulin A sekretori (sIgA), leukosit, laktoferin, dan *Human Milk Oligosaccharides* (HMOs), yang berperan dalam meningkatkan pertahanan tubuh terhadap infeksi.[26] sIgA membantu melindungi mukosa saluran pernapasan dengan menghambat adhesi patogen pada sel epitel, sedangkan leukosit dan laktoferin berkontribusi dalam mekanisme pertahanan antimikroba. Selain itu, HMOs mendukung pembentukan mikrobiota usus yang sehat sehingga turut memperkuat respons imun sistemik bayi.[26]

Secara epidemiologis, pemberian ASI eksklusif berhubungan dengan penurunan risiko infeksi saluran pernapasan akut, termasuk pneumonia. Tinjauan yang dipublikasikan dalam *American Journal of Preventive Medicine* melaporkan bahwa bayi yang mendapatkan ASI eksklusif memiliki risiko lebih rendah mengalami infeksi saluran pernapasan dibandingkan bayi yang tidak mendapat ASI eksklusif.[27] Temuan ini sejalan dengan penelitian di RSUD Patut Patuh Patju Lombok Barat yang menunjukkan hubungan bermakna antara tidak diberikannya ASI eksklusif dan kejadian pneumonia pada bayi (p=0,000), sehingga ASI eksklusif

dapat dianggap sebagai salah satu faktor protektif penting dalam pencegahan pneumonia pada bayi.[28]

2.1.1.9.4 Status imunisasi PCV

Status imunisasi merupakan determinan penting dalam kejadian pneumonia pada bayi karena berperan dalam pembentukan imunitas spesifik terhadap patogen penyebab infeksi saluran pernapasan. Imunisasi dasar seperti DPT dan campak tidak hanya mencegah infeksi primer, tetapi juga mencegah komplikasi serta imunosupresi sementara yang dapat meningkatkan kerentanan terhadap infeksi sekunder pada parenkim paru.[27]

Penelitian analitik dengan desain *cross-sectional* oleh Alvionita *et al*. terhadap 62 bayi menunjukkan bahwa prevalensi pneumonia sebesar 46,8% (29/62).[28] Dari 13 bayi (21%) dengan status imunisasi tidak lengkap, seluruhnya mengalami pneumonia (100%). Sebaliknya, pada kelompok imunisasi lengkap (49 bayi; 79%), kejadian pneumonia ditemukan pada 16 bayi (32,7%), sedangkan 33 bayi (67,3%) tidak mengalami pneumonia.[28] *Chi-square* memperoleh nilai $p = 0{,}001$ ($p < 0{,}05$), yang menandakan adanya asosiasi yang signifikan antara kondisi imunisasi dengan kejadian pneumonia. Ditinjau dari aspek epidemiologi, proporsi pneumonia pada kelompok dengan cakupan imunisasi yang tidak lengkap sekitar tiga kali lipat lebih tinggi daripada kelompok dengan cakupan imunisasi yang lengkap ($PR \approx 3{,}06$).[29]

Ketidaklengkapan imunisasi menyebabkan tidak terbentuknya respons imun protektif yang adekuat, baik melalui produksi antibodi spesifik maupun memori imunologis. Akibatnya, bayi lebih rentan mengalami infeksi primer yang dapat merusak epitel saluran napas, mengganggu mekanisme mukosilier, dan menurunkan imunitas seluler. Kondisi ini mempermudah kolonisasi patogen ke saluran pernapasan bawah sehingga meningkatkan risiko inflamasi parenkim paru dan terjadinya pneumonia.[14] Oleh karena itu, imunisasi yang tidak lengkap meningkatkan risiko pneumonia melalui kegagalan proteksi imun spesifik, peningkatan kerentanan terhadap infeksi primer, serta infeksi sekunder yang berkembang menjadi pneumonia.[30]

2.1.1.9.5 Faktor lingkungan

1. Kepadatan hunian

Kepadatan hunian merupakan faktor lingkungan yang berperan dalam meningkatkan risiko pneumonia pada anak. Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 829/Menkes/SK/VII/1999, luas ruang tidur minimal yang dianjurkan adalah 8 m² dan sebaiknya tidak dihuni lebih dari dua orang, kecuali anak di bawah usia lima tahun.[11] Kepadatan hunian yang tinggi meningkatkan risiko penularan infeksi saluran pernapasan melalui droplet dan kontak erat, terutama pada bayi dan balita yang memiliki sistem imun belum matang.[11]

Selain meningkatkan transmisi patogen, kepadatan hunian juga dapat menurunkan kualitas udara dalam ruangan akibat akumulasi polutan dan mikroorganisme patogen.[31] Penelitian oleh Fatimah et al. menunjukkan bahwa kejadian pneumonia lebih tinggi pada rumah dengan jumlah penghuni lebih dari tujuh orang, dengan risiko meningkat 1,83 kali setiap penambahan satu penghuni rumah, 1,15 kali pada balita yang tidur bersama lebih dari tiga orang dalam satu kamar, dan 2,87 kali pada rumah dengan tingkat kepadatan hunian yang tinggi.[32]

2. Paparan asap rokok

Paparan polutan dalam rumah tangga merupakan faktor lingkungan yang dapat meningkatkan risiko pneumonia pada anak. Salah satu sumber utama polutan adalah asap hasil pembakaran bahan bakar untuk memasak yang dapat mengganggu fungsi mukosilier saluran napas, sehingga menurunkan kemampuan sistem respirasi dalam membersihkan partikel asing dan mikroorganisme patogen.[32] Kondisi tersebut menyebabkan anak lebih rentan mengalami infeksi saluran pernapasan.

Selain itu, asap rokok merupakan sumber pencemaran udara dalam rumah yang penting diperhatikan, terutama pada lingkungan dengan ventilasi yang kurang memadai. Paparan asap rokok sebagai *secondhand smoke* dapat memperbesar kemungkinan terjadinya gangguan pada saluran pernapasan pada

anak. Jones *et al*. melaporkan bahwa anak yang mengalami pajanan asap rokok di rumah mempunyai risiko lebih besar mengalami infeksi saluran pernapasan dibandingkan anak yang tidak terpapar.[32] Temuan ini didukung oleh laporan *U.S. Surgeon General* yang menyatakan bahwa paparan asap rokok pada anak berhubungan dengan peningkatan kejadian penyakit saluran pernapasan, termasuk bronkitis, pneumonia, dan eksaserbasi asma.[32]

3. Ventilasi rumah

Ventilasi merupakan proses pertukaran udara antara lingkungan luar dan dalam ruangan yang berperan penting dalam menjaga kualitas udara di dalam rumah. Ventilasi yang memadai memungkinkan masuknya udara segar serta mengurangi akumulasi polutan dan mikroorganisme, sedangkan ventilasi yang tidak memadai dapat meningkatkan konsentrasi pencemar udara dalam ruangan dan berpotensi menimbulkan gangguan pada sistem pernapasan.[32]

Ventilasi rumah yang kurang baik berkontribusi terhadap peningkatan risiko infeksi saluran pernapasan pada bayi dan balita akibat paparan polutan udara dalam ruangan yang lebih tinggi.[32] Masfufatun *et al*. dalam kajian sistematisnya melaporkan bahwa ventilasi yang tidak memenuhi syarat, kepadatan hunian, suhu, dan kelembapan ruangan berhubungan dengan meningkatnya kejadian infeksi saluran pernapasan pada balita. Kondisi tersebut dapat menurunkan kualitas udara dalam ruangan dan meningkatkan risiko pneumonia pada anak.[33]

2.1.2 Imunisasi PCV (*Pneumococcal Conjugate Vaccine*)

2.1.2.1 Definisi vaksin PCV

Imunisasi merupakan upaya preventif yang efektif untuk menurunkan morbiditas dan mortalitas akibat penyakit infeksi melalui pembentukan respons imun spesifik terhadap patogen tertentu. Salah satu imunisasi yang berperan penting dalam pencegahan pneumonia pada anak adalah *Pneumococcal Conjugate Vaccine* (PCV), yang dirancang untuk memberikan perlindungan terhadap infeksi akibat *Streptococcus pneumoniae*.[1,31] Bakteri gram positif berkapsul ini merupakan penyebab berbagai penyakit pneumokokus, baik invasif seperti pneumonia,

meningitis, dan bakteremia maupun non-invasif seperti otitis media dan sinusitis.[31] Kerentanan bayi terhadap infeksi pneumokokus berkaitan dengan sistem imun yang belum matang, sehingga imunisasi diperlukan untuk memberikan perlindungan pada kelompok usia tersebut.[31]

Vaksin PCV merupakan vaksin konjugat yang menggabungkan antigen polisakarida kapsular *Streptococcus pneumoniae* dengan protein pembawa untuk meningkatkan respons imun, terutama pada bayi dan anak usia dini. Di Indonesia, PCV direkomendasikan untuk diberikan sejak usia 2 bulan hingga 5 tahun guna mencegah pneumonia dan penyakit pneumokokus lainnya.[31] Penelitian pada anak usia di bawah lima tahun di Kabupaten Gunungkidul dan Sumba Barat Daya melaporkan prevalensi kolonisasi pneumokokus nasofaring sebesar 56,3%, yang menunjukkan masih tingginya sirkulasi bakteri pneumokokus pada populasi anak Indonesia.[34] Selain mencegah penyakit infeksi, imunisasi PCV juga berkontribusi dalam mendukung pertumbuhan dan kesehatan anak secara optimal dengan mengurangi dampak infeksi berulang terhadap status gizi dan perkembangan anak.[34]

