

# **PREVALENSI KOLONISASI *Streptococcus pneumoniae* DAN PENGARUHNYA TERHADAP KERAGAMAN MIKROBIOTA PADA NASOFARING ANAK-ANAK**

**GHINA ATHYAH WAHID**



**PROGRAM STUDI BIOKIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2026**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University  
— Bogor Indonesia —

Perpustakaan IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## @Hak cipta milik IPB University

### Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Prevalensi Kolonisasi *Streptococcus pneumoniae* dan Pengaruhnya Terhadap Keragaman Mikrobiota pada Nasofaring Anak-Anak” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2026

Ghina Athyah Wahid  
G8501231008



## RINGKASAN

GHINA ATHYAH WAHID. Prevalensi Kolonisasi *Streptococcus pneumoniae* dan Pengaruhnya Terhadap Keragaman Mikrobiota pada Nasofaring Anak-Anak. Dibimbing oleh I MADE ARTIKA, RAHADIAN PRATAMA, dan DODI SAFARI.

Penyakit pneumokokus invasif seperti pneumonia, bakteremia, dan sepsis disebabkan oleh *Streptococcus pneumoniae*. *S. pneumoniae* merupakan salah satu bakteri patogen yang berkolonisasi di saluran nasofaring. Kehadiran bakteri ini dapat mempengaruhi keseimbangan mikrobiota dan menekan komunitas bakteri komensal lainnya di nasofaring. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keragaman mikrobiota nasofaring pada anak-anak di Indonesia. Pada penelitian ini, sebanyak 290 spesimen swab nasofaring dikumpulkan dari kelompok anak-anak usia kurang dari lima tahun dari Kecamatan Alas, Sumbawa, Nusa Tenggara Barat. Prevalensi *S. pneumoniae* ditentukan dengan kultur bakteri dan keanekaragaman mikrobiota ditentukan dengan sekuensing fragmen gen 16S rRNA dari spesimen swab nasofaring menggunakan platform *Oxford Nanopore Technologies*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa, prevalensi kolonisasi *S. pneumoniae* sebesar 50,7% (147/290). Prevalensi pembawa (*carriage*) tertinggi ditemukan pada kelompok usia 13-24 bulan (62,7%), kelompok etnis Suku Bajo (56,7%), sementara Suku Sasak (46,6%), serta rumah tangga dengan jumlah anggota rumah tangga > 7 (53,8%). Berdasarkan analisis keanekaragaman alfa, nilai *richness* spesimen berkisar antara 26-471, indeks keanekaragaman Shannon antara 0,32-3,4 dan indeks Simpson (*D*) antara 0,09-0,93. Nilai median *richness* tertinggi ditemukan pada kelompok spesimen dengan kelimpahan bakteri rendah (*n* = 17), yaitu sebesar 147,00. Sebaliknya, kelompok spesimen dengan kelimpahan bakteri tinggi (*n* = 18) menunjukkan nilai median *richness* terendah, yaitu sebesar 86,00. Indeks Shannon tertinggi ditemukan pada kelompok kelimpahan sedang sebesar 3,00 (*n*=18), sementara nilai median terendah sebesar 1,23 pada kelompok kelimpahan tinggi. Nilai median indeks Simpson (*D*) tertinggi berada pada kelompok kelimpahan sedang (0,90) dan nilai terendah berada pada kelompok kelimpahan tinggi (0,54).

Analisis profil mikrobiota sekuensing gen 16S rRNA menunjukkan bahwa kelompok dengan kelimpahan *S. pneumoniae* tinggi (>25%) didominasi oleh bakteri *S. pneumoniae*. Hal ini mengindikasikan terjadinya penekanan terhadap bakteri komensal di nasofaring. Sementara itu, kelompok dengan kelimpahan sedang (5-25%) menunjukkan struktur komunitas bakteri yang lebih beragam dengan kemerataan yang tinggi. Sebaliknya, kelompok dengan kelimpahan rendah (<5%) memiliki profil mikrobiota yang beragam. Penelitian ini menyimpulkan bahwa tingginya kolonisasi *S. pneumoniae* berasosiasi dengan penurunan keanekaragaman serta perubahan struktur komunitas mikrobiota nasofaring pada anak-anak.

