EFEKTIVITAS SPEKTRUM CAHAYA LAMPU LED TERHADAP KUALITAS WARNA DAN PERTUMBUHAN IKAN NEON TETRA (*Paracheirodon innesi*)

BIMA SWANTO SIMATUPANG

PROGRAM MAGISTER ILMU AKUAKULTUR
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026

IPB University
Bogor Indonesia
@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.
IPB University
Perpustakaan IPB University

@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

IPB University
Bogor Indonesia

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul "Efektivitas Spektrum Cahaya Lampu LED terhadap Kualitas Warna dan Pertumbuhan Ikan Neon Tetra (*Paracheirodon innesi*)" 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 tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2026

Bima Swanto Simatupang
C1501241001

@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.
Perpustakaan IPB University

@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

IPB University
Bogor Indonesia
@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.
IPB University
Perpustakaan IPB University

RINGKASAN

BIMA SWANTO SIMATUPANG. Efektivitas Spektrum Cahaya Lampu LED terhadap Kualitas Warna dan Pertumbuhan Ikan Neon Tetra (*Paracheirodon innesi*). Dibimbing oleh KUKUH NIRMALA, EDDY SUPRIYONO, dan WIDANARNI.

Budidaya ikan hias merupakan salah satu sektor yang memiliki potensi ekonomi yang besar dan terus berkembang di Indonesia sebagai salah satu eksportir ikan hias terbesar dunia. Ikan hias tropis menyumbang pangsa pasar yang signifikan dengan nilai ekspor yang terus meningkat setiap tahun, menjadikan komoditas ini sebagai andalan dalam perekonomian perikanan nasional. Salah satu jenis ikan hias yang populer dan banyak dibudidayakan adalah ikan neon tetra (*Paracheirodon innesi*), yang berasal dari Amerika Selatan dan menjadi unggulan dalam ekspor ikan hias Indonesia, khususnya di sentra produksi kawasan Jabodetabek. Budidaya ikan hias neon tetra (*Paracheirodon innesi*) menghadapi tantangan utama berupa kualitas warna yang kurang cerah sehingga menurunkan daya tarik pasar dan nilai ekonominya. Kualitas warna ikan sangat dipengaruhi oleh jumlah dan sebaran sel kromatofor yang berkaitan erat dengan kondisi pencahayaan selama pemeliharaan. Paparan cahaya yang tidak sesuai dapat menyebabkan stres fisiologis pada ikan, yang pada akhirnya menurunkan kualitas warna serta pertumbuhan. Oleh karena itu, manipulasi spektrum cahaya dengan menggunakan lampu LED menjadi salah satu teknologi yang dapat diterapkan untuk meminimalkan stres dan meningkatkan kualitas warna sekaligus mendukung pertumbuhan ikan neon tetra dalam budidaya.

Penelitian ini bertujuan mengkaji efektivitas berbagai spektrum cahaya LED terhadap kualitas warna dan pertumbuhan ikan neon tetra dengan metode eksperimental menggunakan rancangan acak lengkap. Spektrum cahaya yang diuji meliputi lampu LED putih, merah, hijau, biru, serta kontrol cahaya ruang dengan intensitas cahaya yang sama. Eksperimen menggunakan rancangan acak lengkap dengan lima perlakuan spektrum cahaya yaitu kontrol (cahaya ruang), lampu LED putih (465 nm dan 550 nm), merah (625 nm), hijau (525 nm), dan biru (470 nm) dengan tiga ulangan. Sebanyak 50 ekor ikan neon tetra dipelihara dalam akuarium berukuran 40x50x40 cm^3selama 45 hari pada intensitas cahaya 550 lux. Parameter yang diamati meliputi kualitas warna berbasis Analisisis RGB dan Total Color Index (TCI), distribusi sel kromatofor, responss fisiologis berupa kadar glukosa plasma, aktivitas enzim *superoksida dismutase* (SOD), kadar *malondialdehida* (MDA), serta performa pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan. Data dianalisisis menggunakan Anova satu arah yang dilanjut dengan uji Duncan pada taraf nyata 5%.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan spektrum cahaya lampu LED secara signifikan memengaruhi kualitas warna, responss fisiologis, dan pertumbuhan ikan neon tetra (*Paracheirodon innesi*). Spektrum cahaya LED merah terbukti sebagai perlakuan terbaik yang mampu meningkatkan kualitas warna ikan berdasarkan nilai RGB dan *Total Color Index* (TCI) tertinggi, serta menghasilkan kepadatan sel kromatofor yang paling banyak dibandingkan spektrum lain seperti LED putih, biru, hijau, maupun kontrol cahaya ruang. Peningkatan jumlah sel kromatofor ini berkaitan erat dengan ekspresi pigmen warna yang lebih optimal, sehingga memberikan warna tubuh ikan yang lebih cerah dan menarik secara visual.