2.1.2.2 Jenis vaksin PCV

Vaksin pneumokokus merupakan vaksin yang digunakan untuk mencegah infeksi *Streptococcus pneumoniae*, salah satu penyebab utama pneumonia, meningitis, bakteremia, dan penyakit pneumokokus invasif lainnya pada anak.[33] Vaksin pneumokokus yang direkomendasikan pada bayi dan anak adalah PCV, yaitu vaksin yang mengandung polisakarida kapsular pneumokokus yang dikonjugasikan dengan protein pembawa sehingga mampu menghasilkan respons imun yang efektif dan memori imunologis pada bayi serta anak usia dini.[33]

Berdasarkan jumlah serotipe yang dikandungnya, vaksin PCV terdiri atas PCV10, PCV13, PCV15, dan PCV20. PCV10 memberikan perlindungan terhadap 10 serotipe *S. pneumoniae*, sedangkan PCV13 mencakup 13 serotipe dengan tambahan serotipe yang sering menyebabkan penyakit pneumokokus invasif pada anak. Pengembangan selanjutnya menghasilkan PCV15 dan PCV20 yang memiliki cakupan serotipe lebih luas dibandingkan vaksin generasi sebelumnya, sehingga

diharapkan dapat meningkatkan perlindungan terhadap penyakit pneumokokus.[33] Meskipun berbeda dalam jumlah serotipe yang dicakup, seluruh vaksin PCV bekerja melalui mekanisme yang sama, yaitu merangsang pembentukan antibodi spesifik terhadap serotipe pneumokokus yang terkandung dalam vaksin sehingga dapat menurunkan risiko infeksi pneumokokus, termasuk pneumonia pada anak.

Berdasarkan jenis dan komposisinya, vaksin pneumokokus yang digunakan untuk mencegah infeksi *Streptococcus pneumoniae* dapat dibedakan menjadi beberapa jenis sebagai berikut:

1. Vaksin Pneumokokus PCV 10

   PCV10 mengandung 10 serotipe *Streptococcus pneumoniae*, yaitu serotipe 1, 4, 5, 6B, 7F, 9V, 14, 18C, 19F, dan 23F. Vaksin ini memberikan perlindungan terhadap serotipe pneumokokus yang sering menyebabkan penyakit pneumokokus invasif pada anak, termasuk pneumonia. PCV10 tersedia dengan nama dagang *Synflorix* dan dapat diberikan pada bayi mulai usia 2 bulan sesuai jadwal imunisasi yang direkomendasikan.[33]
2. Vaksin Pneumokokus PCV 13

   PCV13 mengandung 13 serotipe *Streptococcus pneumoniae*, yaitu seluruh serotipe yang terdapat pada PCV10 dengan tambahan serotipe 3, 6A, dan 19A. Penambahan serotipe tersebut bertujuan memperluas cakupan perlindungan terhadap penyakit pneumokokus invasif yang sering ditemukan pada anak. Vaksin ini tersedia dengan nama dagang *Prevnar 13* dan direkomendasikan untuk diberikan mulai usia 2 bulan sesuai jadwal imunisasi anak.[33]
3. Vaksin Pneumokokus PCV 15

   PCV15 mencakup 15 serotipe *Streptococcus pneumoniae*, yaitu seluruh serotipe dalam PCV13 dengan tambahan serotipe 22F dan 33F. Penambahan kedua serotipe tersebut diharapkan dapat meningkatkan cakupan proteksi terhadap penyakit pneumokokus invasif. Vaksin ini dipasarkan dengan nama dagang *Vaxneuvance* dan dapat digunakan pada kelompok usia sesuai rekomendasi yang berlaku.[33]

4. Vaksin Pneumokokus PCV 20

PCV20 mengandung 20 serotipe *Streptococcus pneumoniae*. Vaksin ini mencakup seluruh serotipe dalam PCV15 dengan tambahan serotipe 8, 10A, 11A, 12F, dan 15B sehingga memiliki cakupan perlindungan yang lebih luas terhadap penyakit pneumokokus. PCV20 dipasarkan dengan nama dagang *Prevnar 20* dan dikembangkan untuk meningkatkan pencegahan penyakit pneumokokus pada berbagai kelompok usia.[33]

2.1.2.3 Sejarah dan Perkembangan Vaksin PCV

Di Indonesia, vaksin PCV diperkenalkan secara bertahap sebagai upaya pencegahan penyakit pneumokokus, terutama pneumonia pada anak. Implementasi awal dilakukan melalui program demonstrasi imunisasi di beberapa daerah untuk menilai pelaksanaan vaksin dalam sistem layanan kesehatan nasional. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa vaksinasi PCV pada bayi berpotensi menurunkan kejadian penyakit pneumokokus dan mendukung upaya pengendalian pneumonia pada anak, sehingga penerapannya kemudian diperluas secara bertahap.[31]

Sejak tahun 2022, PCV telah dimasukkan ke dalam Program Imunisasi Nasional (PIN) dan diberikan sebagai imunisasi rutin pada bayi dengan jadwal 2+1, yaitu pada usia 2 bulan, 3 bulan, dan dosis *booster* pada usia 12 bulan.[31] Vaksin yang digunakan dalam program nasional adalah PCV13, yang memberikan perlindungan terhadap 13 serotipe *Streptococcus pneumoniae* penyebab penyakit pneumokokus infasif.[32] Selain memberikan perlindungan langsung kepada individu yang divaksinasi, penggunaan PCV juga dapat menurunkan kolonisasi pneumokokus di nasofaring sehingga berkontribusi terhadap terbentuknya *herd immunity* pada populasi.[32]

2.1.2.4 Komposisi dan Mekanisme Kerja Vaksin PCV

Vaksin PCV merupakan vaksin yang dikembangkan untuk mencegah infeksi *Streptococcus pneumoniae*, bakteri penyebab berbagai penyakit pneumokokus seperti pneumonia, meningitis, dan bakteremia pada anak.[31,32] Vaksin ini mengandung polisakarida kapsular dari beberapa serotipe pneumokokus yang dikonjugasikan dengan protein pembawa (*carrier protein*) untuk

meningkatkan imunogenisitas, terutama pada bayi dan anak usia dini yang belum mampu memberikan respons imun optimal terhadap antigen polisakarida murni.[33]

2.1.2.5 Jadwal dan Dosis Pemberian Imunisasi PCV

2.1.2.5.1 Jadwal pemberian imunisasi PCV

Dalam konteks Indonesia, imunisasi PCV merupakan bagian dari program imunisasi dasar yang bertujuan untuk mencegah infeksi *Streptococcus pneumoniae*, terutama pneumonia pada bayi dan anak. Menurut Ikatan Dokter Anak Indonesia (IDAI), PCV merupakan vaksin konjugat yang diberikan secara intramuskular untuk merangsang pembentukan respons imun spesifik terhadap bakteri pneumokokus. Vaksin ini bekerja dengan membentuk antibodi dan memori imunologis sehingga memberikan perlindungan jangka panjang pada kelompok usia rentan, khususnya bayi yang sistem imunnya masih dalam tahap perkembangan.[31]

Berdasarkan rekomendasi IDAI, imunisasi PCV diberikan dalam skema 2+1, yaitu dua dosis primer pada usia 2 dan 3 bulan, serta satu dosis booster pada usia 12 bulan.[31] Jadwal ini dirancang untuk memberikan perlindungan optimal sejak dini serta mempertahankan kekebalan terhadap *Streptococcus pneumoniae* pada periode risiko tinggi infeksi. Pemberian imunisasi sesuai jadwal tersebut berperan penting dalam pencegahan penyakit pneumokokus, terutama pneumonia, yang masih merupakan faktor utama penyebab kesakitan pada anak berusia kurang dari lima tahun.[31]

2.1.2.6 Kelengkapan Imunisasi PCV

Kelengkapan PCV merupakan indikator penting dalam menilai cakupan dan keberhasilan program imunisasi serta tingkat perlindungan terhadap penyakit pneumokokus pada anak. Kelengkapan imunisasi mencerminkan terpenuhinya dosis vaksin sesuai jadwal yang direkomendasikan, sehingga ketidaklengkapan imunisasi dapat menurunkan efektivitas proteksi terhadap *Streptococcus pneumoniae* dan meningkatkan risiko terjadinya pneumonia, meningitis, serta bakteremia pada anak.[32]

Berdasarkan Program Imunisasi Nasional (PIN), PCV diberikan dengan skema 2+1, yaitu dua dosis primer pada usia 2 dan 3 bulan serta satu dosis *booster* pada usia 12 bulan. Dalam surveilans program, kelengkapan imunisasi PCV dinilai berdasarkan penerimaan dua dosis primer (PCV1 dan PCV2). Anak yang telah menerima kedua dosis tersebut dikategorikan memiliki imunisasi PCV lengkap, sedangkan anak yang belum menerima atau hanya menerima satu dosis dikategorikan tidak lengkap. Pendekatan ini digunakan sebagai indikator operasional untuk menilai cakupan imunisasi PCV pada populasi bayi.[31]

Selain pendekatan program, secara klinis Ikatan Dokter Anak Indonesia (IDAI) merekomendasikan pemberian PCV dengan skema 3+1, yaitu dosis primer pada usia 2, 4, dan 6 bulan serta dosis booster pada usia 12–15 bulan.[31] Skema ini bertujuan untuk menghasilkan respons imun yang optimal dan memori imunologis jangka panjang. Dengan demikian, konsep kelengkapan imunisasi PCV dalam praktik klinis merujuk pada penyelesaian seluruh rangkaian dosis sesuai rekomendasi IDAI, sedangkan dalam konteks penelitian ini digunakan definisi operasional berdasarkan penerimaan dua dosis awal sesuai pendekatan program imunisasi.

