

# ANALISIS KOMPARATIF SEKUEN GENOM TOTAL BAKTERI *Bacillus cereus* DCN1 DAN DETEKSI KLASTER GEN UNTUK SINTESIS METABOLIT SEKUNDER-NYA

JULITA CATRI ADILA



DEPARTEMEN BIOLOGI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2024

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University  
— Bogor Indonesia —

- 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.

Perpustakaan 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 Sekuen Genom Total Bakteri *Bacillus cereus* DCN1 dan Deteksi Klaster Gen untuk Sintesis Metabolit Sekunder-nya” 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, Juli 2024

Julita Catri Adila  
G3401201001

- 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 menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## ABSTRAK

JULITA CATRI ADILA. Analisis Komparatif Sekuen Genom Total Bakteri *Bacillus cereus* DCN1 dan Deteksi Klaster Gen untuk Sintesis Metabolit Sekundernya. Dibimbing oleh RIKA INDRI ASTUTI dan M. EKA PRASTYA.

Bakteri endofit *Bacillus cereus* DCN1 asal tanaman cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.), memiliki potensi menghasilkan berbagai senyawa metabolit sekunder, termasuk antioksidan. Pengetahuan genomik *B. cereus* DCN1 membantu dalam analisis sintesis antioksidan. Penelitian ini bertujuan mendeteksi klaster ortolog melalui analisis komparatif dan klaster gen sintesis metabolit sekunder dari sekuen genom total *B. cereus* DCN1. Sekuen genom total isolat DCN1 diperoleh melalui teknik *Whole Genome Sequencing* (WGS) menggunakan platform MGI DNBSAQ-G400. Hasil WGS menunjukkan kualitas yang baik dengan *depth of coverage* sebesar 30x, *number of contigs* sebanyak 774, dan nilai N50 sebesar 24 kb. Nilai Q20 sebesar 97,55% dan Q30 sebesar 92,75% menunjukkan tingkat kesalahan rendah dan kualitas sekuen yang tinggi. Analisis data menggunakan Orthovenn3 mengidentifikasi 2003 klaster ortolog diantara lima spesies bakteri endofit genus *Bacillus*, serta mendeteksi adanya perubahan materi genetik akibat simbiosis dengan tanaman inang. *B. cereus* DCN1 ditemukan memiliki 8 klaster gen biosintesis metabolit sekunder, yaitu *Nonribosomal Peptide Synthetases* (NRPS), *Linear Azo(line) Containing Peptides* (LAP), *NI-siderophore*, *NRP-metallophore*, *batalactone*, *2 Ribosomally Synthesized and Posttranslationally Modified Peptides* (RiPP), dan *terpene* yang berpotensi menghasilkan senyawa bioaktif.

Kata kunci: *Bacillus cereus* DCN1, biosintesis, cengkeh, ortolog, *Whole Genome 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## ABSTRACT

JULITA CATRI ADILA. Comparative Analysis of the Total Genome Sequence from *Bacillus cereus* DCN1 and Detection of Gene Clusters for Secondary Metabolite Synthesis. Supervised by RIKA INDRI ASTUTI and M. EKA PRASTYA.

The endophytic bacterium *Bacillus cereus* DCN1, isolated from clove (*Syzygium aromaticum* L.), has the potential to produce various secondary metabolite compounds, including antioxidants. Genomic knowledge of *B. cereus* DCN1 aids in the analysis of antioxidant synthesis. This study aims to detect ortholog clusters through comparative analysis and gene clusters for secondary metabolite synthesis from the total genome sequence of *B. cereus* DCN1. The total genome sequence of the *B. cereus* DCN1 isolate was obtained through *Whole Genome Sequencing* (WGS) using the MGI DNBSEQ-G400 platform. The WGS results showed good quality with a depth of coverage of 30x, 774 contigs, and N50 value of 24 kb. Q20 and Q30 values were 97.55% and 92.75%, respectively, indicating low error rates and high sequence quality. Data analysis using Orthovenn3 identified 2003 ortholog clusters among five endophytic bacterial species of the *Bacillus* genus and detected genetic material changes due to symbiosis with the host plant. *B. cereus* DCN1 was found to have eight secondary metabolite biosynthesis gene clusters: *Nonribosomal Peptide Synthetases* (NRPS), *Linear Azo(line) Containing Peptides* (LAP), *NI-siderophore*, *NRP-metallophore*, *batalactone*, *2 Ribosomally Synthesized and Posttranslationally Modified Peptides* (RiPP), and *terpene*, which have the potential to produce bioactive compounds.

