

VALIDASI KANDUNGAN MINYAK DAN KAROTEN TINGGI PADA KLON KELAPA SAWIT MELALUI ANALISIS EKSPRESI GEN

IKRAM MAULANA



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

@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.



@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 “Validasi Kandungan Minyak dan Karoten Tinggi pada Klon Kelapa Sawit Melalui Analisis Ekspresi Gen” 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

Ikram Maulana
G8401221054

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

IKRAM MAULANA. Validasi Kandungan Minyak dan Karoten Tinggi pada Klon Kelapa Sawit melalui Analisis Ekspresi Gen. Dibimbing oleh HUSNAWATI dan FAUZIATUL FITRIYAH.

Percepatan pemuliaan kelapa sawit diperlukan untuk menghasilkan tanaman dengan kandungan rendemen minyak dan karoten total yang tinggi. Pendekatan molekuler diharapkan dapat mendukung percepatan identifikasi sifat unggul. Penelitian ini bertujuan memvalidasi perbedaan fisiologis klon kelapa sawit melalui analisis ekspresi gen *ACCase*, *KASIII*, *ACSL4*, *DXS* dan *PSY* pada tanaman berkeandungan minyak dan karoten total tinggi dan rendah. Analisis ekspresi gen dilakukan melalui metode RT-qPCR berdasarkan ΔC_t dan ekspresi relatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekspresi gen *ACCase*, *ACSL4*, dan *PSY* memiliki korelasi kuat dan signifikan terhadap kadar rendemen dan karoten total, sedangkan *KASIII* dan *DXS* menunjukkan korelasi sedang namun tidak signifikan. Analisis perbandingan ekspresi relatif antar kelompok sampel menunjukkan bahwa *ACCase* dan *ACSL4* berbeda signifikan serta memiliki *large effect size*, sementara *PSY* tidak menunjukkan perbedaan signifikan meskipun memiliki *large effect size*. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa gen *ACCase* dan *ACSL4* berpotensi sebagai penanda molekuler utama dalam seleksi klon kelapa sawit dengan kadar minyak dan karoten tinggi, sedangkan *PSY* berpotensi sebagai penanda pendukung yang memerlukan validasi lebih lanjut.

Kata kunci: Ekspresi gen, karoten total, kelapa sawit, rendemen minyak, RT-qPCR

ABSTRACT

IKRAM MAULANA. Validation of High Oil and Carotene Content in Oil Palm Clones through Gene Expression Analysis. Supervised by HUSNAWATI and FAUZIATUL FITRIYAH.

The acceleration of oil palm breeding is necessary to produce plants with high oil yield and total carotene content. A molecular approach is expected to support the rapid identification of superior traits. This study aimed to validate physiological differences among oil palm clones through gene expression analysis of *ACCase*, *KASIII*, *ACSL4*, *DXS*, and *PSY* in plants with high and low oil and total carotene content. Gene expression analysis was conducted using the RT-qPCR method based on ΔC_t values and relative expression. The results showed that the expression of *ACCase*, *ACSL4*, and *PSY* genes had a strong and significant correlation with oil yield and total carotene content, whereas *KASIII* and *DXS* showed moderate but non-significant correlations. Comparative analysis of relative expression among sample groups indicated that *ACCase* and *ACSL4* differed significantly and exhibited large effect sizes, while *PSY* did not show significant differences despite having a large effect size. Based on these findings, *ACCase* and *ACSL4* genes are potential primary molecular markers for selecting oil palm clones with high oil and carotene content, whereas *PSY* may serve as a supporting marker requiring further validation.

Keywords: Gene expression, oil palm, oil yield, RT-qPCR, total carotene.



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 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.



VALIDASI KANDUNGAN MINYAK DAN KAROTEN TINGGI PADA KLON KELAPA SAWIT MELALUI ANALISIS EKSPRESI GEN

IKRAM MAULANA

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. Dimas Andrianto, S.Si., M.Si.
- 2 Rini Kurniasih, S.Si., M.Si.



IPB University
— Bogor Indonesia —

Perpustakaan IPB University



Judul Skripsi : Validasi Kandungan Minyak dan Karoten Tinggi pada Klon Kelapa Sawit melalui Analisis Ekspresi Gen

Nama : Ikram Maulana
NIM : G8401221054

@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. dr. Husnawati, S.Ked., M.Si

Pembimbing 2:
Fauziatul Fitriyah, Ph.D

Diketahui oleh

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



@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 segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Penelitian ini dilaksanakan sejak bulan Juni 2025 sampai bulan Desember 2025 dengan judul “Validasi kandungan minyak dan karoten tinggi pada klon kelapa sawit melalui analisis ekspresi gen”. Karya ilmiah ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelas sarjana di Departemen Biokimia.