2.1.2.7 Efektivitas dan Efikasi Vaksin PCV

Efikasi vaksin merupakan kemampuan vaksin dalam mencegah penyakit dalam kondisi terkendali, seperti pada uji klinis, sedangkan efektivitas menggambarkan keberhasilan vaksin dalam menurunkan kejadian penyakit pada kondisi nyata di masyarakat setelah implementasi program imunisasi. Pada vaksin PCV, penilaian efektivitas umumnya mencakup penurunan kejadian pneumonia, penyakit pneumokokus invasif, serta kolonisasi *Streptococcus pneumoniae* di nasofaring sebagai reservoir utama penularan.[32]

Penelitian oleh Dunne *et al.* (2024) di Indonesia pada bayi dalam program demonstrasi PCV13 menunjukkan bahwa pemberian PCV13 dengan skema 2+1 menurunkan prevalensi kolonisasi serotipe pneumokokus yang termasuk dalam vaksin dibandingkan kelompok tidak divaksinasi. Pada usia 18 bulan, prevalensi kolonisasi serotipe yang tercakup dalam PCV13 sebesar 5,4% pada kelompok yang

menerima PCV13 dibandingkan 10,3% pada kelompok kontrol, dengan rasio prevalensi (*prevalence ratio*/PR) 0,52 (95% CI: 0,33–0,83; p=0,006). Hasil ini menunjukkan bahwa vaksinasi PCV13 berhubungan dengan penurunan kolonisasi serotipe vaksin sekitar 48%, yang mengindikasikan efektivitas vaksin dalam menghambat kolonisasi bakteri di nasofaring.(33)

Penurunan kolonisasi nasofaring memiliki implikasi epidemiologis penting karena mengurangi risiko penyakit invasif dan transmisi bakteri di masyarakat. Berkurangnya kolonisasi *S. pneumoniae* juga dapat memberikan efek perlindungan tidak langsung (*herd immunity*). Oleh karena itu, imunisasi PCV berperan dalam menurunkan beban penyakit pneumokokus pada anak serta mendukung pencegahan pneumonia di tingkat populasi.(34)

2.1.2.8 Kejadian Ikutan Pasca Imunisasi (KIPI) PCV

Keamanan vaksin PCV telah dievaluasi melalui berbagai uji klinis dan kegiatan surveilans pasca pemasaran yang menunjukkan bahwa vaksin ini memiliki profil keamanan yang baik pada populasi sasaran. WHO menyatakan bahwa vaksin yang direkomendasikan dalam program imunisasi nasional telah terbukti aman dan efektif, dengan sebagian besar reaksi pasca imunisasi bersifat ringan dan sementara.(34)

Imunisasi bekerja dengan merangsang sistem imun untuk membentuk respons protektif terhadap antigen spesifik, yang dapat menimbulkan reaksi lokal seperti nyeri, kemerahan, dan pembengkakan pada lokasi suntikan, serta reaksi sistemik ringan seperti demam, rewel, atau penurunan nafsu makan. Reaksi ini umumnya bersifat *self-limiting* dan tidak memerlukan terapi khusus.(34)

Keamanan vaksin PCV di Indonesia dipantau melalui sistem Kejadian Ikutan Pasca Imunisasi (KIPI), yang mencatat setiap kejadian medis setelah imunisasi untuk dianalisis hubungan kausalitasnya. Berdasarkan laporan pemantauan KIPI Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, kejadian ikutan setelah pemberian PCV umumnya didominasi reaksi lokal seperti nyeri suntikan,

kemerahan, dan pembengkakan, serta reaksi sistemik ringan seperti demam dan rewel, tanpa laporan kejadian serius yang konsisten.[34]

Sejalan dengan temuan tersebut, laporan pemantauan keamanan vaksin PCV oleh Kementerian Kesehatan Republik Indonesia melalui Komite Nasional Pengkajian dan Penanggulangan KIPI menunjukkan bahwa kejadian pasca imunisasi yang paling sering dilaporkan setelah dosis pertama adalah nyeri di tempat suntikan (90,1%), rewel (72,6%), dan kemerahan (67,6%). Setelah dosis kedua, reaksi yang paling sering dilaporkan tetap berupa rewel (64,7%) dan kemerahan (62,2%). Pada kelompok yang menerima PCV tanpa vaksinasi bersamaan, pola serupa juga ditemukan dengan dominasi reaksi lokal dan keluhan sistemik ringan yang bersifat sementara.[35]

Secara keseluruhan, WHO menegaskan bahwa kejadian ikutan serius setelah imunisasi PCV sangat jarang terjadi, dan manfaat vaksin dalam mencegah penyakit pneumokokus yang berat jauh lebih besar dibandingkan risiko efek samping yang mungkin timbul. Oleh karena itu, PCV tetap direkomendasikan sebagai salah satu intervensi utama dalam pencegahan pneumonia pada anak.[1]

2.1.2.9 Cakupan Imunisasi PCV di Indonesia

Cakupan imunisasi merupakan indikator penting keberhasilan program imunisasi dalam melindungi populasi dari penyakit yang dapat dicegah dengan vaksin. WHO menegaskan bahwa cakupan imunisasi yang tinggi diperlukan untuk mencapai *herd immunity* serta menurunkan morbiditas dan mortalitas, sehingga pemantauan cakupan menjadi bagian penting dalam evaluasi program imunisasi nasional.[6]

Di Indonesia, vaksin PCV mulai diperkenalkan melalui program demonstrasi pada tahun 2017 di Provinsi Nusa Tenggara Barat dan Kepulauan Bangka Belitung. Evaluasi program menunjukkan cakupan imunisasi PCV mencapai lebih dari 80%, yang mencerminkan penerimaan masyarakat yang baik. Vaksin PCV kemudian diintegrasikan ke dalam Program Imunisasi Nasional pada tahun 2022 dengan jadwal pemberian pada usia 2, 3, dan 12 bulan.[31]

Meskipun telah diimplementasikan secara nasional, cakupan imunisasi PCV lengkap pada anak usia 12–23 bulan berdasarkan SKI 2023 masih sebesar 62,7% dan belum mencapai target nasional.[13] Rendahnya cakupan ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti akses layanan kesehatan, pengetahuan orang tua, dan ketersediaan vaksin. Oleh karena itu, peningkatan cakupan melalui penguatan layanan kesehatan dan edukasi masyarakat diperlukan untuk meningkatkan perlindungan individu maupun *herd immunity* di masyarakat.[30]

2.1.3 Hubungan Kelengkapan Imunisasi PCV dengan Kejadian Pneumonia

Pneumonia ialah infeksi traktus respiratorius akut yang tetap menjadi faktor dominan tingginya angka kesakitan serta kematian pada anak, khususnya kelompok usia kurang dari lima tahun. Penyakit tersebut dicirikan oleh respons peradangan pada jaringan parenkim paru yang disebabkan oleh infeksi bakteri, virus, maupun jamur, dengan *Streptococcus pneumoniae* sebagai etiologi tersering pada pneumonia bakterial. Infeksi ini dapat menimbulkan gangguan respirasi berat serta komplikasi seperti sepsis, meningitis, dan kematian apabila tidak ditangani secara adekuat.[1]

Imunisasi PCV berperan dalam pencegahan pneumonia melalui pembentukan antibodi spesifik terhadap *Streptococcus pneumoniae*. Pemberian PCV berhubungan dengan penurunan kejadian pneumonia dan pneumonia berat pada anak usia di bawah lima tahun.[32] Efek ini juga terlihat pada penurunan risiko pneumonia berat pada anak yang telah diimunisasi dibandingkan yang tidak diimunisasi.[31] Studi oleh Van Werkhoven dan Huijts (2018) menunjukkan bahwa PCV efektif menurunkan pneumonia komunitas akibat *Streptococcus pneumoniae*, serta menurunkan penyakit pneumokokus invasif, dengan efektivitas yang meningkat seiring cakupan imunisasi dan terbentuknya *herd immunity*.[36]

Di Indonesia, penelitian oleh Lailla *et al.* (2020) menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang bermakna antara kelengkapan imunisasi dasar dengan kejadian pneumonia pada balita ($p = 0,807$), sehingga pneumonia tetap dipengaruhi oleh berbagai faktor risiko lain.[37] Meskipun demikian, kelengkapan imunisasi PCV tetap berperan dalam menurunkan risiko serta derajat keparahan pneumonia

melalui pembentukan imunitas spesifik dan perlindungan populasi (*herd immunity*), sehingga menjadi faktor protektif penting dalam pencegahan pneumonia pada anak.