**Keywords:** *Bacillus cereus* DCN1, biosynthesis, clove, ortholog, *Whole Genome Sequencing*.

@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 menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin 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 2024  
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 SEKUEN GENOM TOTAL  
BAKTERI *Bacillus cereus* DCN1 DAN DETEKSI KLASTER  
GEN UNTUK SINTESIS METABOLIT SEKUNDER-NYA**

**JULITA CATRI ADILA**

Skripsi  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana pada  
Program Studi Biologi

**DEPARTEMEN BIOLOGI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2024**

@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 mengumumkannya 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.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Dr. Ir. Achmad Farajallah M.Si



Judul Skripsi : Analisis Komparatif Sekuen Genom Total Bakteri *Bacillus cereus* DCN1 dan Deteksi Kluster Gen untuk Sintesis Metabolit Sekunder-nya  
 Nama : Julita Catri Adila  
 NIM : G3401201001

Disetujui oleh

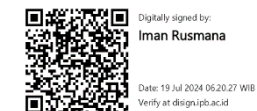
Pembimbing 1:  
 Dr. Rika Indri Astuti, S.Si., M.Si.



Pembimbing 2:  
 Dr. M. Eka Prastya, S.Si., M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Departemen Biologi:  
 Dr. Ir. Imam Rusmana, M.Si.  
 196507201991031002



Tanggal Ujian:  
 9 Juli 2024

Tanggal Lulus:

@Hak cipta milik IPB University

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 Januari sampai bulan Mei 2024 ini ialah pembacaan sekuen genom total dari bakteri endofit asal tanaman obat, dengan judul “Analisis Komparatif Sekuen Genom Total Bakteri *Bacillus cereus* DCN1 dan Deteksi Klaster Gen untuk Sintesis Metabolit Sekunder-nya”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam penelitian ini, khususnya:

1. Dr. Rika Indri Astuti, S.Si., M.Si. dan Dr. M. Eka Prastya, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberi saran, arahan, serta motivasi selama penelitian dan penyusunan karya ilmiah ini.
2. Pembimbing akademik, moderator seminar, dan penguji luar komisi pembimbing.
3. Direktorat Riset dan Inovasi, IPB University melalui skema Program Riset Kolaborasi Nasional Tahun 2023-2024, yang diberikan kepada Dr. Rika Indri Astuti, S.Si., M.Si.
4. Amarullah, Rosnida, Riko Febriantoro, Urika Dwi May Hendra, Septania Amalia Putri, serta seluruh keluarga atas dukungan, doa, dan kasih sayang yang diberikan.
5. Anisah Fatma, Kamillah Syakhsyiyah, Putri Indah, Sahilatun Sa'adah, Sakina Maya, Zahra Qolbi, Rifda Maulida, Alfinia Ayunda, dan Aliman sebagai teman dekat saya yang telah kebersamai disaat suka maupun duka selama 4 tahun perjalanan saya mencapai gelar S.Si.
6. Kak Ira, Kak Aldy, Kak Avel, dan Adip sebagai teman seperbimbingan yang telah memberikan pembelajaran dan arahan selama penelitian.
7. Teman-teman Biologi angkatan 57, Laboratorim Bioenergi dan Biprospeksi PAU, dan Pasacasarjana Bioteknologi atas diskusi, bantuan, dan kebersamaan selama penelitian dilaksanakan.