Dari aspek fisiologis, perlakuan lampu LED merah juga menunjukkan penurunan kadar glukosa plasma, aktivitas enzim *superoksida dismutase* (SOD), dan *malondialdehida* (MDA), yang mengindikasikan tingkat stres yang lebih rendah pada ikan neon tetra dibandingkan perlakuan lain. Hal ini memperlihatkan bahwa spektrum cahaya ini tidak hanya meningkatkan aspek visual tetapi juga mendukung kondisi kesehatan dan kesejahteraan ikan selama pemeliharaan.

Meskipun demikian, dari segi pertumbuhan, spektrum LED biru, merah, dan putih tidak berbeda secara signifikan berdasarkan laju pertumbuhan spesifik, bobot mutlak, dan panjang mutlak ikan neon tetra. Kelangsungan hidup ikan mencapai angka 100% di semua perlakuan, dan tidak terdapat perbedaan signifikan dalam konsumsi pakan, menunjukkan bahwa intensitas dan spektrum cahaya yang digunakan tidak berdampak negatif pada kelangsungan hidup maupun nafsu makan ikan.

Kualitas air selama pemeliharaan tetap stabil dan berada dalam rentang optimal, sehingga tidak menjadi faktor pembatas pertumbuhan atau kualitas warna ikan selama penelitian. Spektrum cahaya LED merah bekerja dengan cara merangsang sistem neuroendokrin ikan, mengatur sintesis pigmen serta morfogenesis sel kromatofor, dan meningkatkan konsentrasi pigmen pada kulit ikan. Selain itu, spektrum cahaya juga berperan dalam mengoptimalkan ekspresi gen yang berkaitan dengan pertumbuhan melalui aktivasi faktor hormon pertumbuhan dan faktor pertumbuhan insulin-like, meskipun efek pertumbuhan tidak selalu signifikan antar perlakuan spektrum cahaya dalam penelitian ini.

Kesimpulannya, manipulasi spektrum cahaya lampu LED, khususnya spektrum merah, merupakan strategi efektif untuk meningkatkan kualitas warna dan mendukung pertumbuhan ikan neon tetra dalam budidaya ikan hias. Penelitian ini memberikan dasar ilmiah bagi pengaplikasian teknologi pencahayaan LED dalam meningkatkan nilai estetika dan kesehatan ikan hias secara efisien dan ramah lingkungan. Rekomendasi untuk penelitian lanjutan meliputi evaluasi ketahanan warna ikan setelah penghentian paparan cahaya LED agar dapat diterapkan secara lebih tepat pada skala budidaya dan industri ikan hias yang berkelanjutan.

Kata kunci: Kualitas warna, *Paracheirodon innesi*, sel kromatofor, spektrum cahaya LED.

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
IPB University
Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia
@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.
IPB University
Perpustakaan IPB University

SUMMARY

BIMA SWANTO SIMATUPANG. Effectiveness of LED Light Spectra on Color Quality and Growth Performance of Neon Tetra (*Paracheirodon innesi*). Supervised by KUKUH NIRMALA, EDDY SUPRIYONO, and WIDANARNI.

The ornamental fish industry is one of the fastest growing aquaculture sectors and represents a valuable export commodity for Indonesia, one of the world's leading exporters of ornamental fish. Tropical ornamental fish account for a substantial share of the international market, with export values increasing steadily each year. Among these species, the neon tetra (*Paracheirodon innesi*), native to South America, has become one of the most commercially important ornamental fish cultured in Indonesia, particularly in the Jabodetabek production region. However, the culture of neon tetra is constrained by suboptimal body coloration, which reduces its market appeal and economic value. Fish coloration is largely determined by the abundance and distribution of chromatophore cells, both of which are strongly influenced by environmental lighting conditions. Inappropriate light exposure may induce physiological stress, leading to impaired pigmentation and reduced growth performance. Therefore, manipulating light spectra using light-emitting diode (LED) technology has emerged as a promising approach to minimize stress while enhancing body coloration and growth in ornamental fish culture.