2.1.3.1 Mekanisme Perlindungan PCV terhadap Pneumonia

Streptococcus pneumoniae merupakan salah satu etiologi utama pneumonia pada anak usia di bawah lima tahun secara global. Bakteri ini memiliki kapsul polisakarida yang berperan sebagai faktor virulensi utama karena mampu menghambat proses fagositosis oleh sistem imun inang. Infeksi pneumokokus umumnya diawali dengan kolonisasi pada nasofaring, kemudian dapat menyebar ke saluran pernapasan bawah dan menimbulkan inflamasi jaringan paru yang berujung pada pneumonia.[38]

PCV mengandung antigen polisakarida kapsular dari beberapa serotipe *Streptococcus pneumoniae* yang dikonjugasikan dengan protein pembawa (*carrier protein*). Konjugasi ini mengubah sifat antigen dari *T-independent* menjadi *T-dependent* sehingga mampu merangsang respons imun yang lebih kuat pada bayi dan anak. Antigen diproses oleh *antigen-presenting cells* dan dipresentasikan melalui MHC kelas II kepada sel *T helper*, yang selanjutnya mengaktivasi limfosit B untuk menghasilkan antibodi spesifik terhadap kapsul pneumokokus.[38, 39]

Antibodi yang terbentuk terutama berupa imunoglobulin G (IgG) yang berperan dalam mekanisme opsonisasi, sehingga meningkatkan fagositosis oleh neutrofil dan makrofag serta mencegah invasi bakteri ke jaringan paru. Selain itu, vaksin PCV juga menginduksi pembentukan sel memori imunologis yang menghasilkan respons imun lebih cepat dan kuat pada pajanan ulang. Di samping perlindungan individual, PCV menurunkan kolonisasi nasofaring *Streptococcus pneumoniae* sebagai reservoir utama bakteri, sehingga mengurangi transmisi dalam populasi dan menghasilkan efek *herd immunity*.[39]

2.1.3.2 Bukti Ilmiah Hubungan PCV dengan Penurunan Kejadian Pneumonia

Pneumonia masih menjadi penyebab utama morbiditas dan mortalitas pada anak usia di bawah lima tahun. Analisis GBD 2019 melaporkan bahwa infeksi saluran pernapasan bawah menyebabkan sekitar 740.180 kematian pada anak usia

<5 tahun, dengan *Streptococcus pneumoniae* sebagai salah satu patogen utama penyebab pneumonia berat.[40] O'Brien *et al.* juga melaporkan bahwa infeksi pneumokokus menyebabkan sekitar 476.000 kematian per tahun atau 11% dari seluruh kematian anak balita.[41]

Dampak PCV terhadap penurunan kejadian pneumonia telah dibuktikan melalui berbagai studi. Wahl *et al.* menunjukkan bahwa implementasi PCV secara luas berkontribusi terhadap penurunan signifikan penyakit pneumokokus invasif pada anak serta mencegah jutaan kasus penyakit pneumokokus secara global.[41] Efektivitas ini berkaitan dengan kemampuannya meningkatkan respons imun protektif dan menurunkan kolonisasi nasofaring *Streptococcus pneumoniae*, sehingga mengurangi transmisi bakteri dan menghasilkan efek *herd immunity* di masyarakat. Oleh karena itu, integrasi PCV ke dalam program imunisasi nasional menjadi strategi penting dalam menurunkan kejadian pneumonia pada anak.

2.1.3.3 Dampak Ketidaklengkapan Imunisasi PCV terhadap Risiko Pneumonia

Pneumonia merupakan salah satu penyebab utama kematian anak balita secara global, dengan sekitar 740.180 kematian akibat infeksi saluran pernapasan bawah pada tahun 2019. *Streptococcus pneumoniae* merupakan salah satu penyebab utama pneumonia berat pada anak, yang umumnya diawali oleh kolonisasi nasofaring sebelum menyebar ke saluran pernapasan bawah dan menyebabkan pneumonia.[41]

PCV memberikan perlindungan terhadap *Streptococcus pneumoniae* melalui pembentukan antibodi spesifik yang meningkatkan opsonisasi dan fagositosis bakteri.[35] Ketidaklengkapan imunisasi PCV menyebabkan respons imun protektif yang tidak optimal sehingga meningkatkan risiko kolonisasi nasofaring, penyebaran bakteri ke saluran napas bawah, dan terjadinya pneumonia. Selain itu, cakupan imunisasi yang tidak optimal juga dapat mengurangi efek *herd immunity* dalam populasi.[41]

Secara epidemiologis, Rizqullah melaporkan bahwa 63,6% balita pneumonia memiliki status imunisasi tidak lengkap ($p < 0,05$).(42) Temuan serupa dilaporkan oleh Lailla *et al.* ($p = 0,002$) dan Alvionita *et al*. ($p < 0,05$), yang menunjukkan bahwa balita dengan imunisasi tidak lengkap memiliki risiko pneumonia lebih tinggi dibandingkan balita dengan imunisasi lengkap.[28,37] Dengan demikian, ketidaklengkapan imunisasi PCV berkontribusi terhadap peningkatan risiko pneumonia melalui tidak terbentuknya kekebalan spesifik dan meningkatnya kolonisasi pneumokokus.[41]

2.1.4 Bayi di Bawah 24 Bulan

2.1.4.1 Karakteristik Imunologis Bayi di Bawah 24 Bulan

Periode bayi hingga usia 24 bulan merupakan fase penting dalam perkembangan sistem imun manusia. Pada masa ini terjadi proses transisi dari perlindungan imun pasif yang diperoleh dari ibu menuju pembentukan sistem imun aktif yang matang. Sistem imun bayi belum berkembang secara optimal sehingga menyebabkan peningkatan kerentanan terhadap berbagai penyakit infeksi, termasuk infeksi saluran pernapasan bawah seperti pneumonia.[1]

2.1.4.1.1 Perkembangan sistem imun pada bayi

Sistem imun mulai berkembang sejak masa intrauterin, namun saat lahir sebagian besar komponennya belum matang secara fungsional. Pada neonatus, sistem imun bawaan *(innate immunity)* berperan sebagai lini pertahanan pertama, tetapi kapasitasnya masih terbatas dibandingkan individu dewasa. Sel efektor seperti neutrofil, makrofag, dan sel dendritik menunjukkan kemampuan fagositosis serta produksi sitokin yang lebih rendah, sehingga respons inflamasi terhadap infeksi cenderung kurang optimal.[2] Selain itu, sistem imun adaptif pada bayi juga belum matang, karena limfosit T dan B sebagian besar masih berada dalam keadaan naif akibat minimnya paparan antigen, sehingga kemampuan membentuk respons imun spesifik dan memori imunologis masih terbatas.[3]

Seiring pertumbuhan dan meningkatnya paparan antigen dari lingkungan maupun imunisasi, sistem imun bayi mengalami proses maturasi bertahap. Proses ini ditandai dengan peningkatan fungsi sistem imun bawaan, terbentuknya respons

imun adaptif yang lebih efektif, serta perkembangan memori imunologis yang lebih stabil, hingga mendekati karakteristik sistem imun pada individu dewasa.[3]

2.1.4.1.2 Peran antibodi maternal pada bayi

Pada awal kehidupan, bayi memperoleh perlindungan imun melalui transfer antibodi maternal, terutama imunoglobulin G (IgG), yang ditransfer secara transplasental selama trimester akhir kehamilan. Antibodi maternal ini memberikan perlindungan pasif terhadap berbagai patogen selama beberapa bulan pertama kehidupan. Namun kadar antibodi tersebut akan menurun secara bertahap dengan waktu paruh sekitar 21–28 hari, sehingga pada usia sekitar 4–6 bulan perlindungan pasif dari ibu mulai berkurang secara signifikan.[4]

Selain melalui plasenta, perlindungan imun juga diberikan melalui air susu ibu (ASI). ASI mengandung berbagai komponen imunologis seperti imunoglobulin A sekretori (sIgA), laktoferin, lisozim, dan oligosakarida yang berperan dalam melindungi mukosa saluran cerna dan saluran pernapasan bayi dari kolonisasi patogen. Komponen imun dalam ASI juga membantu pembentukan mikrobiota usus yang berperan penting dalam perkembangan sistem imun bayi.[4]

2.1.4.1.3 Karakteristik respons pada bayi

Karakteristik respons imun pada bayi berbeda dengan orang dewasa. Pada periode awal kehidupan, respons imun bayi cenderung lebih bersifat tolerogenik untuk mencegah reaksi inflamasi berlebihan terhadap antigen baru yang berasal dari lingkungan maupun mikrobiota yang mulai berkolonisasi setelah kelahiran. Hal ini ditandai dengan dominasi respons sel *T helper* tipe 2 (Th2) serta peningkatan aktivitas sel *T regulator* (Treg) yang berperan dalam menekan respons imun berlebihan.[3]

Konfigurasi imunologis ini memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan antara toleransi imun dan perlindungan terhadap patogen. Namun demikian, kondisi tersebut juga menyebabkan bayi lebih rentan terhadap beberapa jenis infeksi bakteri dan virus, termasuk patogen penyebab pneumonia seperti *Streptococcus pneumoniae*.[2]

2.1.4.1.4 Implikasi klinis terhadap kerentanan infeksi

Ketidakmatangan sistem imun pada bayi menyebabkan peningkatan kerentanan terhadap berbagai penyakit infeksi. WHO melaporkan bahwa infeksi saluran pernapasan bawah merupakan salah satu penyebab utama morbiditas dan mortalitas pada anak di bawah usia lima tahun, dengan pneumonia sebagai penyebab utama kematian.[3] Kondisi ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain penurunan antibodi maternal, imunitas mukosa yang belum matang, serta keterbatasan pembentukan memori imunologis pada awal kehidupan.