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

Bogor, Juli 2024

*Julita Catri Adila*

## DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
II METODE	3
2.1 Waktu dan Tempat	3
2.2 Alat dan Bahan	3
2.4 Prosedur Kerja	3
2.4.1 Penyiapan Medium dan Kultivasi <i>B. cereus</i> DCN1	3
2.4.2 Isolasi DNA <i>B. cereus</i> DCN1	3
2.4.3 Uji Kualitatif dan Kuantitatif DNA Hasil Isolasi	4
2.4.4 <i>Whole Genome Sequencing</i> Berbasis MGI DNBSEQ-G400	4
2.5 Analisis Data	5
III HASIL DAN PEMBAHASAN	6
3.1 Anotasi Sekuen Genom Total <i>B. cereus</i> DCN1	6
3.2 Komposisi Nukleotida pada Sekuen Genom Total <i>B. cereus</i> DCN1	7
3.3 Pemetaan Kromosom dan Gen <i>B. cereus</i> DCN1	8
3.4 Analisis Komparatif Sekuen Genom Total <i>B. cereus</i> DCN1 dengan Bakteri Endofit Genus <i>Bacillus</i> Lainnya	9
3.5 Analisis Ekspansi dan Kontraksi <i>B. cereus</i> DCN1 dengan Bakteri Endofit Lainnya	10
3.6 Deteksi Klaster Gen Biosintesis Metabolit Sekunder dari Sekuen Genom <i>B. cereus</i> DCN1	11
3.7 Deteksi Gen pada Lintasan Biosintesis <i>Terpene Region</i> 1.8 dari <i>B. cereus</i> DCN1	13
IV SIMPULAN DAN SARAN	14
4.1 Simpulan	14
4.2 Saran	14
DAFTAR PUSTAKA	15
LAMPIRAN	18
RIWAYAT HIDUP	21

## DAFTAR TABEL

1	Hasil pembacaan sekuen genom total <i>B. cereus</i> DCN1 berbasis platform MGI DNBSEQ- G400	6
2	Komposisi nukleotida ATGC pada sekuen genom <i>B. cereus</i> DCN1	7
3	Perbandingan nilai GC Content 5 spesies bakteri genus <i>Bacillus</i>	8
4	Jumlah protein, kluster, dan <i>singleton</i> masing-masing spesies	9
5	Prediksi <i>Biosynthetic Gene Cluster (BGC) of Secondary Metabolites</i> <i>B. cereus</i> DCN1	11

## DAFTAR GAMBAR

1	Peta gen dari sekuen genom total <i>B. cereus</i> DCN1. Keterangan: <i>Coding Sequences</i> (hitam), rRNA (hijau), tRNA (ungu), <i>depth of coverage</i> ( <i>depth</i> > 50x = hijau; <i>depth</i> < 50x = merah), GC content (GC content > 50% = ungu; GC content < 50% = coklat)	8
2	Grafik jumlah kluster ortolog antara <i>B. cereus</i> DCN1 dengan bakteri endofit dari genus <i>Bacillus</i> lainnya	10
3	Visualisasi analisis ekspansi dan kontraksi gen dari beberapa bakteri genus <i>Bacillus</i>	10
4	Peta genetik posisi kluster gen biosintesis (A) <i>Nonribosomal Peptides Synthase (NRPS)</i> pada <i>region 1.1</i> (B) <i>Linear Azo(line) Containing Peptides (LAP)</i> pada <i>region 1.2</i> (C) <i>NI-siderophore</i> pada <i>region 1.3</i> di sekuen genom total <i>B. cereus</i> DCN1	11
5	Peta genetik posisi kluster gen biosintesis (A) <i>NRP-metallophore</i> pada <i>region 1.4</i> (B) <i>Betalactone</i> pada <i>region 1.5</i> (C) <i>Ribosomally Synthesized and Posttranslationally Modified Peptides</i> pada <i>region 1.6</i> (D) <i>Ribosomally Synthesized and Posttranslationally Modified Peptides</i> pada <i>region 1.7</i> (E) <i>Terpene</i> pada <i>region 1.8</i> di sekuen genom total <i>B. cereus</i> DCN1	12
6	Posisi gen peta genetik lintasan <i>terpene</i>	13

## DAFTAR LAMPIRAN

1	Visualisasi uji kualitatif dari sampel isolasi DNA <i>B. cereus</i> DCN1	19
2	Uji kuantatif dari sampel isolasi DNA <i>B. cereus</i> DCN1	20

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.