Kata kunci: Mikrobiota nasofaring, *Streptococcus pneumoniae*, 16S rRNA sekuensing

## SUMMARY

GHINA ATHYAH WAHID. Prevalence of *Streptococcus pneumoniae* Colonization and Its Effect on Microbiota Diversity in Children's Nasopharynx. Supervised by I MADE ARTIKA, RAHADIAN PRATAMA, and DODI SAFARI.

Invasive pneumococcal diseases such as pneumonia, bacteremia, and sepsis are caused by *Streptococcus pneumoniae*. *S. pneumoniae* is one of the pathogenic bacteria that colonizes in the nasopharyngeal tract. The presence of these bacteria can affect the balance of the microbiota and suppress other commensal bacterial communities in the nasopharynx. This study aims to analyze the diversity of nasopharyngeal microbiota in children in Indonesia. In this study, as many as 290 nasopharyngeal swab specimens were collected from a group of children under five years old from Alas District, Sumbawa, West Nusa Tenggara. The prevalence of *S. pneumoniae* was determined by bacterial culture, and microbiota diversity was determined by sequencing of 16S rRNA gene fragments from nasopharyngeal swab specimens using the Oxford Nanopore Technologies platform.

The results showed that the prevalence of *S. pneumoniae* colonization was 50,7% (147/290). The highest prevalence of carriers (carriages) was found in the age group of 13-24 months (62,7%), the Bajo ethnic group (56,7%), while the Sasak tribe (46,6%), and households with a number of household members > 7 (53,8%). Based on the alpha diversity analysis, the richness value of the specimens ranged from 26-471, the Shannon diversity index between 0,32-3,4 and the Simpson index (*D*) between 0,09-0,93. The highest median richness value was found in the group of specimens with low bacterial abundance (*n* = 17), which was 147,00. In contrast, the group of specimens with high bacterial abundance (*n* = 18) showed the lowest median richness value, which was 86,00. The highest Shannon index was found in the moderate abundance group of 3,00 (*n*=18), while the lowest median value was 1,23 in the high abundance group. The median value of the Simpson index (*D*) was highest in the medium abundance group (0,90) and the lowest value was in the high abundance group (0,54).

Microbiota profile analysis of 16S rRNA gene sequencing showed that the group with high abundance of *S. pneumoniae* (>25%) was dominated by *S. pneumoniae* bacteria. This indicates an emphasis on commensal bacteria in the nasopharynx. Meanwhile, the group with moderate abundance (5-25%) showed a more diverse bacterial community structure with high evenness. In contrast, the group with low abundance (<5%) had a diverse microbiota profile. This study concluded that high colonization of *S. pneumoniae* is associated with a decrease in diversity and changes in the structure of the nasopharyngeal microbiota community in children.

Keywords: Nasopharyngeal microbiota, *Streptococcus pneumoniae*, 16S rRNA sequencing



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026  
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

*Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.*

*Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.*

**PREVALENSI KOLONISASI *Streptococcus pneumoniae* DAN  
PENGARUHNYA TERHADAP KERAGAMAN MIKROBIOTA  
PADA NASOFARING ANAK-ANAK**

**GHINA ATHYAH WAHID**

Tesis  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Magister pada  
Program Studi Biokimia

**BIOKIMIA  
SEKOLAH PASCASARJANA  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2026**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University





@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:  
1 Dr. Dimas Andrianto, S.Si., M.Si.



