



ANALISIS TRANSKRIPTOMIK PADA *INTERSPECIES GRAFTING* NANGKA (*Artocarpus heterophyllus*) DAN CEMPEDAK (*Artocarpus integer*)

MUH AGUST NUR FATHONI



**PROGRAM STUDI MAGISTER AGRONOMI DAN HORTIKULTURA
FAKULTAS PERTANIAN
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.

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Analisis Transkriptomik pada *Interspecies Grafting* Nangka (*Artocarpus heterophyllus*) dan Cempedak (*Artocarpus integer*)” adalah karya saya dengan arahan dari komisi 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, Desember 2024

Muh Agust Nur Fathoni
A2502222050



@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.

RINGKASAN

MUH AGUST NUR FATHONI. Analisis Transkriptomik pada *Interspecies Grafting* Nangka (*Artocarpus heterophyllus*) dan Cempedak (*Artocarpus integer*). Dibimbing oleh DE DEN DERAJAT MATRA, ROEDHY POERWANTO, dan NAOKO KOZAI.

Artocarpus merupakan genus dari famili *Moraceae* yang terdiri dari sekitar 70 spesies yang tersebar diseluruh dunia. *Grafting* merupakan sebuah teknik yang dapat digunakan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman dan memunculkan sifat-sifat unggul tanaman. Teknik ini dapat digunakan untuk pengembangan spesies *Artocarpus*. Teknik *grafting* dapat dilakukan pada berbagai spesies tanaman. *Grafting* antara spesies *Artocarpus* yang berbeda dapat memunculkan fisiologi dan metabolisme yang berbeda. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi gen fungsional yang terlibat dalam *interspecies grafting* pada nangka dan cempedak untuk mendukung percepatan pertumbuhan dan adaptasi terhadap lingkungan. Nangka (*A. heterophyllus*) dan cempedak (*A. integer*) digunakan sebagai bahan tanaman dengan kombinasi: *rootstock* nangka dan *scion* nangka (NN), *rootstock* nangka dan *scion* cempedak (NC), *rootstock* cempedak dan *scion* nangka (CN), serta *rootstock* cempedak dan *scion* cempedak (CC). Analisis anatomi *interspecies grafting* menunjukkan bahwa proliferasi kalus terbentuk lima hari setelah penyambungan. Semua kombinasi *grafting* menunjukkan munculnya daun baru dan penambahan pertumbuhan pada 10 hari setelah *grafting* (HSG). *De novo transcriptome* disusun dari nangka dan cempedak. Analisis *Differential Expression Gene* (DEG) dilakukan pada kombinasi NC vs CN menggunakan transkriptom nangka dan cempedak. Teridentifikasi sebanyak 24 gen yang diekspresikan secara pada transkriptom nangka dan 28 gen pada transkriptom cempedak. Pada cempedak, terdapat sebanyak 19 gen terekspresikan *upregulated* dan 5 gen terekspresikan *downregulated*. Pada nangka, 23 gen terekspresikan *upregulated* dan 5 terekspresikan *downregulated*. Terdapat 8 gen yang sama terekspresikan *upregulated* pada *grafting* NC di transkriptom nangka maupun cempedak. Gen-gen tersebut adalah LTP2, TPRP-F1, EXL3, AtMg00660, MT1B, HIPP26, F6H1-3, dan Major Allergen Pru ar 1. Gen-gen tersebut terlibat dalam respons terkait stres dan pertahanan tanaman terhadap cekaman biotik dan abiotik. Terdapat beberapa gen yang terekspresikan berbeda pada transkriptom nangka dan cempedak. Hal ini menunjukkan bahwa masing-masing spesies memiliki mekanisme kontribusi yang berbeda selama proses *grafting* antarspesies.

Kata Kunci: *cDNA sequencing*, *heterografting*, *interspecific grafting*, transkriptomik

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.



SUMMARY

MUH AGUST NUR FATHONI. Transcriptome Analysis of Interspecies Grafting on Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) and Cempedak (*Artocarpus integer*). Supervised by DE DEN DERAJAT MATRA, ROEDHY POERWANTO, and NAO KO KOZAI.