Pada masa bayi, sistem imun bawaan dan adaptif belum berkembang secara optimal. Sel imun bawaan seperti neutrofil, makrofag, dan sel dendritik memiliki kapasitas fagositosis serta produksi sitokin yang lebih rendah dibandingkan individu dewasa, sehingga respons inflamasi terhadap infeksi masih terbatas.[2] Selain itu, sel limfosit T dan B sebagian besar masih bersifat naif sehingga kemampuan pembentukan respons imun spesifik dan memori imunologis belum optimal, yang menyebabkan bayi lebih rentan terhadap infeksi.

Dalam konteks ini, imunisasi menjadi strategi penting untuk memberikan perlindungan aktif terhadap patogen tertentu, termasuk *Streptococcus pneumoniae* melalui vaksin PCV.[7] PCV merangsang pembentukan antibodi spesifik terhadap kapsul polisakarida pneumokokus yang telah dikonjugasikan dengan *protein carrier*, sehingga menghasilkan respons imun *T-dependent* yang lebih kuat serta membentuk memori imunologis yang efektif.[8] Dengan demikian, karakteristik imunologis bayi yang belum matang menjadikan kelompok usia di bawah 24 bulan sangat rentan terhadap pneumonia, sehingga imunisasi PCV berperan penting dalam pencegahan penyakit tersebut.

2.1.4.2 Kerentanan Bayi di Bawah 24 Bulan terhadap Pneumonia

Bayi di bawah usia 24 bulan memiliki kerentanan tinggi terhadap pneumonia akibat ketidakmatangan sistem imun. Pada fase ini, sistem imun bawaan masih belum optimal, ditandai dengan keterbatasan aktivitas fagositosis neutrofil dan makrofag serta produksi sitokin yang belum adekuat, sedangkan sistem imun adaptif masih didominasi limfosit naif akibat minimnya paparan antigen.[15] Selain

itu, respons imun cenderung bersifat tolerogenik dengan dominasi Th2 dan aktivitas sel *T regulator* yang relatif tinggi, yang meskipun berfungsi menjaga homeostasis imun, dapat menurunkan efektivitas respons terhadap patogen seperti *Streptococcus pneumoniae*. Penurunan antibodi maternal (IgG) setelah lahir dengan waktu paruh sekitar 3–4 minggu juga menyebabkan berkurangnya perlindungan pasif, sementara kemampuan bayi dalam menghasilkan antibodi sendiri belum optimal, sehingga terbentuk periode kerentanan terhadap infeksi, termasuk pneumonia.[4]

Kerentanan tersebut diperberat oleh faktor anatomis dan lingkungan. Bayi memiliki diameter jalan napas yang lebih kecil, mukosa yang lebih mudah mengalami edema, serta alveoli yang masih berkembang, sehingga inflamasi ringan atau peningkatan sekret dapat dengan cepat menyebabkan obstruksi dan gangguan pertukaran gas.[5] Selain itu, ventilasi kolateral yang belum matang membatasi kemampuan kompensasi paru, sehingga infeksi saluran napas bawah lebih mudah berkembang menjadi pneumonia berat. Risiko juga meningkat oleh faktor eksternal seperti malnutrisi, tidak mendapatkan ASI eksklusif, paparan asap rokok, kepadatan hunian, dan polusi udara dalam rumah tangga yang secara simultan menurunkan imunitas serta meningkatkan pajanan patogen respiratori.[16] Dengan demikian, pneumonia pada bayi merupakan hasil interaksi kompleks antara faktor imunologis, anatomis, dan lingkungan.

2.1.4.3 Program Imunisasi Nasional (PIN) pada Bayi di Bawah 24 Bulan

Di Indonesia, PIN diselenggarakan oleh Kementerian Kesehatan dengan tujuan menurunkan angka kesakitan, kecacatan, dan kematian akibat penyakit yang dapat dicegah dengan imunisasi (PD3I), serta dilaksanakan melalui fasilitas pelayanan kesehatan seperti puskesmas, posyandu, dan rumah sakit.[8] Program ini menjadi strategi utama kesehatan masyarakat, terutama pada bayi usia 0–24 bulan yang merupakan kelompok rentan karena sistem imun yang belum matang sehingga memiliki risiko tinggi terhadap penyakit infeksi.

Menurut rekomendasi Ikatan Dokter Anak Indonesia (IDAI) tahun 2023, imunisasi pada bayi diberikan secara bertahap sejak lahir untuk membentuk respons

imun yang optimal.[31] Imunisasi dasar meliputi hepatitis B saat lahir, BCG, polio, serta vaksin kombinasi DPT-HB-Hib pada usia 2, 3, dan 4 bulan. Selain itu, vaksin campak-rubella diberikan pada usia sekitar 9 bulan. Dalam program imunisasi nasional, vaksin PCV yang digunakan adalah PCV13, yaitu vaksin yang mengandung 13 serotipe *Streptococcus pneumoniae* yang paling sering menyebabkan penyakit pneumokokus invasif pada anak, termasuk pneumonia dan meningitis.[31]

Jadwal imunisasi IDAI secara berkala diperbarui berdasarkan perkembangan ilmu pengetahuan dan rekomendasi WHO untuk memastikan perlindungan optimal sejak usia dini.[31] Kepatuhan terhadap jadwal imunisasi berperan penting dalam membentuk kekebalan individu maupun kekebalan kelompok (*herd immunity*), sehingga tidak hanya melindungi anak yang divaksinasi tetapi juga menurunkan transmisi penyakit di masyarakat. Dengan demikian, program imunisasi nasional pada bayi di bawah 24 bulan merupakan strategi utama dalam pencegahan penyakit infeksi yang berkontribusi terhadap morbiditas dan mortalitas anak.[31]

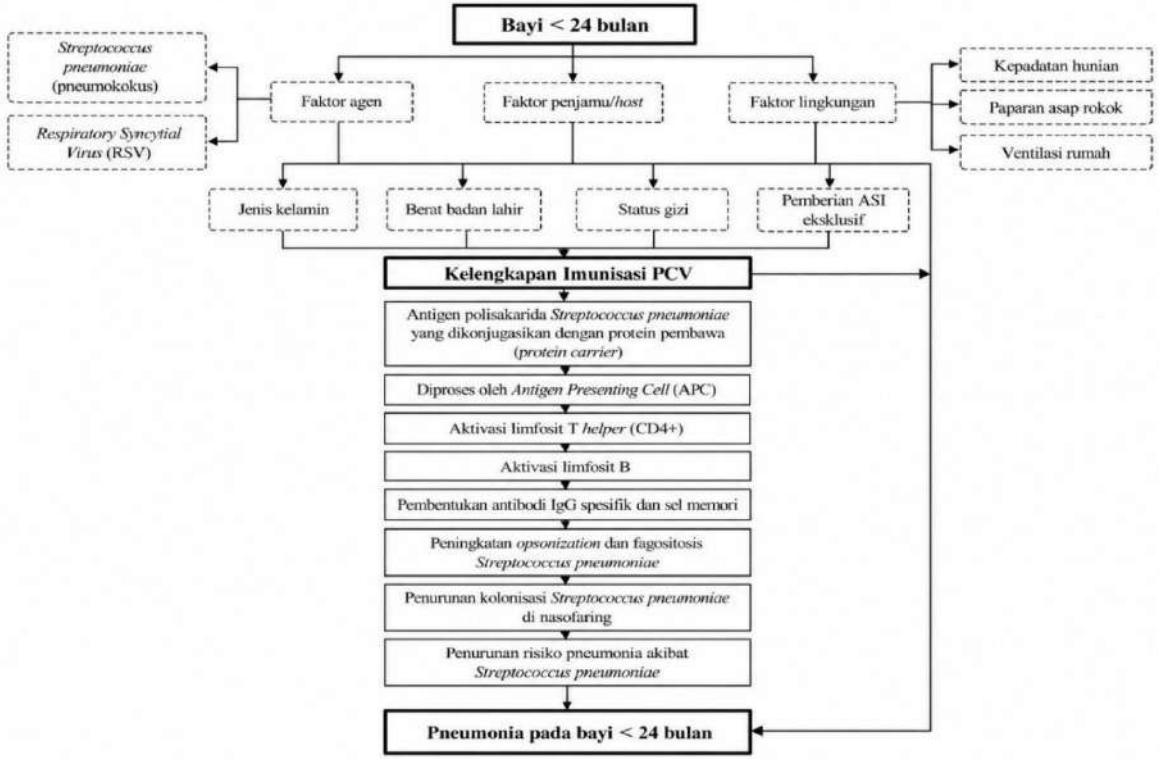
2.2 Ringkasan pustaka

Tabel 1. Ringkasan pustaka

Peneliti	Lokasi & waktu	Desain	Subjek	Variabel yang diteliti	Lama	Hasil
Rizqullah N, *et al* [21]	RSIA Respati Tasikmalaya, Indonesia. November 2020	*Case control* (Observasional analitik)	60 balita (30 kasus pneumonia, 30 kontrol), usia 12–59 bulan	Status imunisasi dasar (Hib, DPT, Campak) dan pneumonia	Data rekam medis tahun 2019	Terdapat hubungan signifikan antara status imunisasi Hib, DPT, dan Campak dengan kejadian pneumonia ($p < 0,05$).
Vinny Aliyonita, *et al* [36]	Puskesmas Pontap, Palopo (2017)	*Cross sectional*	62 bayi	Status gizi, status imunisasi, kejadian pneumonia	± 2 bulan	Terdapat hubungan signifikan antara status gizi dan status imunisasi dengan kejadian pneumonia ($p = 0,001$).
von Mollendorf C, *et al* [5]	Ulaanbaatar, Mongolia; 2015–2021	Observasional prospektif	17.607 anak usia 2–59 bulan dengan pneumonia	Introduksi vaksin PCV13 dan kejadian pneumonia	±6 tahun	Introduksi PCV13 menurunkan insiden pneumonia terutama *primary endpoint* pneumonia dan *very severe* pneumonia pada anak.