Judul Tesis : Prevalensi Kolonisasi *Streptococcus pneumoniae* dan Pengaruhnya Terhadap Keragaman Mikrobiota pada Nasofaring Anak-Anak  
Nama : Ghina Athyah Wahid  
NIM : G8501231008

Disetujui oleh

Pembimbing 1:  
Prof. Dr. Ir. I Made Artika, M.App.Sc.  
196301171989031001

Pembimbing 2:  
Dr. rer. nat. Rahadian Pratama, S.Si, M.Si.  
202208198902051001

Pembimbing 3:  
Dodi Safari, S.Si, Ph.D.  
1997703052014061001

Diketahui oleh

DA Ketua Program Studi:  
Dr. Syamsul Falah., M.Si S.Hut  
NIP 19700503 200501 1 001

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam:  
Dr. Berry Juliandi, S.Si., M.Si.  
NIP 197807232007011001



Tanggal Ujian:  
29 Juni 2026

Tanggal Lulus:



## @Hak cipta milik IPB University

### Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah subhanahu wa ta'ala atas segala nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan tesis yang berjudul "Prevalensi Kolonisasi *Streptococcus pneumoniae* dan Pengaruhnya terhadap Keragaman Mikrobiota Nasofaring pada Anak-Anak Usia di Bawah Lima Tahun" dengan baik. Penelitian ini dilaksanakan sejak bulan Agustus 2024 hingga Agustus 2025 di Gedung Genomik, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN).

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Prof. Dr. Ir. I Made Artika, M.App.Sc., Dr. rer. nat. Rahadian Pratama, S.Si., M.Si., dan Bapak Dodi Safari, S.Si., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikirannya untuk memberikan arahan serta bimbingan selama penyusunan tesis ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Bapak Dr. Syamsul Falah, S.Hut., M.Si. selaku Ketua Program Studi Biokimia, Sekolah Pascasarjana, IPB University, serta seluruh dosen dan staf Program Studi Biokimia atas ilmu dan bantuan yang diberikan selama penulis menempuh pendidikan.

Ucapan terimakasih tak lupa penulis sampaikan kepada Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) atas dukungan serta kepercayaan kepada penulis melalui beasiswa *Degree by Research* (DBR). Terima kasih pula kepada seluruh peneliti dan RA PRBM Eijkman atas kerja sama dan bantuan teknis selama pelaksanaan penelitian, serta rekan-rekan mahasiswa Pascasarjana Biokimia Angkatan 60 atas kebersamaan dan semangat yang diberikan selama proses perkuliahan hingga penyusunan tesis ini. Kepada kedua orang tua, keluarga, dan suami tercinta, penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga atas doa, dukungan moral maupun material, serta motivasi yang senantiasa diberikan kepada penulis. Semoga karya ilmiah ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan bagi semua pihak yang membutuhkan.