This study evaluated the effectiveness of different LED light spectra on the coloration, physiological responsses, and growth performance of neon tetra (*Paracheirodon innesi*). A completely randomized design was employed with five lighting treatments consisting of a control (ambient room light), white LED (465 and 550 nm), red LED (625 nm), green LED (525 nm), and blue LED (470 nm), each with three replicates. Fifty fish were reared in 40 × 50 × 40 cm aquaria for 45 days under a light intensity of 550 lux. The evaluated parameters included color quality based on RGB analysis and the Total Color Index (TCI), chromatophore cell distribution, physiological responsses represented by plasma glucose concentration, *superoxide dismutase* (SOD) activity, malondialdehyde (MDA) concentration, growth performance, and survival rate. Data were analyzed using one-way analysis of variance (ANOVA), followed by Duncan's multiple range test at a 5% significance level.

The results demonstrated that LED light spectra significantly affected body coloration, physiological responsses, and growth performance of neon tetra. Red LED illumination produced the highest RGB values and Total Color Index (TCI), accompanied by the greatest chromatophore cell density compared with white, blue, green, and control treatments. The increased chromatophore density enhanced pigment expression, resulting in brighter and more visually attractive body coloration. From a physiological perspective, fish exposed to red LED light exhibited lower plasma glucose, *superoxide dismutase* (SOD) activity, and malondialdehyde (MDA) concentrations, indicating reduced physiological stress relative to the other treatments. These findings suggest that red LED illumination improves not only external coloration but also fish health and welfare during culture.

In terms of growth performance, no significant differences were observed among the blue, red, and white LED treatments with respect to specific growth rate, absolute weight gain, and absolute length gain. Survival reached 100% across all

treatments, while feed consumption did not differ significantly, indicating that the applied light spectra and intensity did not adversely affect feeding activity or survival. Water quality remained within the optimal range throughout the experimental period and therefore did not limit fish growth or coloration.

The beneficial effects of red LED illumination are likely associated with stimulation of the neuroendocrine system, regulation of pigment synthesis and chromatophore morphogenesis, and enhancement of pigment accumulation in the skin. In addition, light spectra may influence the expression of genes involved in growth regulation through activation of growth hormone and insulin-like growth factor signaling pathways, although growth responsses were not consistently different among light treatments in the present study.

In conclusion, manipulation of LED light spectra, particularly red LED illumination, represents an effective strategy for improving body coloration while supporting the growth and physiological condition of neon tetra in ornamental fish culture. These findings provide a scientific basis for applying LED lighting technology to enhance the aesthetic quality, health, and commercial value of ornamental fish in an efficient and environmentally sustainable manner. Future studies should investigate the persistence of color enhancement after the cessation of LED exposure to optimize its practical application in commercial ornamental fish production.

Keywords: color quality, chromatophores, LED light spectrum, *Paracheirodon innesi*.

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
IPB University
Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia
@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.
IPB University
Perpustakaan 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.

@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

EFEKTIVITAS SPEKTRUM CAHAYA LAMPU LED TERHADAP KUALITAS WARNA DAN PERTUMBUHAN IKAN NEON TETRA (*Paracheirodon innesi*)

BIMA SWANTO SIMATUPANG

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains pada
Program Studi llmu Akuakultur

PROGRAM MAGISTER ILMU AKUAKULTUR
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026

IPB University
Bogor Indonesia
@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.
IPB University
Perpustakaan IPB University

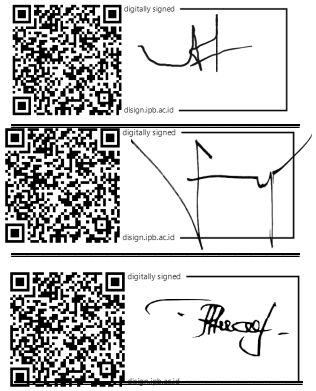
Tim Penguji pada Ujian Tesis:

1 Dr. Dinar Tri Soelistyowati, D.E.A
2 Prof. Dr. Ir. Iis Diatin, M.M.

IPB University
Bogor Indonesia
@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.
Perpustakaan IPB University

Judul Tesis	:	Efektivitas Spektrum Cahaya LED terhadap Kualitas Warna dan Pertumbuhan Ikan Neon Tetra (*Paracheirodon innesi*)
Nama	:	Bima Swanto Simatupang
NIM	:	C1501241001

Disetujui oleh



Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Kukuh Nirmala, M.Sc

Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. Eddy Supriyono, M.Sc.

Pembimbing 3:
Prof. Dr. Ir. Widanarni, M.Si.

