



ANALISIS KOMPARATIF GENOMIK DAN LOKUS GEN UNTUK BIOSINTESIS POLISAKARIDA KAPSUL DARI *Streptococcus pneumoniae* SEROTIPE 15B

NAURA FIANTI ARDHANI



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

- 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 SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Analisis Komparatif Genomik dan Lokus Gen untuk Biosintesis Polisakarida Kapsul dari *Streptococcus pneumoniae* Serotipe 15B” 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 skripsi ini.

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

Bogor, Mei 2026

Naura Fianti Ardhani
G8401221067

@Hak cipta milik 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.

ABSTRAK

NAURA FIANTI ARDHANI. Analisis Komparatif Genomik dan Locus Gen untuk Biosintesis Polisakarida Kapsul dari *Streptococcus pneumoniae* Serotipe 15B. Dibimbing oleh I MADE ARTIKA dan DODI SAFARI.

Streptococcus pneumoniae merupakan bakteri yang dapat menyebabkan penyakit seperti otitis media, pneumonia, meningitis, bakteremia, dan sepsis serta memperoleh sebagian besar patogenisitasnya dari kapsul polisakarida (CPS). Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi locus kapsul untuk biosintesis kapsul polisakarida, resistensi antibiotik, dan variasi genetik dari *Streptococcus pneumoniae* serotipe 15B di Indonesia. Diperoleh bahwa serotipe 15B memiliki prevalensi tinggi di wilayah Lombok, Manado, Sorong, Sumbawa, dan Semarang. Secara genomik, isolat ini memiliki rata-rata konten GC 39,6% dan ukuran genom sekitar 2,1 Mbp, dengan dominasi *sequence type* ST193 dan ST20231 dalam *Global Pneumococcal Sequence Cluster* (GPSC) 11. Terdapat sejumlah isolat yang menunjukkan resistensi terhadap kloramfenikol, tetrasiklin, trimetoprim, sulfametoksazol, dan ko-trimoksazol. Variasi genetik dari keseluruhan isolat 15B yang diujikan tergolong rendah, dengan kemiripan mencapai 94%–100%.

Kata kunci: locus *cps*, serotipe 15B, *Streptococcus pneumoniae*, variasi genetik, *whole genome sequencing*

ABSTRACT

NAURA FIANTI ARDHANI. Comparative Analysis of Genomics and Gene Locus for Capsular Polysaccharide Biosynthesis in *Streptococcus pneumoniae* Serotype 15B. Supervised by I MADE ARTIKA and DODI SAFARI.

Streptococcus pneumoniae is a bacterium capable of causing diseases such as otitis media, pneumonia, meningitis, bacteremia, and sepsis also derives most of its pathogenicity from its capsular polysaccharide (CPS). This study aims to characterize the capsule locus, antibiotic resistance, and genetic variation of *Streptococcus pneumoniae* serotype 15B in Indonesia. The results showed that serotype 15B has a high prevalence in the Lombok, Manado, Sorong, Sumbawa, and Semarang regions. Genomically, these isolates have an average GC content of 39.6% and a genome size of approximately 2.1 Mbp, with a dominance of sequence types ST193 and ST20231 within the *Global Pneumococcal Sequence Cluster* (GPSC) 11. Regarding drug resistance, some of the isolates showed resistance to chloramphenicol, tetracycline, trimethoprim, sulfamethoxazole, and co-trimoxazole. The genetic variation among all tested 15B isolates was low, with similarity ranging from 94% to 100%.

Keywords: *cps* locus, genetic variance, serotype 15B, *Streptococcus pneumoniae*, *whole genome sequencing*



@Hak cipta milik 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.



ANALISIS KOMPARATIF GENOMIK DAN LOKUS GEN UNTUK BIOSINTESIS POLISAKARIDA KAPSUL DARI *Streptococcus pneumoniae* SEROTIPE 15B

NAURA FIANTI ARDHANI

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada
Program Studi Biokimia

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



@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.

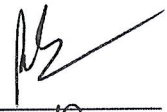
Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

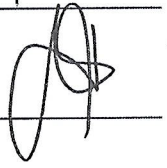
1. **Dr. Syaefudin, S.Si., M.Si.**
2. **Dr. dr. Husnawati, S.Ked, M.Si**

Judul Skripsi : Analisis Komparatif Genomik dan Lokus Gen untuk Biosintesis Polisakarida Kapsul dari *Streptococcus pneumoniae* Serotipe 15B
Nama : Naura Fianti Ardhani
NIM : G8401221067

Disetujui oleh

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





Pembimbing 2:
Dodi Safari, S.Si., PhD.

Diketahui oleh:

✓ Ketua Departemen Biokimia:
Prof. Dr. Mega Safithri, S.Si., M.Si.
NIP. 197709152005012002



Tanggal Ujian:
17 Juni 2026

Tanggal Lulus:

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.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas rahmat dan petunjuknya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Komparatif Genomik dan Lokus Gen untuk Biosintesis Polisakarida Kapsul dari *Streptococcus pneumoniae* Serotipe 15B”.

