

STUDI BIOINFORMATIKA: RE-ANALISIS DATA RNA-SEQ EKSPRESI GEN DIFERENSIAL IKAN NILA PADA STRES SUHU DENGAN PENDEKATAN DESEQ2

QURROTU AINI SYAFAQ



**DEPARTEMEN BUDIDAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@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

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Studi Bioinformatika: Re-Analisis Rna-Seq Ekspresi Gen Diferensial Ikan Nila pada Stres Suhu dengan Pendekatan DESeq2” 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, Agustus 2025

Qurrotu Aini Syafaq
C1401211077

@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.



@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

QURROTU AINI SYAFAQ. Studi Bioinformatika: Re-Analisis RNA-Seq Ekspresi Gen Diferensial Ikan Nila pada Stres Suhu dengan Pendekatan DESeq2. Dibimbing oleh DINAR TRI SOELISTYOWATI dan ALIMUDDIN

Perubahan iklim global menyebabkan peningkatan suhu air yang signifikan dan berdampak langsung terhadap keberlangsungan budidaya ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis ekspresi gen diferensial ikan nila non-hibrida yang mengalami stres suhu menggunakan pendekatan transkriptomik berbasis RNA-Seq dan metode statistik DESeq2. Dataset RNA-Seq diunduh dari NCBI-SRA, terdiri atas enam sampel hati ikan nila *strain* GIFT yang dipelihara pada suhu normal (29°C) dan suhu tinggi (37,5°C). Analisis dilakukan melalui serangkaian tahapan bioinformatika, yakni *quality control*, *trimming*, *alignment* ke genom referensi, kuantifikasi ekspresi gen dengan *featureCounts*, dan analisis diferensial menggunakan DESeq2. Hasil menunjukkan 918 gen yang terekspresi secara signifikan ($padj < 0,05$; $|log2FC| \geq 1$), terdiri atas 502 gen *up-regulated* dan 416 gen *down-regulated*. Analisis fungsi gen melalui *Gene Ontology* dan KEGG mengindikasikan aktivasi jalur biologis yang terkait dengan respons stres, metabolisme energi, dan regulasi sistem imun, termasuk ekspresi gen HSP, sitokin, dan enzim metabolik. Hasil penelitian ini menunjukkan adanya perubahan molekuler sistemik akibat paparan suhu tinggi dan memberikan landasan ilmiah untuk pengembangan *strain* nila tahan stres suhu melalui pendekatan seleksi berbasis ekspresi gen.

Kata kunci: DESeq2, ekspresi gen, ikan nila, RNA-Seq, stres suhu

ABSTRACT

QURROTU AINI SYAFAQ. Bioinformatics Study: Re-analysis of RNA-Seq Differential Gene Expression in Nile Tilapia Under Temperature Stress Using the DESeq2 Approach. Supervised by DINAR TRI SOELISTYOWATI and ALIMUDDIN

Global climate change has led to increased water temperatures, posing a critical threat to the sustainability of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) aquaculture. This study aimed to investigate differential gene expression in non-hybrid Nile tilapia under thermal stress using RNA-Seq and the DESeq2 statistical framework. RNA-Seq datasets were retrieved from NCBI-SRA, consisting of liver samples from GIFT-strain tilapia reared at 29°C (control) and 37.5°C (thermal stress). The bioinformatics workflow included data quality control, trimming, alignment to the reference genome, gene quantification using *featureCounts*, and differential expression analysis via DESeq2. A total of 918 differentially expressed genes ($padj < 0.05$; $|log2FC| \geq 1$) were identified, comprising 502 up-regulated and 416 down-regulated genes under thermal stress. Functional annotation through *Gene Ontology* and KEGG pathway analysis revealed the enrichment of stress response pathways, energy metabolism

regulation, and immune-related processes, including heat shock proteins, cytokines, and metabolic enzymes. These results demonstrate a systemic molecular response to elevated temperature and provide scientific insight for developing heat-tolerant tilapia strains through gene expression-informed selection strategies.

Keywords: DESeq2, gene expression, Nile tilapia, RNA-Seq, thermal stress





@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

IPB University

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025
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 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.

**STUDI BIOINFORMATIKA: RE-ANALISIS RNA-SEQ
EKSPRESI GEN DIFERENSIAL IKAN NILA PADA STRES
SUHU DENGAN PENDEKATAN DESEQ2**

QURROTU AINI SYAFAQ

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

**DEPARTEMEN BUDIDAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

- 1 Prof. Dr. Ir. Eddy Supriyono, M.Sc
- 2 Dr. Ichsan Ahmad Fauzi, S.Pi, M.Sc

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.