Aisyah Lailla Z, et *al* [37]	RSUD Dr. Zainoel Abidin Banda Aceh, Juli–September 2019	*Cross-sectional*	98 balita usia 12–59 bulan	Status imunisasi dasar lengkap dan kejadian pneumonia	±3 bulan	Tidak terdapat hubungan antara imunisasi dasar lengkap dengan kejadian pneumonia pada balita (p = 0,807).
Putri S.P., Gusti A., Masrizal [38]	Provinsi Sumatera Barat, 2022–2024	Studi ekologi	19 kab/kota di Sumatera Barat (57 unit analisis)	Kepadatan penduduk, ketinggian wilayah, imunisasi dasar lengkap, vaksin PCV, vitamin A, gizi buruk dengan kejadian pneumonia balita	3 tahun	Kepadatan penduduk berhubungan dengan pneumonia (p=0,007). Variabel lain termasuk vaksin PCV tidak berhubungan signifikan (p>0,05).

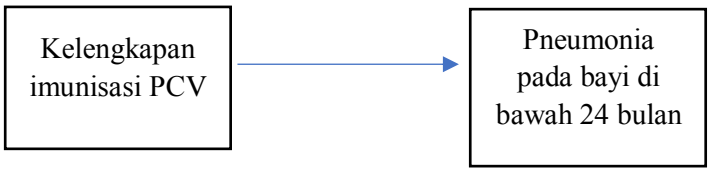
2.3 Kerangka teori



Gambar 1. Kerangka teori
Sumber: Diadaptasi dari Noorkhalisah, dkk 2026 [43] dan Herpinta, dkk 2026 [44]

Keterangan:
Variabel yang diteliti: ━━━━━
Variabel yang tidak diteliti: ----------

BAB III
KERANGKA KONSEP DAN DEFINISI OPERASIONAL



Gambar 2. Kerangka konsep

3.1 Variabel penelitian

3.1.1 Variabel bebas

Variabel bebas pada penelitian ini adalah kelengkapan imunisasi PCV.

3.1.2 Variabel tergantung

Variabel tergantung pada penelitian ini adalah pneumonia pada bayi di bawah 24 bulan.

3.2 Definisi operasional

Tabel 2. Definisi operasional

Variabel	Definisi	Alat ukur	Cara mengukur	Hasil	Skala	Referensi
Pneumonia	Pneumonia adalah infeksi akut pada jaringan paru yang ditandai dengan batuk dan/atau kesulitan bernapas akibat infeksi mikroorganisme. Pada penelitian ini, kejadian pneumonia ditetapkan berdasarkan diagnosis pneumonia oleh tenaga kesehatan atau adanya gejala demam, batuk, dan kesulitan bernapas dalam 1 tahun terakhir pada dataset SKI 2023.	Data sekunder Survei Kesehatan Indonesia (SKI) 2023	Status pneumonia diperoleh dari variabel diagnosis pneumonia pada dataset SKI 2023.	1. Ya 2. Tidak	Nominal	WHO [1]; IDAI [31]; Kemenkes RI [14]
Kelengkapan imunisasi PCV	Kelengkapan imunisasi PCV adalah status pemberian vaksin PCV pada bayi yang ditentukan berdasarkan jumlah dosis yang diterima, yaitu	Data sekunder Survei Kesehatan Indonesia (SKI) 2023	Status imunisasi PCV diperoleh dari variabel riwayat pemberian vaksin PCV pada dataset SKI 2023.	1. Lengkap 2. Tidak lengkap	Nominal	WHO [1]; Sari A [42]

	lengkap (≥2 dosis) dan tidak lengkap (<2 dosis).					
Usia bayi	Usia bayi adalah lama waktu hidup bayi sejak dilahirkan hingga saat dilakukan survei yang dinyatakan dalam satuan bulan.	Data sekunder Survei Kesehatan Indonesia (SKI) 2023	Usia bayi diperoleh dari variabel usia pada dataset SKI 2023 yang dicatat dalam bulan.	1. 0–11 bulan 2. 12–23 bulan	Ordinal	Kemenkes RI [3]
Jenis kelamin	Jenis kelamin merupakan karakteristik biologis yang membedakan individu menjadi laki-laki dan perempuan sejak lahir.	Data sekunder Survei Kesehatan Indonesia (SKI) 2023	Jenis kelamin diperoleh dari variabel jenis kelamin bayi pada dataset SKI 2023.	1.Laki-laki 2.Perempuan	Nominal	Kemenkes RI [3]

BAB IV
METODE

4.1 Desain penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian observasional analitik dan dilakukan dengan pengamatan sewaktu yaitu studi potong lintang atau *cross-sectional*. Penelitian analitik ini dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya hubungan antara kelengkapan imunisasi *Pneumococcal Conjugate Vaccine* (PCV) dengan pneumonia pada bayi di bawah 24 bulan berdasarkan data Survei Kesehatan Indonesia (SKI) tahun 2023.

4.2 Lokasi dan waktu penelitian

Peneleitian ini akan menggunakan data sekunder yang didapatkan dari Badan Kebijakan Pembangunan Kesehatan (BKPK), yaitu data Survei Kesehatan Indonesia tahun 2023. Penelitian dilakukan di DKI Jakarta pada bulan Februari sampai dengan Juli tahun 2026.

4.3 Populasi dan sampel penelitian

4.3.1 Populasi

Populasi terjangkau dalam penelitian ini adalah bayi usia 0–23 bulan yang tercatat dalam data SKI tahun 2023. Berdasarkan laporan SKI 2023, jumlah bayi usia 0–11 bulan sebanyak 14.055 bayi dan usia 12–23 bulan sebanyak 16.233 bayi, sehingga total populasi bayi usia 0–23 bulan adalah 30.288 bayi. Populasi tersebut menjadi populasi terjangkau karena data mengenai status imunisasi PCV dan kejadian pneumonia tersedia dalam dataset SKI 2023 dan dapat dianalisis dalam penelitian ini.

4.3.1.1 Subjek

4.3.1.3.1 Kriteria pemilihan subjek

Kriteria inklusi

- Bayi usia 0–23 bulan yang tercatat dalam data Survei Kesehatan Indonesia (SKI) tahun 2023.

- Bayi yang memiliki data status imunisasi *Pneumococcal Conjugate Vaccine* (PCV).
- Bayi yang memiliki data kejadian pneumonia.
- Bayi dengan data karakteristik dasar yang lengkap sesuai variabel penelitian.

Kriteria eksklusi

- Bayi dengan data status imunisasi PCV yang tidak tersedia, tidak diketahui, atau tidak dapat ditentukan berdasarkan data SKI 2023.
- Bayi dengan data kejadian pneumonia yang tidak diketahui atau tidak dapat ditentukan.
- Responden dengan data variabel penelitian yang tidak lengkap.

4.4 Bahan dan Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah kuesioner SKI Tahun 2023. Data yang diperlukan diperoleh melalui pengajuan permohonan akses data kepada Badan Kebijakan Pembangunan Kesehatan (BKPK) melalui portal layanan permintaan data Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Data yang diperlukan yaitu:

1. Kuesioner SKI 2023 data set individu:
    a. Kuesioner individu Data SKI 2023 Blok XI Kode A09-A011 untuk memperoleh data mengenai kejadian pneumonia.
    b. Kuesioner Individu Data SKI 2023 Blok XI Kode I20 untuk memperoleh data mengenai status kelengkapan imunisasi PCV.

4.4.1 Cara pengambilan data

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang bersumber dari SKI Tahun 2023. Data diperoleh melalui pengajuan permohonan akses data kepada Badan Kebijakan Pembangunan Kesehatan (BKPK) melalui portal layanan permintaan data Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

4.5 Analisis data

Proses pengolahan dan analisis data dilakukan dengan memasukkan data ke program komputer *Statistical Package For Social Sciences* (SPSS).

4.5.1 Analisis Univariat

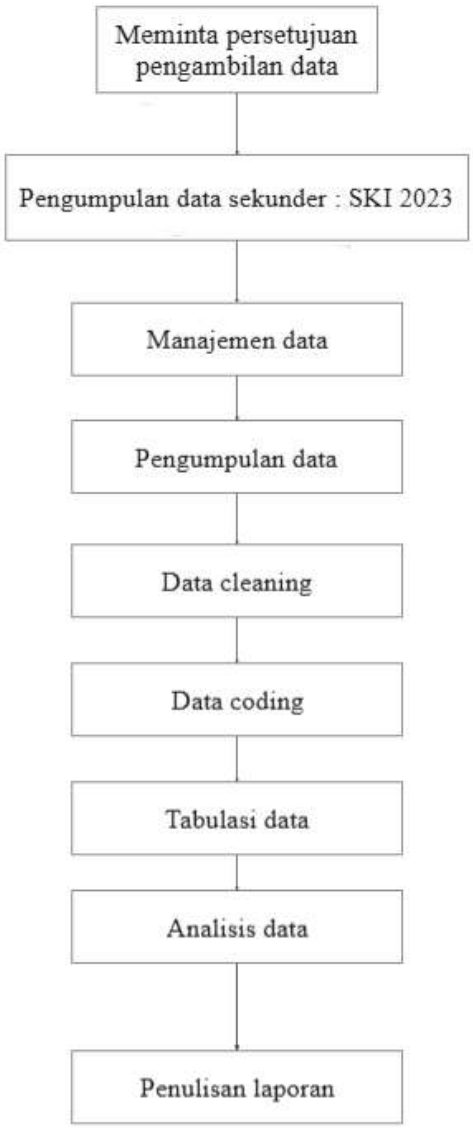
Analisis univariat digunakan untuk menggambarkan karakteristik setiap variabel penelitian. Variabel kategorik yang dianalisis meliputi status kelengkapan imunisasi PCV, kejadian pneumonia, usia, dan jenis kelamin. Hasil analisis disajikan dalam bentuk distribusi frekuensi dan persentase untuk menggambarkan karakteristik responden dalam penelitian.