Terima kasih penulis ucapkan kepada Dr. dr. Husnawati, S.Ked., M.Si. sebagai pembimbing pertama yang telah membimbing dan memberikan masukan sehingga penelitian ini selesai dan menghasilkan karya ilmiah. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Fauziatul Fitriyah, Ph.D sebagai pembimbing kedua yang telah membimbing sekaligus pemberi inspirasi dan penyumbang gagasan pada penelitian ini. Selain itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Pusat Penelitian Kelapa Sawit-Unit Bogor (PPKS-UB) atas izin dan kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk melakukan penelitian. Terima kasih kepada Kak Nadhira selaku pendamping laboratorium, pimpinan dan staf Laboratorium Biokimia dan Biologi Molekuler PPKS-UB (Ibu Galuh, Ibu Rini, Kak Rani, Kak Ane, Kak Sarah, Kak Ayu) yang telah membantu menyediakan fasilitas serta memberikan bimbingan teknis selama pelaksanaan penelitian. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada keluarga khususnya Bapak (Engkos Kosasih) dan Ibu (Desi Kurnia), Adik (Anggraeni pitaloka), serta kakek dan nenek yang selalu memberikan dukungan dan doa.

Ucapan terima kasih juga ingin penulis sampaikan kepada Rahmalia Risfa Izzati, teman dekat di Departemen Biokimia (Sofi, Azriel, Alya, Bakti, Nurul, Ahda), teman PKU (Wahyu, Thala, Riswan, Sintia, Avril), teman kos (Yujly), serta rekan mahasiswa magang (Indah dan Sabila) yang selalu memberikan semangat, motivasi, dan bantuan kepada penulis. Kebersamaan dan seluruh dukungan yang telah mereka berikan sangat berarti bagi penulis. Penulis menyadari bahwa karya ilmiah ini masih memiliki keterbatasan baik dari segi penyajian maupun substansi. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi penulis, pembaca, serta berkontribusi dalam kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, 17 Mei 2026

Ikram Maulana



@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	viii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
GLOSARIUM	x
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Hipotesis	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Kelapa Sawit	4
2.2 Produksi dan Pengembangan Kualitas Kelapa Sawit Indonesia	6
2.3 Kadar Minyak dan Karoten pada Kelapa Sawit	9
2.4 Regulasi Molekuler Produksi Minyak pada Tanaman Kelapa Sawit	10
2.5 Regulasi Molekuler Produksi Karoten	11
2.6 <i>Quantitative</i> PCR	12
III METODE	14
3.1 Waktu dan Tempat	14
3.2 Alat dan Bahan	14
3.3 Prosedur Kerja	14
3.4 Analisis Data	17
IV HASIL	18
4.1 Korelasi dan Distribusi Rendemen Minyak dan Kandungan Karoten	18
4.2 Konsentrasi dan Kemurnian RNA Jaringan Mesokarp	18
4.3 Validasi Integritas RNA Hasil Isolasi melalui Metode Elektroforesis	20
4.4 Validasi Hasil Sintesis cDNA melalui Amplifikasi <i>Housekeeping Gene</i>	21
4.5 Analisis Korelasi Ekspresi Gen terhadap Kadar Rendemen dan Karoten	22
4.6 Analisis Perbandingan Ekspresi Relatif Antar Kelompok Sampel	24
V PEMBAHASAN	27
5.1 Korelasi Rendemen Minyak dan Kadar Karoten Total	27
5.2 Konsentrasi dan Kemurnian RNA Jaringan Mesokarp	27
5.3 Evaluasi Integritas RNA Menggunakan Elektroforesis Gel Agarosa	29
5.4 Sintesis cDNA dan Validasi Hasil melalui Amplifikasi <i>Housekeeping Gene</i>	30
5.5 Korelasi Ekspresi Gen terhadap Kadar Rendemen dan Karoten Total	31
5.6 Perbandingan Ekspresi Relatif Antar Kelompok Sampel	34
VI SIMPULAN DAN SARAN	36
6.1 Simpulan	36
6.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	45
RIWAYAT HIDUP	50