Judul Skripsi : Studi Bioinformatika: Re-Analisis RNA-Seq Ekspresi Gen Diferensial Ikan Nila pada Stres Suhu dengan Pendekatan DESeq2

Nama : Qurrotu Aini Syafaq
NIM : C1401211077

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Ir. Dinar Tri Soelistyowati, DEA



Pembimbing 2:
Prof. Dr. Alimuddin, S.Pi, M.Sc



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Alimuddin, S.Pi, M.Sc.
NIP 197001031995121000



Tanggal Ujian:
7 Juli 2025

Tanggal Lulus:

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 2024 sampai bulan Januari 2025 ini ialah analisis bioinformatika ekspresi gen diferensial akibat stres suhu, dengan judul “STUDI BIOINFORMATIKA: RE-ANALISIS RNA-SEQ EKSPRESI GEN DIFERENSIAL IKAN NILA PADA STRES SUHU DENGAN PENDEKATAN DESEQ2”.

Terima kasih penulis ucapkan sebesar-besarnya kepada tiap pihak yang telah berkontribusi dalam masa perkuliahan dan penyusunan karya ilmiah akhir ini:

1. Ibu Dr. Ir. Dinar Tri Soelistyowati, DEA, dan Prof. Dr. Alimuddin, S.Pi, M.Sc, selaku dosen pembimbing tugas akhir, atas penerimaan judul penelitian ini, kesediaan untuk senantiasa siap meluangkan waktu, serta perhatian pada setiap detail yang membantu menyempurnakan karya ini. Terima kasih atas ilmu, arahan, dan koreksi yang tulus sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Ibu Dr. Ir. Yani Hadiroseyani, MM, dan Ibu Kurnia Anggraini Rahmi, S.Pi, M.Sc, selaku dosen pembimbing akademik, atas arahan, dukungan, dan perhatian yang tulus selama saya menempuh proses akademik, yang telah menjadi bekal berharga dalam perjalanan studi saya di kampus ini.
3. Ibu Jivva Widya Mahardhika, Bapak Budi Santoso (alm.), Bapak Paulus Kurniawan, Opa Djoko Sujono, Oma Susanti, Mas Tito (alm.), Adik Tcaimovsky (Cimo), dan semua orang yang hadir dalam kehidupan saya, baik secara lahir maupun batin, atas cinta, doa yang tak pernah putus, serta dukungan moral dan materi yang menjadi kekuatan utama dalam menyelesaikan studi ini.
4. Institusi dan individu penyedia dukungan beasiswa, yaitu Pakde Ir. Budi Harto, S.T., M.M., atas bantuan finansial dan dukungan semangat yang sangat berarti, serta Pertamina Foundation, donator BDP Peduli UKT, Alumni FPIK IPB University, dan Tim Adkesmah IPB University, yang telah membantu kelancaran studi saya melalui bantuan beasiswa dan advokasi.
5. Bapak Marjanta, Ibu Yuli Rohmalia, dan Bapak Iswadi, staf Tata Usaha BDP, atas segala bantuan administratif yang sangat memudahkan, terutama ketika saya mengalami kendala kehadiran dan administrasi, terima kasih atas kesabaran serta kebaikannya.
6. Ibu Lina Mulyani, Bang Yudha Hanggara, serta rekan-rekan di Laboratorium Reproduksi dan Genetika Ikan, atas kerja sama, bantuan teknis, diskusi, dan suasana belajar yang mendukung selama proses penelitian berlangsung.
7. Seluruh dosen dan staf BDP, FPIK, Ditmawa, dan IPB University, atas ilmu, arahan, dan semangat yang diberikan selama masa perkuliahan.
8. Dosen dan rekan asisten Fisrep, Bapak Fajar Maulana, S.Pi., M.Si., serta rekan-rekan: Luthfi, Aqil, Bimo, Agies, Pirdan, Raesya, Elia, Nurul, Alvi, Bang Jo, Kak Cut, atas ilmu, bantuan, dan kebersamaan yang telah memperkaya pengalaman belajar saya.

