

Abstract of thesis presented to the Senate of Universiti Malaysia Terengganu in fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy

**DEVELOPMENT OF AN INDOOR MULTI-TECHNO AQUACULTURE
SYSTEM WITH RAPID BIOFLOC FOR THE PRODUCTION OF PACIFIC
WHITELEG SHRIMP,
*Litopenaeus vannamei***

EDWARD TERHEMEN AKANGE

FEBRUARY 2025

Main Supervisor : Assoc. Prof. ChM. Ts. Nor Azman Kasan, PhD
Co-Supervisors : Hajar Rastegari, PhD
Olumide A. Odeyemi, PhD
Faculty/Institute : Institute of Tropical Aquaculture and Fisheries

In 2021, global aquaculture production reached 126 MT, valued at US\$296.5 billion. With overfishing limiting wild fish yields, aquaculture has become essential, particularly for intensive shrimp farming. This study aimed to develop and optimise the production conditions for *Litopenaeus vannamei* in an Indoor Multi-techno Aquaculture System (IMTAS). Two 84-day experiments were conducted at the Universiti Malaysia Terengganu. Experiment 1 (14 March–5 June 2023) optimised a conventional biofloc system using the Taguchi L9 method to establish control conditions for the IMTAS. Experiment 2 (2 August–17 October 2023) evaluated IoT-automated IMTAS, which comprised production, flocculation, and phytoremediation units. The IMTAS was tested for water quality and zootechnical and physiological parameters of *L. vannamei*. Nutrient profiles of floc residues and nutrient absorption capacity of *Caulerpa lentilifera* were also assessed. Experiment 1 optimised stocking density, C/N ratio, and probiotic dosage using the Taguchi L9 design and Grey Relational Analysis (GRA). Optimal conditions were stocking density of 200 shrimp/m³, C/N ratio of 15, and probiotic dosage of 14 ml/L. Experiment 2 evaluated IMTAS efficiency, showing that GRG 1 had optimal water quality conditions (total ammonia-nitrogen at 0.90±0.01 mg/L, nitrite at 0.42±0.01 mg/L, phosphate at 0.12±0.00 mg/L, dissolved oxygen at 6.92±0.08 mg/L, electrical conductivity at 44926±784 µS/cm, total dissolved solids at 27411±141 mg/L, salinity at 28.06±0.45

ppm, pH at 6.96 ± 0.05 , and temperature at $27.80 \pm 0.66^\circ\text{C}$). Gut microbial analysis also indicated that the *Pseudomonadaceae* family was most prevalent in the Control group, with a relative abundance of 0.80, as compared to 0.15 in GRG 1 and 0.02 in GRG 2, while *Vibrionaceae* was only present in the control group (relative abundance, 0.05). The transcriptome showed an up-regulation in genes controlling growth and immunity in GRG 1 and GRG 2. GRG 1 had significantly higher level of fatty acid essential and non-essential amino acids. *Caulerpa lentilifera* significantly improved water quality by absorbing pollutants, including nitrogen and phosphorus. *Caulerpa lentilifera* demonstrated high efficiency in nutrient storage and water quality improvement, demonstrating its role in wastewater remediation. This study confirms that IMTAS, particularly GRG 1 treatment, significantly enhanced shrimp growth while promoting efficient nutrient recycling and water quality management.

Abstrak tesis yang dikemukakan kepada Senat Universiti Malaysia Terengganu sebagai memenuhi keperluan untuk Ijazah Doktor Falsafah

**PEMBANGUNAN SISTEM AKUAKULTUR PELBAGAI-TEKNO
DALAMAN YANG DISATUKAN DENGAN BIOFLOK PANTAS UNTUK
PENGELUARAN UDANG PUTIH PASIFIK,
*Litopenaeus vannamei***

EDWARD TERHEMEN AKANGE

FEBRUARI 2025

Penyelia Utama : Profesor Madya ChM. Ts. Nor Azman Kasan, PhD

Penyelia Bersama : Hajar Rastegari, PhD

Olumide A. Odeyemi, PhD

Fakulti/Institut : Institut Akuakultur Tropika dan Perikanan

Pada tahun 2021, pengeluaran akuakultur global mencapai 126 MT yang bernilai AS\$296.5 bilion. Dengan penangkapan ikan berlebihan yang menghadkan hasil tangkapan ikan liar, menjadikan akuakultur lebih penting, terutamanya penternakan udang secara intensif. Kajian ini bertujuan untuk membangun dan mengoptimumkan pengeluaran *Litopenaeus vannamei* dalam Sistem Akuakultur Multi-teknologi Dalam (IMTAS). Dua eksperimen telah dijalankan selama 84 hari di Universiti Malaysia Terengganu. Eksperimen 1 (14 Mac – 5 Jun 2023) telah mengoptimumkan sistem bioflok secara konvensional menggunakan kaedah Taguchi L9 bagi mewujudkan keadaan kawalan untuk IMTAS. Eksperimen 2 (2 Ogos – 17 Oktober 2023) telah dijalankan untuk menilai kefungsi automasi-IoT IMTAS, yang terdiri daripada unit pengeluaran, penggumpalan dan fitoremediasi. IMTAS telah diuji untuk mengukur kualiti air, parameter zooteknik dan fisiologi *L. vannamei*. Profil nutrien sisa flok dan kapasiti penyerapan nutrien *Caulerpa lentilifera* juga telah dinilai. Eksperimen 1 telah dijalankan bagi mengoptimumkan kepadatan stok, nisbah C/N dan dos probiotik menggunakan rekabentuk Taguchi L9 dan *Grey Relational Analysis* (GRA). Keadaan optimum didapati pada kepadatan 200 ekor udang/m³, nisbah C/N 15, dan dos probiotik 14 ml/L. Eksperimen 2 telah dijalankan bagi menilai kecekapan IMTAS, yang menunjukkan *Grey Relational Grade* (GRG) 1 mempunyai keadaan kualiti air yang optimum (jumlah ammonia-nitrogen 0.90±0.01 mg/L, nitrit 0.42±0.01

mg/L, fosfat 0.12 ± 0.00 mg/L, oksigen terlarut 6.92 ± 0.08 mg/L, kekonduksian elektrik 44926 ± 784 μ S/cm, jumlah pepejal terlarut 27411 ± 141 mg/L, kemasinan 28.06 ± 0.45 ppm, pH 6.96 ± 0.05 , dan suhu 27.6°C). Analisis mikrob di usus juga menunjukkan bahawa keluarga *Pseudomonadaceae* adalah paling banyak dalam kumpulan Kawalan, dengan kelimpahan relatif 0.80, berbanding 0.15 dalam GRG 1 dan 0.02 dalam GRG 2, manakala *Vibrionaceae* hanya terdapat dalam kumpulan Kawalan (kelimpahan relatif, 0.05). Transkriptomik menunjukkan peraturan-menaik dalam gen yang mengawal pertumbuhan dan imuniti dalam GRG 1 dan GRG 2. GRG 1 mempunyai tahap asid amino penting dan asid amino tidak penting yang lebih tinggi. *C. lentilifera* telah meningkatkan kualiti air dengan menyerap bahan pencemar, termasuk nitrogen dan fosforus. *C. lentilifera* menunjukkan kecekapan tinggi dalam penyimpanan nutrien dan peningkatan kualiti air, menunjukkan peranannya dalam pemulihan air sisa. Kajian ini mengesahkan bahawa IMTAS, terutamanya dalam rawatan GRG 1, telah meningkatkan pertumbuhan udang yang signifikan, disamping menggalakkan kitar semula nutrien dan pengurusan kualiti air yang efisien.