4.5.2 Analisis Bivariat

Analisis bivariat dilakukan untuk mengetahui hubungan antara kelengkapan imunisasi *Pneumococcal Conjugate Vaccine* (PCV) sebagai variabel bebas dengan kejadian pneumonia pada bayi usia di bawah 24 bulan sebagai variabel terikat. Setelah dilakukan uji *Chi-square*, selanjutnya dilakukan analisis untuk mengetahui derajat hubungan antara variabel independent terhadap variable dependen yang dikenal dengan *Odds Ratio* (OR). Berikut adalah interpretasi dari nilai OR:

- OR = 1 artinya tidak ada hubungan antara variable independen dengan variable dependen
- OR < 1 artinya variable independen berhubungan negative dengan variable dependen
- OR > 1 artinya variable independed berhubungan positif dengan variable dependen

4.6 Alur Penelitian



Gambar 3. Alur kerja

4.7 Etika Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan setelah lolos kaji etik Fakultas Kedokteran Universitas Trisakti.

4.8 Penjadwalan Penelitian

Tabel 3. Penjadwalan pelaksanaan penelitian

Kegiatan	WAKTU																							
	Februari		Maret		April		Mei		Juni		Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember		Januari	
	Tgl	Tgl	Tgl	Tgl	Tgl	Tgl	Tgl	Tgl	Tgl	Tgl	Tgl	Tgl	Tgl	Tgl	Tgl	Tgl	Tgl	Tgl	Tgl	Tgl	Tgl	Tgl	Tgl	Tgl
Pemilihan judul																								
Penyusunan dan penyelesaian BAB I **(Pendahuluan)**																								
Penyusunan dan penyelesaian BAB II (**Tinjauan Pustaka)**																								
Penyusunan dan penyelesaian BAB III **(Kerangka konsep & definisi operasional)**																								
Penyusunan dan penyelesaian BAB IV **(Metode)**																								

Pengumpulan makalah proposal																								
Ujian proposal																								
Pengumpulan revisi pasca ujian																								
Pengajuan kaji etik penelitian																								
Pengambilan data																								
Penyusunan dan penyelesaian BAB V **(Hasil Penelitian)**																								
Penyusunan dan penyelesaian BAB VI **(Pembahasan)**																								
Penyusunan dan penyelesaian BAB VII **(Kesimpulan & saranl)**																								
Penyusunan manuskrip publikasi E-junral																								
Ujian skripsi																								

DAFTAR PUSTAKA

1. World Health Organization. Pneumonia Fact Sheet [Internet]. Geneva: WHO; 2023. Available from: https://www.who.int/publications/i/item/pneumonia
2. UNICEF. Pneumonia claims the lives of the world's most vulnerable children. New York: UNICEF; 2023.
3. Kementerian Kesehatan RI. Profil Kesehatan Indonesia 2023 [Internet]. Jakarta: Kemenkes RI; 2024. Available from: https://www.kemkes.go.id/resources/download/pusdatin/profil-kesehatan-indonesia/Profil-Kesehatan-Indonesia-2023.pdf
4. GBD 2019 Lower Respiratory Infections Collaborators. Global burden of lower respiratory infections in children younger than 5 years. Lancet Infect Dis. 2022;22(4):e54–e72.
5. von Mollendorf C, Ulziibayar M, Nguyen CD, Batsaikhan P, Suuri B, Luvsantseren D, et al. Effect of pneumococcal conjugate vaccine on pneumonia incidence rates among children 2–59 months of age, Mongolia, 2015–2021. *Emerg Infect Dis*. 2024;30(3):490-8. doi:10.3201/eid3003.230864.
6. Badan Litbang Kesehatan. Laporan Riskesdas 2018 Nasional.pdf. Lembaga Penerbit Balitbangkes. 2018. p. hal 156.
7. LN S. Pendekatan diagnosis dan tata laksana pneumonia pada anak. J Kedokt Nanggroe Med. 2020;3(1):30–8.
8. Indonesia IDA. Pedoman Nasional Pelayanan Kedokteran: Tatalaksana Pneumonia pada Anak. Jakarta: IDAI; 2025.
9. Prastika MK, Astutik E. The Relationship Between Malnutrition and Severe Pneumonia Among Toddlers in East Java, Indonesia: An Ecological Study. J Public Heal Res Community Heal Dev. 2023;6(2):93–101.
10. NN V, O O, MA N. Faktor Internal dan Eksternal Kejadian Pneumonia pada Anak Bawah Dua Tahun di Indonesia. Bul Penelit Kesehat. 2021;49(3):145–154.
11. Centers for Disease Control and Prevention. Pneumococcal vaccination: what everyone should know. Atlanta: CDC; 2023.
12. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Pedoman pencegahan dan pengendalian pneumonia pada balita. Jakarta: Kemenkes RI; 2020.
13. D S, WOD D, JL M, MM K, WT P, W T. Nasopharyngeal carriage of Streptococcus pneumoniae among children <5 years of age in Indonesia prior to pneumococcal conjugate vaccine introduction. PLoS One. 2024;19(1). doi:10.1371/journal.pone.0297041.
14. Kementerian Kesehatan RI, Kesehatan BKP. Survei Kesehatan Indonesia Tahun 2023 (SKI 2023) Dalam Angka. Jakarta: Kemenkes RI; 2022.

15. DM M, R A, C F. The remarkable history of pneumococcal vaccination: an ongoing challenge. Pneumonia. 2022;14(5).
16. Jasmine NNAL. Hubungan Pemberian ASI Eksklusif, BBLR, dan Status Gizi Terhadap Kejadian Pneumonia pada Bayi di RSUD Patuh Patut Patju Lombok Barat Tahun 2022. Midwifery Student J (MS Jou). 2023;2(2):64–83.
17. U H, YDP S. Faktor Intrinsik dan Extrinsik yang Berhubungan dengan Kejadian Pneumonia di Wilayah Puskesmas Rembang. J Kesehat Masy Indones. 2021;16(2):84.
18. UW Y. Etiology, diagnosis, and treatment of community-acquired pneumonia in children. Clin Exp Pediatr. 2023;66(4):161–73.
19. CJ S, ET H. The Neonatal Immune System and Respiratory Pathogens. Microorganisms. 2023;11(6):1597.
20. DK S, DP K. Recidoro AM. Community-Acquired Pneumonia in Children: Rapid Evidence Review. Am Fam Physician. 2021;104(6):618–25.
21. Rizqullah N. Hubungan Status Imunisasi Dasar terhadap Pneumonia pada Pasien Balita Rawat Inap di RSIA Respati Tasikmalaya. Bandung Conf Ser Med Sci. 2021;1(1):30–6.
22. V A, S S, A A, N N. Hubungan Status Gizi dan Status Imunisasi Dengan Kejadian Pneumonia Pada Bayi. Ahmar Metastasis Heal J. 2022;1(4):137–43.
23. Suci LN. Pendekatan diagnosis dan tata laksana pneumonia pada anak. *Jurnal Kedokteran Nanggroe Medika*. 2020;3(1):30-8.
24. DK S, DP K, AM R. Community-acquired pneumonia in children: rapid evidence review. Am Fam Physician. 2021;104(6):618–28.
25. Prastika MK, Astutik E. The relationship between malnutrition and severe pneumonia among toddlers in East Java, Indonesia: an ecological study. *Journal of Public Health Research and Community Health Development*. 2023;6(2):93-101.
26. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Jadwal imunisasi nasional anak. Jakarta: Kemenkes RI; 2022.
27. A P, B S, Z M, A K, SRS H, J P. Pneumococcal nasopharyngeal carriage in Indonesian infants and toddlers post-PCV13 vaccination in a 2+1 schedule: a prospective cohort study. PLoS One. 2021;16(1).
28. Alvionita V, Sulfatimah S, Astuti A, Nurfitri N. Hubungan status gizi dan status imunisasi dengan kejadian pneumonia pada bayi. *Ahmar Metastasis Health Journal*. 2022;1(4):137-43.
29. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia tentang Introduksi Vaksin Pneumokokus Konjugat dalam Program Imunisasi Nasional. Jakarta: Kemenkes RI; 2022.
30. UNICEF. Indonesia introduces pneumococcal conjugate vaccine (PCV). 2021.
31. Ikatan Dokter Anak Indonesia. Jadwal Imunisasi Anak Usia 0–18 Tahun Rekomendasi IDAI 2023. Jakarta: IDAI; 2023.
32. Fatimah S, Nurjazuli N, Raharjo M. Faktor lingkungan rumah terhadap kejadian pneumonia pada balita. *Unnes J Public Health*. 2019;8(2):95-102.