Artocarpus belongs to the Moraceae family, which comprises approximately 70 species native to Borneo. Grafting, a technique that enhances plant growth and develops superior traits, offers a promising approach to advancing these species. Grafting techniques can be performed on different species. Grafting between different *Artocarpus* species may occur with different physiology and metabolism. This study aimed to observe the mechanisms and functional genes involved in interspecies grafting of jackfruit and cempedak to support accelerated growth and adaptation to the environment. Jackfruit (*A. heterophyllus*) and cempedak (*A. integer*) were used as plant material with combination; rootstock jackfruit vs scion jackfruit (NN), rootstock jackfruit vs scion cempedak (NC), rootstock cempedak vs scion jackfruit (CN), and rootstock cempedak vs scion cempedak (CC). Anatomical analysis of interspecies graft showed that callus proliferation was observed five days after grafting. All grafting combinations showed the emergence of new leaves and growth at ten days after grafting (DAG). The de novo transcriptome was assembled from jackfruit and cempedak. The DEG analysis was performed in NC vs CN combination using jackfruit and cempedak transcriptome. Identified 24 differentially expressed genes in the jackfruit transcriptome and 28 in the cempedak transcriptome. In cempedak, 19 genes were significantly upregulated and 5 were downregulated. In jackfruit, 23 genes were significantly upregulated and 5 were downregulated. There are 8 similarly upregulated genes in NC grafting across jackfruit and cempedak transcriptomes. These genes including LTP2, TPRP-F1, EXL3, AtMg00660, MT1B, HIP26, F6H1-3, and Major Allergen Pru ar 1 are involved in stress-related and defense-related response. The expressed genes on the jackfruit transcriptome and cempedak transcriptome were different. This shows that each species has a different contribution mechanism during the interspecies grafting.

Keywords: cDNA sequencing, heterografting, interspecific grafting, transcriptomics



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.



@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.

**ANALISIS TRANSKRIPTOMIK
PADA *INTERSPECIES GRAFTING* NANGKA (*Artocarpus
heterophyllus*) DAN CEMPEDAK (*Artocarpus integer*)**

MUH AGUST NUR FATHONI

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains pada
Program Studi Program Studi Agronomi dan Hortikultura

**PROGRAM STUDI MAGISTER AGRONOMI DAN HORTIKULTURA
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**



@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. Ir. Krisantini, M.Sc.
- 2 Dr. Ir. Yudiwanti Wahyu E. K., M.S.



Judul Tesis : Analisis Transkriptomik pada *Interspecies Grafting* Nangka (*Artocarpus heterophyllus*) dan Cempedak (*Artocarpus integer*)
Nama : Muh Agust Nur Fathoni
NIM : A2502222050

@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.

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Deden Derajat Matra, S.P., M.Agr.

Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. Roedhy Poerwanto, M.Sc.

Pembimbing 3:
Dr. Naoko Kozai

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Ani Kurniawati, S.P., M.Si.
NIP.196911131994032001

Dekan Fakultas Pertanian :
Prof. Dr. Ir. Suryo Wiyono, M.Sc.Agr.
NIP.196902121992031003

Tanggal Ujian:
13 September 2024

Tanggal Lulus: 18 DEC 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.



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 Desember 2023 sampai bulan Juli 2024 merupakan tesis dengan judul “Analisis Transkriptomik pada *Interspecies Grafting* Nangka (*Artocarpus heterophyllus*) dan Cempedak (*Artocarpus integer*)”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Dr. Deden Derajat Matra, S.P., M.Agr, Prof. Dr. Ir. Roedhy Poerwanto, M.Si, dan Dr. Naoko Kozai yang telah membimbing dan banyak memberi saran serta masukan dalam pelaksanaan penelitian ini. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada teman-teman yang telah banyak membantu penulis dalam perkuliahan hingga penelitian. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya sehingga penulis memiliki motivasi dalam belajar dan terus berusaha.

