

- 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.

ANALISIS GENOMIK DAN LOKUS GEN PENYANDI BIOSINTESIS POLISAKARIDA KAPSUL DARI *Streptococcus pneumoniae* SEROTIPE 11A *In Silico*

ASHANNA NADHIFA HERMANU



**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.

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini, saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Analisis Genomik dan Lokus Gen Penyandi Biosintesis Polisakarida Kapsul dari *Streptococcus pneumoniae* Serotipe 11A *In Silico*” adalah karya saya berdasarkan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan telah dicantumkan dalam bagian Daftar Pustaka di akhir skripsi ini.

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

Bogor, Juni 2026

Ashanna Nadhifa Hermanu
G8401221076

- 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.

ABSTRAK

ASHANNA NADHIFA HERMANU. Analisis Genomik dan Lokus Gen Penyandi Biosintesis Polisakarida Kapsul dari *Streptococcus pneumoniae* Serotipe 11A *In Silico*. Dibimbing oleh I MADE ARTIKA dan DODI SAFARI.

Streptococcus pneumoniae merupakan patogen utama penyebab penyakit invasif seperti pneumonia, bakteremia, dan meningitis. Implementasi *Pneumococcal Conjugate Vaccine* (PCV) menurunkan serotipe vaksinal, namun memicu peningkatan serotipe non-vaksin seperti 11A. Penelitian ini bertujuan mengkarakterisasi *capsular polysaccharide synthesis locus* (*cps*) serta menganalisis variasi genetik pada serotipe 11A. Sebanyak 30 isolat dianalisis, dengan 24 isolat memenuhi kriteria analisis genom. Hasil menunjukkan dominasi *Sequence Type* ST6191 yang membentuk satu kluster utama. Visualisasi *cps cluster* menunjukkan struktur gen yang relatif seragam dengan variasi minor, sedangkan analisis kesamaan gen menunjukkan tingkat identitas tinggi (93-100%). Selain itu, ditemukan resistensi terhadap trimethoprim, sulfamethoxazole, dan co-trimoxazole serta penisilin pada beberapa isolat. Secara keseluruhan, *cps locus* serotipe 11A memiliki tingkat kesamaan genetik tinggi dengan variasi terbatas dan didominasi oleh satu klon utama.

Kata kunci: bioinformatika, *cps locus*, *Streptococcus pneumoniae*, serotipe 11A

ABSTRACT

ASHANNA NADHIFA HERMANU Genomic Analysis and Biosynthetic Capsule Polysaccharide-Encoding Gene Loci of *Streptococcus pneumoniae* Serotype 11A *In Silico*. Supervised by I MADE ARTIKA and DODI SAFARI.

Streptococcus pneumoniae is a major pathogen causing invasive diseases such as pneumonia, bacteremia, and meningitis. The implementation of *Pneumococcal Conjugate Vaccines* (PCVs) has reduced vaccine-type serotypes but led to an increase in non-vaccine types such as serotype 11A. This study aimed to characterize the *capsular polysaccharide synthesis (cps) locus* and analyze genetic variation in serotype 11A. A total of 30 isolates were analyzed, with 24 included for genomic analysis. The results showed the dominance of *Sequence Type* ST6191 forming a major cluster. Visualization of the *cps cluster* indicated a relatively uniform gene structure with minor variations, while gene similarity analysis showed high sequence identity (93-100%). Additionally, resistance to trimethoprim, sulfamethoxazole, co-trimoxazole, and Penicillin was observed in several isolates. Overall, the *cps locus* of serotype 11A shows high genetic similarity with limited variation and is dominated by a single clonal lineage.

Keywords: bioinformatics, *cps locus*, *Streptococcus pneumoniae*, serotype 11A



@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.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026¹
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 GENOMIK DAN LOKUS GEN PENYANDI BIOSINTESIS POLISAKARIDA KAPSUL DARI *Streptococcus pneumoniae* SEROTIPE 11A *In Silico*

ASHANNA NADHIFA HERMANU

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. Dosen penguji 1 Prof. Dr. Mega Safithri, S.Si., M.Si.
2. Dosen penguji 2 Dr. Syamsul Falah, S.Hut, M.Si.

Judul Skripsi : Analisis Genomik dan Lokus Gen Penyandi Biosintesis
Polisakarida Kapsul dari *Streptococcus pneumoniae* Serotipe 11A
In Silico

Nama : Ashanna Nadhifa Hermanu
NIM : G8401221076

Disetujui oleh

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



Pembimbing 2:
Dodi Safari, S.Si., Ph.D.



Diketahui oleh

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



Tanggal Ujian:
15 Juni 2026

Tanggal Lulus:



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas rahmat dan petunjuk-Nya sehingga skripsi yang berjudul Analisis Genomik dan Lokus Gen Penyandi Biosintesis Polisakarida Kapsul dari *Streptococcus pneumoniae* Serotipe 11A *In Silico* berhasil diselesaikan.

