

KARAKTERISASI GENOM *Corynebacterium diphtheriae* biovar belfanti ASAL INDONESIA

MARYAM



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



@Hak cipta milik IPB University

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 “Karakterisasi Genom *Corynebacterium diphtheriae* biovar belfanti Asal Indonesia” 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 skripsi saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2026

Maryam
G8401221092

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

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

MARYAM. Karakterisasi Genom *Corynebacterium diphtheriae* biovar belfanti Asal Indonesia. Dibimbing oleh RAHADIAN PRATAMA dan SUNARNO.

Difteri merupakan penyakit infeksius disebabkan oleh *C. diphtheriae* yang membawa gen *tox* dari *bacteriophage*, tetapi biovar belfanti umumnya tidak membawa gen *tox*. Penelitian bertujuan mengkarakterisasi genom mencakup taksonomi dan filogeni, gen fungsional, *molecular typing*, faktor virulensi, serta gen resistensi Metode analisis menggunakan *whole genome sequencing* pada isolat 53 dan 1593. Hasil analisis menunjukkan kedua isolat memiliki kualitas tinggi, sehingga layak untuk analisis lanjutan. Analisis taksonomi mengidentifikasi kedua isolat sebagai *C. belfantii*. Anotasi gen didominasi gen replikasi, rekombinasi, dan perbaikan, metabolisme asam amino, serta transpor ion, sementara analisis metabolik menunjukkan jalur sentral lengkap dan potensi metabolit sekunder. Analisis *molecular typing* mengidentifikasi isolat 53 sebagai CIG10425/GC1238 dan isolat 1593 sebagai CIG10423/GC1236. Analisis faktor virulensi menunjukkan kedua isolat tidak membawa gen *tox* dan *pld*, tetapi memiliki faktor virulensi lain. Analisis gen resistensi mengidentifikasi gen *vanW*. Kesimpulan menunjukkan kedua isolat memiliki profil genomik kompleks mencakup kapasitas metabolik, sistem akuisisi besi, potensi biosintesis metabolit sekunder, dan non-toksigenik.

Kata kunci: *Corynebacterium diphtheriae* biovar belfanti, difteri, genomik, Illumina, sekuensing

ABSTRACT

MARYAM. Genome Characterization of *Corynebacterium diphtheriae* biovar belfanti from Indonesia. Supervised by RAHADIAN PRATAMA and SUNARNO.

Diphtheria is an infectious disease caused by *Corynebacterium diphtheriae* carrying the bacteriophage-encoded *tox* gene; however, the biovar belfanti generally lacks this gene. This study aimed to characterize the genomes of two isolates, including their taxonomy and phylogeny, functional genes, molecular typing, virulence factors, and antimicrobial resistance genes. Whole-genome sequencing was performed on isolates 53 and 1593. Both isolates showed high genome quality and were suitable for further analyses. Taxonomic analysis identified both isolates as *Corynebacterium belfantii*. Genome annotation revealed a predominance of genes related to replication, recombination, and repair, amino acid metabolism, and ion transport, while metabolic analysis indicated complete central metabolic pathways and the potential for secondary metabolite biosynthesis. Molecular typing assigned isolate 53 to CIG10425/GC1238 and isolate 1593 to CIG10423/GC1236. Virulence analysis showed the absence of *tox* and *pld* genes, although other virulence-associated factors were detected. Resistance gene analysis identified *vanW* in both isolates. In conclusion, both isolates exhibited complex genomic profiles characterized by metabolic capacity, iron acquisition systems, secondary metabolite biosynthetic potential, and a non-toxicogenic phenotype.

Keywords: *Corynebacterium diphtheriae* biovar belfanti, diphtheria, genomics, Illumina, sequencing



@Hak cipta milik IPB University

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.

KARAKTERISASI GENOM *Corynebacterium diphtheriae* biovar belfanti ASAL INDONESIA

MARYAM

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

IPB University

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

- 1 Dr. dr. Husnawati, S.Ked., M.Si.
- 2 Dr. Dimas Andrianto, S.Si., M.Si.

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.

IPB University
— Bogor Indonesia —

Perpustakaan IPB University

Judul Skripsi : Karakterisasi Genom *Corynebacterium diphtheriae* biovar belfanti
Asal Indonesia

Nama : Maryam

NIM : G8401221092

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Dr. rer. nat. Rahadian Pratama, S.Si., M.Si.