Diketahui oleh



Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Ir. Widanarni, M.Si.
NIP 196709271994032001

Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan :
Dr. Beginer Subhan, S.Pi, M.Si.
NIP 198001182005011003

Tanggal Ujian:
27 Juli 2026

Tanggal Lulus:

IPB University
Bogor Indonesia
@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.
IPB University
Perpustakaan IPB University

@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

IPB University
Bogor Indonesia
@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.
IPB University
Perpustakaan IPB University

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Mah Esa atas segala karunia-Nya sehingga tesis ini berhasil diselesaikan. Dengan bangga saya mempersembahkan penelitian dengan judul "Efektivitas Spektrum Cahaya LED terhadap Kualitas Warna dan Pertumbuhan Ikan Neon Tetra (*Paracheirodon innesi*)". Ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Seluruh Komisi Pembimbing, Bapak Prof. Dr. Ir. Kukuh Nirmala, M.Sc., Bapak Prof. Dr. Ir. Eddy Supriyono, M.Sc., dan Ibu Prof. Dr. Ir. Widanarni, M.Si., yang telah memberikan arahan, motivasi dan dukungan kepada penulis dalam penyusunan tesis ini,
2. Keluarga tercinta di rumah, Istri tercinta Masnauli Pratiwi Sitompul dan anak panggoaran Zevano Biprason Simatupang yang memberikan dukungan serta doa kepada penulis.
3. Sahabat di Bogor yang telah membantu penulis, Izmu Zamzami, M. Azhari, Farel Al-Fazriansah dan Riana Citra Dewi.
4. Beasiswa Kemenkeu LPDP yang telah membiayai kuliah magister saya hingga lancar terlaksana dari awal hingga akhir ini.
5. Pemerintah Kota Depok yang memberikan izin Tugas Belajar kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih terdapat keterbatasan sehingga dalam penulisan ini masih banyak kekurangan. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat di kemudian hari. Amin.

Bogor, Agustus 2026

Bima Swanto Simatupang
C1501241001

@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

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL		xiv
DAFTAR GAMBAR		xiv
DAFTAR LAMPIRAN		xiv
I	PENDAHULUAN	1
	1.1 Latar Belakang	1
	1.2 Rumusan Masalah	3
	1.3 Tujuan	3
	1.4 Manfaat	3
	1.5 Hipotesis	3
II	METODE	4
	2.1 Waktu dan Tempat Penelitian	4
	2.2 Materi Uji	4
	2.3 Rancangan Percobaan	4
	2.4 Pelaksanaan Penelitian	4
	2.5 Parameter Uji	5
	2.6 Analisis Data	8
III	HASIL DAN PEMBAHASAN	9
	3.1 Hasil	9
	3.2 Pembahasan	13
IV	SIMPULAN DAN SARAN	19
	4.1 Simpulan	19
	4.2 Saran	19
DAFTAR PUSTAKA		20
LAMPIRAN		25
RIWAYAT HIDUP		34

IPB University
Bogor Indonesia
@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.
IPB University
Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia

DAFTAR TABEL

1 Puncak panjang gelombang spektrum cahaya lampu LED yang digunakan 4
2 Kualitas warna berbasis RGB pada ikan neon tetra (*Paracheirodon innesi*) yang dipelihara pada spektrum cahaya LED berbeda selama masa pemeliharaan. 11
3 Kepadatan sel kromatofor ikan neon tetra (Paracheirodon innesi) yang dipelihara pada spektrum cahaya LED berbeda selama masa pemeliharaan. 12
4 Kinerja pertumbuhan ikan neon tetra (*Paracheirodon innesi*) yang dipelihara pada spektrum cahaya LED berbeda selama masa pemeliharaan. 13
5 Kualitas air pemeliharaan ikan neon tetra (*Paracheirodon innesi*) pada spektrum cahaya LED berbeda. 13

@Hak cipta milik IPB University

DAFTAR GAMBAR

1 Puncak panjang gelombang spektrum cahaya lampu LED yang digunakan 4
2 Kualitas warna berbasis RGB pada ikan neon tetra (*Paracheirodon innesi*) yang dipelihara pada spektrum cahaya LED berbeda selama masa pemeliharaan. 11
3 Kepadatan sel kromatofor ikan neon tetra (Paracheirodon innesi) yang dipelihara pada spektrum cahaya LED berbeda selama masa pemeliharaan. 12
4 Kinerja pertumbuhan ikan neon tetra (*Paracheirodon innesi*) yang dipelihara pada spektrum cahaya LED berbeda selama masa pemeliharaan. 13
5 Kualitas air pemeliharaan ikan neon tetra (*Paracheirodon innesi*) pada spektrum cahaya LED berbeda. 13

DAFTAR LAMPIRAN

1 Analisis statistik kadar glukosa 25
2 Analisis statistik SOD 26
3 Analisis statistik MDA 27
4 Analisis statistik kualitas warna RGB 28
5 Analisis statistik jumlah sel kromatofor 30
6 Analisis statistik tingkat kelangsungan hidup dan pertumbuhan 32

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
Perpustakaan IPB University