Dalam proses penyusunan usulan skripsi, penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, serta doa. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya 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. Agus Fauzi Hermanu S.E., M.AK dan Raihani S.H, selaku kedua orang tua 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.
3. Christina Dewi selaku mentor dan Naura Fianti Ardhani selaku rekan penelitian atas kerja sama, diskusi, serta kebersamaan yang telah dilalui selama proses penelitian.
4. Athar Ghani Baraka dan Arsha Ghani Razano, selaku adik penulis, atas semangat, keceriaan, dan dukungan yang selalu menjadi penguat bagi penulis di tengah proses penyusunan penelitian ini.
5. Savira Agustin Ruswandi, Tillah Putri Ivanza, Ardelia Rahma Febyan, Lovia Aurelia Malfi, Shanika Sachi Emelin, Shelby Lucinta, Azlia Nazneen, Ribka Agustina Johan, dan Monica Dewi Kusmana, selaku teman dekat penulis yang selalu memberikan dukungan, semangat, serta menjadi tempat berbagi cerita dan motivasi selama perjalanan akademik 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 skripsi ini masih terdapat kekurangan sehingga saran, masukan, dan kritik sangat diharapkan penulis dalam memperbaiki serta mengembangkan kualitas skripsi ini. Diharapkan skripsi ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya bidang medis, dan kesehatan masyarakat pada umumnya.

Bogor, Maret 2026

Ashanna Nadhifa Hermanu



- 

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan 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 GAMBAR	iv
DAFTAR LAMPIRAN	iv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Hipotesis	2
1.5 Manfaat Riset	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 <i>Streptococcus pneumoniae</i>	3
2.2 Kapsul Polisakarida	4
2.3 Lokus <i>cps</i>	5
2.4 Serotipe 11A	7
2.5 <i>Pneumococcal Conjugate Vaccine (PCV)</i>	9
III METODE	12
3.1 Waktu dan Tempat	12
3.2 Alat dan Bahan	12
3.3 Prosedur Kerja	12
IV HASIL	15
4.1 Epidemiologi	15
4.2 Analisis Genomik dan Filogenetik	17
4.3 Analisis Resistensi Antimikroba AMR	22
4.4 Analisis Lokus <i>cps</i>	24
V PEMBAHASAN	28
5.1 Epidemiologi	28
5.2 Analisis Genomik dan Filogenetik	30
5.3 Analisis Resistensi Antimikroba AMR	34
5.4 Analisis Lokus <i>cps</i>	36
VI SIMPULAN DAN SARAN	41
6.1 Simpulan	41
6.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	48
RIWAYAT HIDUP	53



DAFTAR GAMBAR

1	<i>Streptococcus pneumoniae</i> Gram stain	3
2	Kapsul Polisakarida <i>Streptococcus Pneumoniae</i>	4
3	Jalur Wzx/Wzy-dependent pada biosintesis kapsul pneumokokus	5
4	Jalur synthase-dependent pada biosintesis kapsul pneumokokus	6
5	Struktur polisakarida kapsular serotipe 11A pada <i>Streptococcus pneumoniae</i>	8
6	Grafik penyebaran usia yang terinfeksi <i>Streptococcus pneumoniae</i> berbagai daerah	16
7	Grafik penyebaran usia yang terinfeksi <i>Streptococcus Pneumoniae</i> semua daerah	16
8	a) Sebaran ST berdasarkan daerah divisualisasikan dalam bentuk boxplot (b) Sebaran ST berdasarkan usia divisualisasikan dalam bentuk boxplot	18
9	a) Sebaran ST berdasarkan daerah divisualisasikan dalam bentuk boxplot (b) Sebaran ST berdasarkan usia divisualisasikan dalam bentuk boxplot	19
10	Pohon filogenetik isolat <i>Streptococcus pneumoniae</i> serotipe 11A berdasarkan analisis <i>Microreact</i>	21
11	Visualisasi Sebagian perbandingan <i>cps cluster</i> antar isolat <i>Streptococcus pneumoniae</i> serotipe 11A menggunakan pyGenomeViz	24
12	Heatmap kesamaan gen <i>cps cluster</i> antar isolat <i>Streptococcus pneumoniae</i> serotipe 11A menggunakan ZDB.	26

DAFTAR TABEL

1	Hasil Identifikasi <i>Sequence Type</i> Berdasarkan PubMLST pada Isolat <i>Streptococcus pneumoniae</i> Serotipe 11A	21
2	Karakteristik resistensi dan genom	22

DAFTAR LAMPIRAN

3	Karakteristik Molekuler Isolat	49
4	Keseluruhan Hasil pyGenomeviz	52