9. Teman-teman satu bimbingan saya, Egi, Jeya, dan Evan, atas kebersamaan, tukar pikiran, serta dukungan moril yang saling menguatkan dalam melewati masa bimbingan, meski saya selalu sulit diajak untuk bimbingan.
10. Sahabat berjuang sejak awal hingga kini, Kalfin Manurung, serta kawan-kawan terdekat saya: Raka, Dannyel, Fathan, Zidan, Alya, Mutiara, Ilham, yang senantiasa menjadi tempat berbagi semangat, cerita, dan dukungan emosional dalam proses panjang ini.
11. Rekan-rekan organisasi dan Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) di Teater Biru, Koran Kampus IPB, HopeHelps LC IPB, INARI IPB, Hangari Korean Club, BeWithYou/Yayasan Pemuda Setara, dan Depok Lingua; khususnya Himpunan Mahasiswa Akuakultur (Bang Ichad, Bang Nando, Shabrina, Risty, Tristan, Fardan, dan Faiz) dan IPB Debating Community (Jojo, Riyadh, dan Gilang) yang telah memberikan ruang tumbuh, wawasan, dan jaringan pertemanan yang memperkaya pengalaman selama masa kuliah.
12. Teman-teman seperjuangan angkatan saya, Paguyuban Ikan Gemoi (BDP 58), atas kebersamaan, kerja sama, dan semangat saling mendukung dalam menghadapi dinamika kehidupan kampus.
13. Rekan-rekan di kelas *fast-track* SINERGI IPB yang senantiasa saling *support* untuk meningkatkan *progress* satu sama lain, semoga kita semua dapat lulus tepat waktu di jenjang ini maupun berikutnya.
14. Pihak-pihak pendukung lainnya, yang telah membantu dalam pelaksanaan eksperimen serta proses analisis bioinformatika.
15. Dan semua individu yang pernah hadir dalam hidup saya dan tidak dapat disebutkan satu per satu, baik di dalam ataupun di luar kampus, atas kontribusi secara langsung maupun tidak langsung, sedikit ataupun banyak, dalam penyusunan karya ilmiah ini.

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

Bogor, Agustus 2025

Qurrotu Aini Syafaq

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	viii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>)	4
2.2 Analisis Ekspresi Gen Diferensial (DEG)	6
2.3 DESeq2 (Pendekatan Analisis Bioinformatika)	8
III METODE	10
3.1 Waktu dan Tempat	10
3.2 Metode Penelitian	10
3.3 Parameter Uji	18
3.4 Analisis Data	18
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Hasil	23
4.2 Pembahasan	32
V SIMPULAN DAN SARAN	42
5.1 Simpulan	42
5.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
RIWAYAT HIDUP	50

DAFTAR TABEL

1	Tabel 1. Jenis metode statistik untuk analisis DEG	7
2	Tabel 2. Data <i>run</i> RNA-seq organ hati ikan nila	10
3	Tabel 3. Penelitian terdahulu terkait analisis bioinformatika data RNA-Seq sebagai acuan prosedur kerja	11
4	Tabel 4. Ringkasan hasil evaluasi kualitas data dari FastQC	23
5	Tabel 5. Ringkasan hasil kuantifikasi ekspresi gen	25
6	Tabel 6. Hasil BLAST pseudogen pada beberapa spesies ikan	34
7	Tabel 7. Perbandingan hasil penelitian dan hasil re-analisis	37
8	Tabel 8. Perbandingan prosedur penelitian terdahulu dan re-analisis	37

DAFTAR GAMBAR

1	Ikan nila (<i>Oreochromis niloticus</i>)	4
2	Diagram alir prosedur kerja penelitian	11
3	Halaman <i>tools</i> koleksi dan konversi data di Galaxy	14
4	Contoh hasil analisis FastQC	15
5	Halaman <i>tools trimming</i> Trimmomatic pada Galaxy	15
6	Halaman <i>tools alignment</i> HISAT2 di Galaxy	16
7	Contoh hasil kuantifikasi <i>featureCounts</i>	18
8	Halaman situs <i>g:Profiler</i>	21
9	Plot Principal Component Analysis (PCA) berdasarkan ekspresi gen terstandarisasi pada sampel kelompok kontrol dan perlakuan stres suhu	26
10	<i>Heatmap</i> jarak antar sampel berdasarkan nilai ekspresi gen yang dinormalisasi (<i>sample-to-sample distance</i>) menggunakan metode <i>Euclidean distance</i>	27
11	Plot dispersi antara rata-rata ekspresi gen (<i>mean normalized count</i>) dengan nilai dispersi (<i>dispersion estimates</i>) beserta garis <i>fit</i> model negatif binomial	28
12	Histogram distribusi nilai <i>p</i> dari hasil uji ekspresi gen diferensial menggunakan <i>DESeq2</i>	29
13	Plot MA yang menunjukkan distribusi <i>log₂ fold change</i> terhadap rata-rata ekspresi gen (<i>baseMean</i>) dengan penandaan gen signifikan (warna merah) pada ikan nila yang mengalami stres suhu dibandingkan dengan kontrol	29
14	<i>Surface plot</i> distribusi nilai ekspresi gen hasil <i>filtering</i> pada ikan nila (<i>O. niloticus</i>) setelah analisis diferensial menggunakan metode <i>DESeq2</i>	30
15	Analisis <i>enrichment</i> fungsional gen diferensial (DEG) pada ikan nila yang terkena stres suhu	31