Pembimbing 2:

Prof. Dr. Sunarno, M.Si.Med

Diketahui oleh

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



Tanggal Ujian:
11 Mei 2026

Tanggal Lulus:



@Hak cipta milik IPB University

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 segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Agustus 2025 sampai bulan Maret 2026 ini ialah Genomik, dengan judul “KARAKTERISASI GENOM *Corynebacterium diphtheriae* biovar belfanti ASAL INDONESIA”

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, yaitu Dr. rer. nat. Rahadian Pratama, S.Si., M.Si. dan Prof. Dr. Sunarno, M.Si.Med yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada penguji seminar dan penguji sidang komprehensif atas masukan dalam penyempurnaan skripsi ini. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Badan Riset dan Inovasi Nasional serta Tim peneliti difteri Puslitbang Biomedis dan Teknologi Dasar Kesehatan yang telah mendukung penelitian ini dengan turut membantu dalam pengumpulan data. Ungkapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Aba (Ir. Masyhuri), mama (Ir. Mantasia Rahimahallah), Kak Ismail, Kak Dzulkifli, Adik Hajar, serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya kepada penulis hingga dapat menyelesaikan proses penyusunan karya ilmiah (skripsi) sebagai syarat kelulusan. Terima kasih penulis ucapkan juga kepada seluruh rekan selama perkuliahan, mulai dari teman seperjuangan di Biokimia (Nabilah, Aulia, Sekar, Icha, Cheril, Tasya, WJ, Fitrah), teman sebimbangan Pak Raha, Ulif Aliffah, teman-teman Alhurriyyah, serta kakak-adik PPM Al Iffah.

Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2026

Maryam

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

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	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Ruang Lingkup	2
1.6 Hipotesis	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Genus <i>Corynebacterium</i>	3
2.2 Genom	4
2.3 Sekuensing	5
2.4 Analisis Bioinformatika	7
2.5 Toksin Difteri	12
2.6 Gen Resistensi	15
III METODE	16
3.1 Waktu dan Tempat	16
3.2 Sampel	16
3.3 Alat dan Bahan	16
3.4 Prosedur Kerja	16
IV HASIL	18
4.1 Kontrol Kualitas dan Visualisasi Data Hasil Sekuensing	19
4.2 Kualitas Rakitan Genom	19
4.3 Analisis Taksonomi dan Filogeni	20
4.4 Anotasi Genom	23
4.5 Analisis <i>Molecular Typing</i>	26
4.6 Identifikasi Faktor Virulensi	28
4.7 Identifikasi Gen Resistensi	29
V PEMBAHASAN	31
5.1 Kontrol Kualitas dan Visualisasi Data Hasil Sekuensing	31
5.2 Kualitas Rakitan Genom	31
5.3 Analisis Taksonomi dan Filogeni	32
5.4 Anotasi Genom	33
5.5 Analisis <i>Molecular Typing</i>	36
5.6 Identifikasi Faktor Virulensi	37
5.7 Identifikasi Gen Resistensi	38
VI SIMPULAN DAN SARAN	40
6.1 Simpulan	40
6.2 Saran	40

DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	52
RIWAYAT HIDUP	56

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



DAFTAR TABEL

1	Metrik evaluasi kualitas hasil sekuensing	19
2	Metrik evaluasi kualitas hasil rakitan	19
3	Nilai <i>Average Nucleotide Identity</i> (ANI) dan digital DNA-DNA <i>hybridization</i> (dDDH) isolat 53 dan isolat 1593	21
4	Karakteristik genom kedua isolat dibandingkan dengan <i>C. Belfantii</i> FRC0043T sebagai referensi standar	23
5	Prediksi <i>Biosynthetic Gene Clusters</i> (BGCs) yang teridentifikasi pada isolat 53 dan 1593 melalui analisis antiSMASH	27
6	Analisis MLST dan cgMLST isolat 53 dan 1593	28
7	Faktor virulensi yang diprediksi berdasarkan <i>Virulence Factor Database</i> (VFDB) pada isolat 53 dan isolat 1593	28
8	Gen resistensi isolat 53 dan 1593	30

DAFTAR GAMBAR

1	Morfologi <i>Corynebacterium</i> setelah pewarnaan Gram	3
2	Evolusi teknologi sekuensing	5
3	Metode sekuensing Illumina	6
4	Skema analisis bioinformatika	8
5	Struktur toksin difteri	13
6	Mekanisme toksin difteri ke dalam sel	14
7	Grafik kualitas basa per posisi (<i>per base sequence quality</i>)	20
8	Pohon filogenetik (<i>whole-genome sequence-based</i>) isolat 53 dan 1593 menggunakan metode <i>Genome BLAST Distance Phylogeny</i> (GBDP) pada server TYGS.	22
9	Visualisasi sirkular genom menggunakan Proksee	24
10	Distribusi kategori fungsional protein berdasarkan <i>database</i> COG	25
11	Klasifikasi jalur fungsional berdasarkan <i>database</i> KEGG	26

DAFTAR LAMPIRAN

1	Bagan alir penelitian	53
2	Hasil analisis sekuensing sebelum dan sesudah <i>quality control</i>	54
3	Hasil analisis perakitan genom	55