Dalam proses penyusunan usulan penelitian, penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, serta doa. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. I Made Artika, M.App.Sc dan Dodi Safari, S.Si., PhD selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, ilmu, kesabaran, serta motivasi kepada penulis selama proses penyusunan usulan penelitian ini.
2. Dewi Anastasia Christina selaku mentor dan Ashanna Nadhifa Hermanu selaku rekan penelitian atas kerjasama, diskusi, serta kebersamaan yang telah dilalui selama proses penelitian.
3. Rr. Endang D. Arsanti dan Dr. Atti Rifajati, MHA. selaku Bunda dan Nenek penulis, atas doa yang tiada henti, kasih sayang, dukungan moral maupun materi, serta kepercayaan dan pengorbanan yang selalu diberikan sehingga penulis dapat menjalani dan menyelesaikan tahap pendidikan ini.
4. Dyaning, Lulu, Sulis, Firlis, Anggita, Aulia, Adul, serta Aisha, selaku teman dekat penulis yang selalu memberikan dukungan, semangat, serta menjadi tempat berbagi cerita dan motivasi selama perjalanan akademik ini.
5. Soobin, Hueningkai, Beomgyu, Yeonjun, dan Taehyun yang sudah menemani penulis selama lika-liku akademik dan non-akademik dengan gelak tawa, serta membantu untuk melewati *stressful phase* selama mengerjakan skripsi ini.
6. Seluruh keluarga, teman-teman, serta pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan doa, bantuan, dan dukungan sehingga usulan penelitian ini dapat terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa usulan penelitian ini masih ada kekurangan sehingga saran, masukan, dan kritik sangat diharapkan penulis dalam mengembangkan dan memperbaiki kualitas usulan penelitian ini. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan manfaat.

Bogor, Mei 2026

Naura Fianti Ardhani



@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	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	x
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Hipotesis	2
1.5 Manfaat	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 <i>Streptococcus pneumoniae</i>	3
2.2 Vaksin Konjugat Pneumokokus (PCV)	4
2.3 Patogenisitas <i>S. pneumoniae</i>	5
2.4 Kapsul Polisakarida	5
2.5 Lokus Gen Pengatur Kapsul Polisakarida	6
2.6 <i>Serogroup 15</i>	7
2.7 Analisis Bioinformatika	8
III. METODE	10
3.1 Waktu dan Tempat	10
3.2 Alat dan Bahan	10
3.3 Prosedur Kerja	10
IV. HASIL	12
4.1 Epidemiologi <i>Streptococcus pneumoniae</i> Serotipe 15B di Indonesia	12
4.2 Karakteristik Genomik <i>S. pneumoniae</i> Serotipe 15B	13
4.3 Profil Resistensi Antimikroba <i>S. pneumoniae</i> Serotipe 15B	12
4.4 Analisis Komparatif Genetik dan Lokus <i>cps S. pneumoniae</i> Serotipe 15B	16
V. PEMBAHASAN	19
5.1 Epidemiologi <i>Streptococcus pneumoniae</i> Serotipe 15B di Indonesia	19
5.2 Karakteristik genomik, <i>Sequence type (ST)</i> , GPSC, dan Analisis Filogenetik <i>S. pneumoniae</i> Serotipe 15B	20
5.3 Profil Resistensi Antimikroba <i>S. pneumoniae</i> Serotipe 15B	21
5.4 Analisis Komparatif Genetik dan Lokus <i>cps S. pneumoniae</i> Serotipe 15B	23
VI. SIMPULAN DAN SARAN	26
DAFTAR PUSTAKA	27
LAMPIRAN	33
RIWAYAT HIDUP	42



DAFTAR TABEL

1	Karakterisasi Genom Isolat Serotipe 15B	13
2	Profil golongan antibiotik dan gen resistensi	16

DAFTAR GAMBAR

1	Alfa-hemolisis yang diperoleh dari strain enkapsulasi <i>Streptococcus pneumoniae</i>	4
2	Skema lokus cps pada <i>Streptococcus pneumoniae</i> yang terletak di antara gen <i>dexB</i> dan <i>aliA</i>	6
3	Biosintesis kapsul polisakarida dari <i>Streptococcus pneumoniae</i> yang memanfaatkan homeostasis ion Mn^{2+} intraseluler	7
4	Struktur nomenklatur glikan cps serogroup 15. Galaktopiranos (kuning bulat), N-asetilglukosamin (biru kotak), glukopiranos (biru bulat), gliserol (putih segi lima) (Ganaie <i>et al.</i> 2025)	8
5	Variasi gen dari klaster cps serotipe 15B dan 15C. Gen direpresentasi dengan warna yang berbeda: gen regulatori (biru gelap), initial transferase (violet), glikosil transferase (biru muda), polimerase (pink), flippase (kuning), asetil transferase (putih), pseudogen (coklat)	8
6	Distribusi serotipe 15 (serogroup 15) <i>Streptococcus pneumoniae</i> pada Lombok, Manado, Sorong, Sumbawa, dan Semarang	12
7	Distribusi carrier usia ≤ 5 tahun pada <i>Streptococcus pneumoniae</i> serogroup 15	13
8	Analisis pohon filogenetik serogroup 15	15
9	Visualisasi perbandingan sekuens lokus cps	17
10	Heatmap identitas gen penyusun lokus cps	18

DAFTAR LAMPIRAN

1	Bagan Alir Penelitian	33
2	Karakteristik Genomik serotipe 15A, 15C, dan 15F	35
3	Profil gen resistensi dan antibiotiknya pada serotipe 15A, 15C, dan 15F	36
4	Komparasi berdasarkan sekuens lokus cps serotipe 15A	37
5	Komparasi berdasarkan sekuens lokus cps serotipe 15B	38
6	Komparasi berdasarkan sekuens lokus cps serotipe 15C	39
7	Komparasi berdasarkan sekuens lokus cps serotipe 15F	40
8	Komparasi berdasarkan gen penyusun lokus cps serotipe 15C	41