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

Bogor, Desember 2024

Muh Agust Nur Fathoni



@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.



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xiv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Rumusan Masalah	2
1.4 Hipotesis	2
1.5 Diagram Alir Penelitian	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 <i>Artocarpus</i>	4
2.2 <i>Grafting</i>	4
2.3 <i>Interspecies Grafting</i>	5
2.4 Transkriptomik	6
III METODE	8
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	8
3.2 Alat dan Bahan	8
3.3 Perlakuan Percobaan	8
3.4 Analisis Morfologi	9
3.5 Analisis Anatomi	9
3.6 Analisis Transkriptomik	9
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	12
4.1 Analisis Anatomi	12
4.2 Analisis Morfologi	13
4.3 Analisis Transkriptomik	15
V SIMPULAN DAN SARAN	23
5.1 Simpulan	23
5.2 Saran	23
DAFTAR PUSTAKA	24
RIWAYAT HIDUP	31



DAFTAR TABEL

1	Kombinasi perlakuan <i>grafting</i>	8
2	Persentase jumlah kemunculan tunas baru <i>scion</i> pada <i>interspecies grafting</i> antara nangka dan cempedak hingga 25 HSG	14
3	Rangkuman hasil kuantifikasi dari <i>raw reads</i> dan <i>clean reads</i> cDNA RNA sequencing kombinasi antara nangka dan cempedak	15
4	Annotasi fungsional dari transkrip nangka dan cempedak	15
5	Gen-gen yang teridentifikasi dan terekspresikan <i>upregulated</i> dan <i>downregulated</i> NC vs CN pada transkriptom nangka dan cempedak	21
6	Gen-gen yang teridentifikasi dan terekspresikan <i>upregulated</i> dan <i>downregulated</i> NC vs CN pada transkriptom nangka dan cempedak (<i>lanjutan</i>)	22

DAFTAR GAMBAR

7	Diagram alir penelitian	3
8	Diagram alir <i>data processing</i> transkriptomik grafting nangka dan cempedak	10
9	Jaringan kalus pada sambungan grafting (A) NC pada 15 HSG, (B) CN pada 15 HSG pada perbesaran 400x, panah merah menunjukkan jaringan kalus penghubung yang terbentuk antar sambungan. Panah biru menunjukkan jaringan pembuluh tanaman.	12
10	Pertumbuhan tanaman hasil grafting pada 25 hari setelah grafting, NN: nangka vs nangka; NC: nangka vs cempedak; CN: cempedak vs nangka; CC: cempedak vs cempedak	13
11	Pertambahan tinggi tanaman setelah dilakukan grafting kombinasi antara nangka (N) dan cempedak (C) hingga 25 hari setelah grafting (HSG)	13
12	Jumlah daun yang muncul pada <i>scion</i> setelah dilakukan grafting kombinasi antara nangka (N) dan cempedak (C) hingga 25 hari setelah grafting (HSG)	14
13	Analisis <i>Gen Ontology</i> (GO) pada (A) transkriptom nangka dan (B) transkriptom cempedak; BP: <i>biological process</i> ; MF: <i>molecular function</i> ; CC: <i>cellular component</i> .	17
14	KEGG <i>pathway</i> pada transkriptom nangka dan cempedak	18
15	<i>Volcano plot</i> DEG NC vs CN pada (A) transkrip nangka dan (B) transkrip cempedak; merah: <i>upregulated</i> ; biru: <i>downregulated</i>	19
16	<i>Venn diagram</i> pada gen yang teridentifikasi <i>upregulated</i> dan <i>downregulated</i> pada NC vs CN transkriptom nangka dan cempedak. Nangka <i>down</i> : <i>downregulated</i> NC vs CN pada transkriptom nangka, Nangka <i>up</i> : <i>upregulated</i> NC vs CN pada transkriptom nangka, Cempedak <i>up</i> : <i>upregulated</i> NC vs CN pada transkriptom cempedak, Cempedak <i>down</i> : <i>downregulated</i> NC vs CN pada transkriptom cempedak.	20