Bogor, Juli 2026

Ghina Athyah Wahid



## @Hak cipta milik IPB University

### Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## DAFTAR ISI

|                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| DAFTAR TABEL                                                                             | xii |
| DAFTAR GAMBAR                                                                            | xii |
| DAFTAR LAMPIRAN                                                                          | xii |
| I PENDAHULUAN                                                                            | 1   |
| 1.1 Latar Belakang                                                                       | 1   |
| 1.2 Rumusan Masalah                                                                      | 2   |
| 1.3 Tujuan Penelitian                                                                    | 2   |
| 1.4 Manfaat Penelitian                                                                   | 2   |
| 1.5 Hipotesis                                                                            | 2   |
| 1.6 Kebaruan ( <i>novelty</i> )                                                          | 2   |
| II TINJAUAN PUSTAKA                                                                      | 4   |
| 2.1 Mikrobiota Nasofaring                                                                | 4   |
| 2.2 Interaksi Mikrobiota Nasofaring                                                      | 5   |
| 2.3 Bakteri <i>Streptococcus pneumoniae</i>                                              | 7   |
| 2.4 Mekanisme Kolonisasi <i>Streptococcus pneumoniae</i> di Nasofaring                   | 8   |
| 2.5 Epidemiologi Pneumokokus                                                             | 10  |
| 2.6 Metode Identifikasi Mikrobiota                                                       | 10  |
| III METODE                                                                               | 13  |
| 3.1 Desain Penelitian                                                                    | 13  |
| 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian                                                          | 14  |
| 3.3 Persetujuan Etik                                                                     | 14  |
| 3.4 Alat dan Bahan                                                                       | 14  |
| 3.5 Prosedur Kerja                                                                       | 14  |
| IV HASIL                                                                                 | 18  |
| 4.1 Prevalensi kolonisasi <i>Streptococcus pneumoniae</i>                                | 18  |
| 4.2 Kuantifikasi DNA dan Kontrol Kualitas Sekuensing                                     | 20  |
| 4.3 Profil Mikrobiota Nasofaring                                                         | 23  |
| 4.4 Indeks Keanekaragaman dan Indeks Kemerataan Bakteri NP Swab Berdasarkan Gen 16S rRNA | 25  |
| V PEMBAHASAN                                                                             | 28  |
| 5.1 Prevalensi kolonisasi <i>Streptococcus pneumoniae</i>                                | 28  |
| 5.2 Kuantifikasi DNA dan Kontrol Kualitas Sekuensing                                     | 29  |
| 5.3 Profil mikrobiota nasofaring                                                         | 29  |
| 5.4 Indeks Keanekaragaman dan Indeks Kemerataan Bakteri NP Swab Berdasarkan Gen 16S rRNA | 32  |
| VI SIMPULAN DAN SARAN                                                                    | 34  |
| 6.1 Simpulan                                                                             | 34  |
| 6.2 Saran                                                                                | 34  |
| DAFTAR PUSTAKA                                                                           | 35  |
| LAMPIRAN                                                                                 | 44  |
| RIWAYAT HIDUP                                                                            | 56  |

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## DAFTAR TABEL

|   |                                                               |    |
|---|---------------------------------------------------------------|----|
| 1 | Komposisi Master mix PCR untuk amplifikasi gen 16S rRNA       | 16 |
| 2 | Kondisi PCR untuk amplifikasi gen 16S rRNA (V1–V9)            | 16 |
| 3 | Data Demografi dan Prevalensi <i>Streptococcus pneumoniae</i> | 18 |
| 4 | Konsentrasi DNA hasil ekstraksi dari spesimen swab nasofaring | 21 |

## DAFTAR GAMBAR

|    |                                                                                                                                                            |    |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1  | Kompetisi mikrobiota nasofaring                                                                                                                            | 6  |
| 2  | Isolat <i>Streptococcus pneumoniae</i> pada media agar darah                                                                                               | 8  |
| 3  | Mekanisme kolonisasi dan invasi <i>S. pneumoniae</i> pada saluran napas atas                                                                               | 9  |
| 4  | Primer PCR dan variabel regions dari gen 16S rRNA                                                                                                          | 11 |
| 5  | Tahapan sekuensing 16S rRNA                                                                                                                                | 12 |
| 6  | Diagram alir penelitian                                                                                                                                    | 13 |
| 7  | Hasil uji sensitivitas optochin pada media BAP                                                                                                             | 20 |
| 8  | Visualisasi hasil amplifikasi gen 16S rRNA                                                                                                                 | 22 |
| 9  | Hasil analisis sekuensing menggunakan NanoPlot                                                                                                             | 23 |
| 10 | Grafik spesimen visualisasi menggunakan RStudio.                                                                                                           | 23 |
| 11 | Boxplot Indeks keragaman <i>richness</i> , Shannon Diversity dan Simpson dari mikrobiota nasofaring anak usia di bawah lima tahun berdasarkan gen 16S rRNA | 26 |
| 12 | Distribusi nilai <i>richness</i> komunitas mikrobiota nasofaring anak usia dibawah lima tahun berdasarkan faktor karakteristik individu.                   | 27 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|   |                                       |    |
|---|---------------------------------------|----|
| 1 | Alir Diagram Penelitian               | 46 |
| 2 | Etik Pengambilan Spesimen Swab        | 45 |
| 3 | Kuesioner Epidemiologi                | 47 |
| 4 | Kultur Swab Nasofaring pada Media BAP | 55 |
| 5 | Hasil Elektroforesis                  | 56 |