DAFTAR TABEL

1	Produksi Minyak Sawit Indonesia Periode 2003 – 2024	7
2	Sekuens primer	17

DAFTAR GAMBAR

1	Morfologi tanaman kelapa sawit	4
2	Tahapan pertumbuhan fenologis kelapa sawit pada fase vegetatif	5
3	Tahapan pertumbuhan fenologis kelapa sawit pada fase generatif	6
4	Jalur biosintesis minyak pada tumbuhan	10
5	Alur metabolisme karotenoid tumbuhan	12
6	(a) Pearson's correlation matrix dengan variabel densitas; (b) <i>Scatterplot</i> parameter karoten total dan rendemen	18
7	Histogram distribusi konsentrasi RNA hasil isolasi dari 43 sampel	19
8	Histogram distribusi nilai kemurnian RNA berdasarkan rasio absorbansi 260/230	19
9	Histogram distribusi nilai kemurnian RNA berdasarkan rasio absorbansi 260/280	20
10	Visualisasi hasil elektroforesis RNA total pada gel agarosa 1%	21
11	Visualisasi hasil amplifikasi <i>housekeeping gene</i> dari cDNA melalui elektroforesis gel agarosa	21
12	<i>Scatterplot</i> hubungan antara nilai ΔCt gen <i>ACCase</i> dan kadar rendemen	22
13	<i>Scatterplot</i> hubungan antara nilai ΔCt gen <i>KASIII</i> dan kadar rendemen	23
14	<i>Scatterplot</i> hubungan antara nilai ΔCt gen <i>ACSL4</i> dan kadar rendemen	23
15	<i>Scatterplot</i> hubungan antara nilai ΔCt gen <i>DXS</i> dan kadar karoten total	24
16	<i>Scatterplot</i> hubungan antara nilai ΔCt gen <i>PSY</i> dan kadar karoten total	24
17	Ekspresi relatif gen <i>ACCase</i> pada kelompok sampel dengan kadar rendemen rendah dan tinggi	25
18	Ekspresi relatif gen <i>ACSL4</i> pada kelompok sampel dengan kadar rendemen rendah dan tinggi	26
19	Ekspresi relatif gen <i>PSY</i> pada kelompok sampel dengan kadar rendemen rendah dan tinggi	26

DAFTAR LAMPIRAN

1	Bagan Alir Penelitian	46
2	Data hasil analisis konsentrasi dan kemurnian RNA	46
3	Data hasil analisis qPCR gen <i>ACCase</i> (Nilai Ct, ΔCt , $\Delta\Delta Ct$, dan ekspresi relatif) serta data kadar rendemen pada setiap sampel	47
4	Data hasil analisis qPCR gen <i>ACSL4</i> (Nilai Ct, ΔCt , $\Delta\Delta Ct$, dan ekspresi relatif) serta data kadar rendemen pada setiap sampel	48



5	Data hasil analisis qPCR gen <i>KASIII</i> (Nilai Ct, Δ Ct, $\Delta\Delta$ Ct, dan ekspresi relatif) serta data kadar rendemen pada setiap sampel	48
6	Data hasil analisis qPCR gen <i>PSY</i> (Nilai Ct, Δ Ct, $\Delta\Delta$ Ct, dan ekspresi relatif) serta data kadar karoten total pada setiap sampel	48
7	Data hasil analisis qPCR gen <i>DXS</i> (Nilai Ct, Δ Ct, $\Delta\Delta$ Ct, dan ekspresi relatif) serta data kadar karoten total pada setiap sampel	49
8	Contoh perhitungan ekspresi relatif	49

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.



GLOSARIUM

ACCase	: Acetyl-CoA carboxylase, enzim yang mengkatalisis reaksi pembentukan malonyl-CoA.
@ACSL4	: Acyl-CoA synthetase long-chain family member 4, enzim yang mengaktivasi asam lemak rantai panjang menjadi asil-KoA.
cDNA	: Complementary DNA, DNA untai tunggal yang disintesis dari RNA melalui transkripsi balik.
Ct	: Cycle threshold, jumlah siklus PCR ketika sinyal fluoresensi pertama kali melampaui ambang deteksi.
CPO	: <i>Crude Palm Oil</i> , minyak sawit mentah yang diperoleh dari ekstraksi mesokarp buah kelapa sawit.
Δ Ct	: Delta cycle threshold, selisih nilai Ct antara gen target dan gen referensi.
DxP	: Dura x Pisifera, persilangan antara tetua dura dan pisifera yang menghasilkan keturunan tenera.
DXS	: 1-deoxy-D-xylulose-5-phosphate synthase, enzim yang mengkatalisis tahap awal jalur MEP dalam biosintesis isoprenoid
<i>Housekeeping gene</i>	: Gen referensi yang memiliki tingkat ekspresi relatif stabil dan digunakan sebagai kontrol internal dalam analisis ekspresi gen.
KASIII	: β -ketoacyl-acyl carrier protein synthase III, enzim yang berperan pada tahap awal elongasi rantai karbon asam lemak
MEP	: Methylerythritol phosphate pathway, jalur biosintesis isoprenoid di plastida
PSY	: Phytoene synthase, enzim yang mengkatalisis reaksi pembentukan fitoena sebagai tahap awal sintesis karotenoid
RT-qPCR	: Reverse Transcription Quantitative Polymerase Chain Reaction, metode pengukuran tingkat ekspresi gen melalui amplifikasi cDNA secara kuantitatif
TAG	: Triacylglycerol, bentuk utama penyimpanan minyak yang tersusun atas satu molekul gliserol dan tiga asam lemak