33. Masfufatun M, Nurjazuli N, Suhartono S. Faktor lingkungan rumah yang berhubungan dengan kejadian pneumonia pada balita: kajian sistematis. *Sanitasi: Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 2019.
34. Safari D, Daningrat WOD, Milucky JL, Khoeri MM, Paramaiswari WT, Tafroji W, et al. Nasopharyngeal carriage of *Streptococcus pneumoniae* among children <5 years of age in Indonesia prior to pneumococcal conjugate vaccine introduction. *PLoS One*. 2024;19(1):e0297041. doi:10.1371/journal.pone.0297041.
35. A S. Pengaruh Tingkat Pengetahuan Orang Tua Terhadap Penyakit Pneumonia Dan Pemberian Imunisasi Pneumocuccal Conjugate (PCV). Indones Sch J Nurs Midwifery Sci. 2024;3(11):06–12.
36. Van Werkhoven CH, Huijts SM. Vaccines to prevent pneumococcal community-acquired pneumonia. *Clin Chest Med*. 2018;39(4):733-52.
37. Lailla AZ, Andayani H, Ismy J, Bakhtiar B, Salawati L. Hubungan imunisasi dasar lengkap dengan kejadian pneumonia pada balita di RS Zainoel Abidin Banda Aceh. *Jurnal Kedokteran Nanggroe Medika*. 2020;3(1):6-15.
38. SP P, A G, Masrizal. Faktor risiko kejadian pneumonia pada balita di Provinsi Sumatera Barat tahun 2022–2024. PREPOTIF J Kesehat Masy. 2025;9(3).
39. R F. Efektivitas imunisasi pneumokokus terhadap kejadian pneumonia pada anak. 2023.
40. Kliegman RM, St Geme JW, Blum NJ, Shah SS, Tasker RC, Wilson KM, editors. *Nelson textbook of pediatrics*. 21st ed. Philadelphia (PA): Elsevier; 2020.
41. Wahl B, O'Brien KL, Greenbaum A, Majumder A, Liu L, Chu Y, et al. Burden of *Streptococcus pneumoniae* and *Haemophilus influenzae* type b disease in children in the era of conjugate vaccines: global, regional, and national estimates for 2000–15. Lancet Glob Health. 2018;6(7):e744-e757. doi:10.1016/S2214-109X(18)30247-X.
42. Sari A. Pengaruh tingkat pengetahuan orang tua terhadap penyakit pneumonia dan pemberian imunisasi pneumococcal conjugate vaccine (PCV). Indones Scholar J Nurs Midwifery Sci. 2024;3(11):1506-12.
43. Noorkhalisah N, Arisanti RR, Ramtana SD, Sitaresmi MN. Determinants of completeness and timeliness of pneumococcal conjugate vaccine immunization in Yogyakarta, Indonesia: a cross-sectional study. medRxiv [Preprint]. 2026 Feb 5. doi:10.64898/2026.02.03.26345526.
44. Wahyudi WT. Hubungan kelengkapan imunisasi dengan kejadian pneumonia pada balita di Puskesmas Rawat Inap Gedung Air Kota Bandar Lampung tahun 2015. J Kesehat Holistik. 2017;11(1):53-59.

LAMPIRAN

Lampiran 1. *Dummy Table*

Tabel 4. Karakteristik Responden

Variabel	Jumlah (n)	Persentase (%)
Jenis kelamin		
Laki-laki		
Perempuan		
Usia bayi		
0-11 bulan		
12-23 bulan		
Status imunisasi PCV		
Lengkap		
Tidak lengkap		
Kejadian pneumonia		
Ya		
Tidak		

Tabel 5. Hubungan status kelengkapan imunisasi *pneumococcal conjugate vaccine* (PCV) dengan pneumonia pada bayi usia di bawah 24 bulan

Status imunisasi PCV	Pneumonia				Total		*P-value*	OR
	Ya		Tidak					
	n	%	n	%	n	%		
Lengkap								
Tidak lengkap								

Lampiran 2. Kuesioner Individu Data SKI 2023 Blok XI Kode A09-A011

PNEUMONIA/RADANG PARU [ART SEMUA UMUR]										
A09	**Dalam 1 tahun terakhir**, apakah [NAMA] pernah didiagnosis menderita radang paru (Pneumonia) oleh tenaga kesehatan?			1. Ya, kurang dari 1 bulan terakhir 2. Ya,1 – 12 bulan yang lalu		3. Tidak ➔**A.11** 8. Tidak tahu ➔**A.11**				☐
A10	Jenis tenaga kesehatan yang mendiagnosis [NAMA] radang paru (Pneumonia)? **ISIKAN KODE JAWABAN: 1. YA ATAU 2. TIDAK**	a. Dokter	☐	b. Bidan	☐	c. Perawat	☐			
A11	**Dalam 1 tahun terakhir**, apakah [NAMA] mengalami gejala sesak napas disertai gejala sebagai berikut: **ISIKAN KODE JAWABAN: 1. YA ATAU 2. TIDAK**									
	a. Demam	☐	b. Batuk	☐	c. Kesulitan bernapas dengan atau tanpa nyeri dada					☐
ART UMUR ≥ 5 TAHUN ➔ KE A.12										
	POIN d, e, dan f UNTUK ART UMUR 0-59 BLN									
	d. Napas cepat	☐	e. Napas cuping hidung	☐	f. Tarikan dinding dada bagian bawah ke dalam **(PERLIHATKAN BUKU PERAGA)**					☐

Lampiran 3. Kuesioner Individu Data SKI 2023 Blok XI Kode I20

Untuk menjawab pertanyaan I.20 dan I.21 salin dari buku KIA atau catatan imunisasi, jika imunisasi tidak tercatat pada buku KIA atau catatan lainnya, tanyakan kepada responden (berdasarkan ingatan), PERHATIKAN UMUR ANAK DENGAN KESESUAIAN UMUR PEMBERIAN IMUNISASI

I20	**KODE KOLOM (2)** 1. Ya diimunisasi, berdasarkan catatan ➔ **KOLOM 3** 2. Ya diimunisasi, berdasarkan ingatan ➔ **KOLOM 4** 3. Tidak ➔ **Baris Berikutnya** 7. Belum waktunya diberikan ➔ **Baris Berikutnya** 8. Tidak Tahu ➔ **Baris Berikutnya**		**KOLOM (3) HANYA UNTUK IMUNISASI YANG TERCATAT** *Tuliskan angka '9' pada **kotak tanggal** jika tanggal tidak tercatat*	**KOLOM (4) HANYA DIISI UNTUK IMUNISASI BERDASARKAN INGATAN** *Tuliskan angka "88" jika responden tidak mengetahui/tidak ingat umur saat pemberian imunisasi*
	Jenis Imunisasi	Ket. **[KODE]**	Tgl-bln-tahun imunisasi	Umur saat diimunisasi (dalam bulan)
	(1)	(2)	(3)	(4)
	a. Hepatitis B 0 diberikan sesaat setelah bayi lahir sampai bayi berumur 7 hari yang disuntikkan di paha bayi	☐	☐☐-☐☐-☐☐	☐☐
	b. BCG diberikan segera setelah lahir atau segera mungkin sebelum berumur 1 bulan dan disuntikkan di lengan (kanan) atas (biasanya meninggalkan bekas (*scar*) di bawah kulit)	☐	☐☐-☐☐-☐☐	☐☐
	c. DPT-HB-Hib 1 DPT-HB-Hib biasanya disuntikkan di paha dan mulai diberikan pada saat anak berusia 2 bulan bersama dengan OPV 2	☐	☐☐-☐☐-☐☐	☐☐
	d. DPT-HB Hib 2 mulai diberikan pada saat anak berusia 3 bulan bersama dengan OPV 3	☐	☐☐-☐☐-☐☐	☐☐
	e. DPT-HB Hib 3 mulai diberikan pada saat anak berusia 4 bulan bersama dengan OPV 4	☐	☐☐-☐☐-☐☐	☐☐
	f. DPT-HB-Hib Lanjutan mulai diberikan pada saat anak berusia 18 bulan	☐	☐☐-☐☐-☐☐	☐☐
	g. PCV 1 PCV biasanya disuntikkan pada pana kiri biasanya mulai diberikan pada saat anak berusia 2 bulan bersama dengan DPT-HB-Hib 1 dan OPV 2	☐	☐☐-☐☐-☐☐	☐☐
	h. PCV 2 mulai diberikan pada saat anak berusia 3 bulan bersama dengan DPT-HB-Hib 2 dan OPV 3	☐	☐☐-☐☐-☐☐	☐☐
	i. PCV 3 mulai diberikan pada saat anak berusia 12 bulan	☐	☐☐-☐☐-☐☐	☐☐
	j. Campak-Rubella (MR) mulai diberikan saat berusia 9 bulan dan disuntikkan di paha atau lengan kiri atas dan diberikan satu kali	☐	☐☐-☐☐-☐☐	☐☐
	k. Campak-Rubella lanjutan (MR/MMR) mulai diberikan saat berusia 18-24 bulan	☐	☐☐-☐☐-☐☐	☐☐

Lampiran 4. Data responden

No	Nama	Jenis Kelamin	Usia Bayi	Kelengkapan Imunisasi PCV	Pneumonia
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					