



FEAT JOURNAL

FARM ENGINEERING AND AUTOMATION TECHNOLOGY JOURNAL

วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ

ระบบควบคุมคุณภาพน้ำในบ่อพักกุ้งโดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

Water Quality Control System in Shrimp Pond Using Internet of Things

อติราช สุขสวัสดิ์¹⁾ เฉลิมวุฒิ น้อยอุ่นแสน¹⁾ ปิยะนุช ตั้งกิตติพล¹⁾ และจักรพนธ์ อบมา^{1*)}Atirarj Suksawad¹⁾ Chaluemwut Noyunsan¹⁾ Piyanuch Tangkittipon¹⁾ Jagraphon Obma^{1*)}¹⁾ สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น^{1*)} Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology

ISAN Khonkaen Campus

Received: 8 October 2022

Revised: 2 November 2022

Accepted: 7 November 2022

Available online: 23 June 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอระบบควบคุมคุณภาพน้ำในบ่อพักกุ้งโดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อควบคุมแบบอัตโนมัติในการให้อาหาร แร่ธาตุ ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ โดยใช้ตัวรับรู้ค่า TDS, PH และอุณหภูมิส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต แสดงผลผ่านจอ LCD และสั่งการ แบนพิมพ์หน้าบ่อกุ้ง และเว็บแอปพลิเคชัน จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 สั่งการอุปกรณ์ควบคุมบ่อกุ้งและทำงานร่วมกับ Raspberry pi เพื่อเชื่อมต่อสู่ Platform Thingsboard การทดสอบความถูกต้องของค่าที่วัดได้จาก Temperature Sensor, TDS Sensor, และ PH Sensor กับอุปกรณ์เครื่องมือวัดมาตรฐานจากการทดสอบ พบว่าเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาดที่เกิดจากตัวรับรู้ค่าอุณหภูมิ, ตัวรับรู้ค่า TDS, และ ตัวรับรู้ค่า PH เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดมาตรฐานตามช่วงเวลา 1 วัน เป็นจำนวน 10 ครั้ง ตัวรับรู้ค่าอุณหภูมิมีค่าความผิดพลาดเท่ากับ 0.4 เปอร์เซ็นต์, ตัวรับรู้ค่า TDS มีค่าความผิดพลาดเท่ากับ 1.4 เปอร์เซ็นต์, และ ตัวรับรู้ค่า PH มีค่าความผิดพลาดเท่ากับ 1.32 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: ระบบควบคุมคุณภาพน้ำ บ่อพักกุ้ง อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

Abstract

This research presents a water quality control system in shrimp pond using Internet of Things to automatically control the feeding of nutrients, minerals, adjust PH and temperature sensors by using TDS, PH and temperature sensors to transmit data over the internet to show the status on an LCD screen and controlled by a keyboard placed in front of the shrimp pond. The web application uses an ESP32 microcontroller to operate a shrimp pond controller and works with a Raspberry pi connected to the Thingsboard Platform. The accuracy test of the measured values from the temperature sensor, TDS sensor, and PH sensor compared with the standard instrumentation devices ten times throughout the period of one day found that the percentage of the error caused by the temperature sensor was 0.4 percent, the TDS sensor had an error of 1.4 percent, and the PH sensor had an error of 1.32 percent.

Keywords: Water Quality Control System: Shrimp Pond: Internet of Things

*ติดต่อ: jagraphon.ob@rmuti.ac.th, 089-445-6171

1. บทนำ

เกษตรกรของประเทศไทยมีการเพาะเลี้ยงกุ้งนำไปขายเพื่อการบริโภคของคนในประเทศและส่งออกต่างประเทศ เพื่อให้ทันกับความต้องการของผู้บริโภคในแต่ละช่วงแต่ละฤดูกาล [1] สร้างรายได้ให้เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงกุ้งและรายได้ให้กับประเทศไทยอย่างเป็นรูปธรรม แต่การเพาะเลี้ยงกุ้งยังมีข้อจำกัดตั้งแต่สภาพดิน สภาพภูมิอากาศ สภาพแวดล้อม สภาพน้ำ [2] มีสารเจือปนในกุ้งจากแหล่งน้ำเสียจากชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม [3] เกษตรกรบางกลุ่มจึงนิยมเลี้ยงกุ้งในบ่อปิดเพื่อป้องกันเหตุปัจจัยดังกล่าว เพราะสามารถควบคุมอากาศ แร่ธาตุ ค่าความเป็นกรด-ด่าง อาหารตามที่ต้องการ มีผลทำให้กุ้งเจริญเติบโตเร็วขึ้น น้ำหนัก

กุ้งที่มากขึ้น สิ่งเหล่านี้มีผลต่อรายได้ของเกษตรกร ทั้งสิ้นจากการศึกษางานวิจัยการเลี้ยงกุ้งในบ่อปิด และพัฒนาการบริหารจัดการบ่อกุ้งบนบก [4] ที่เน้นในการปรับปรุงคุณภาพน้ำตั้งแต่การเลือกวัสดุพื้นดินเพื่อดูดซับแอมโมเนียที่ทำให้มีผลต่อคุณภาพของน้ำ แต่การเฝ้าระวังเรื่องค่าต่าง ๆ ในน้ำมีความจำเป็นต้องใช้ระบบหรือตัวรับรู้ค่า pH อากาศ แร่ธาตุ ในน้ำเพื่อเฝ้าระวังอย่างต่อเนื่อง [5] มีการพัฒนาระบบการควบคุมคุณภาพน้ำผ่านการส่งสัญญาณผ่านระบบเครือข่ายไร้สายหรือส่งข้อมูลผ่านโมดูล Zigbee สามารถเฝ้าระวังและควบคุมค่าอากาศ ค่าความเป็นกรด - ด่าง และอุณหภูมิ [6-7] แต่ระบบดังกล่าวยังไม่สามารถเชื่อมต่อระบบเข้าสู่เครือข่าย

อินเตอร์เน็ตเพื่อเป็นการเพิ่มศักยภาพในการเฝ้าระวัง ควบคุม และเก็บฐานข้อมูลอย่างเป็นระบบ

มีนักวิจัยที่พัฒนาระบบจัดการคุณภาพน้ำผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตที่สามารถเฝ้าระวังและควบคุมค่าอากาศ ค่า PH แร่ธาตุในน้ำ และนำข้อมูลเก็บลงในฐานข้อมูล [8] โดยเรียกเทคโนโลยีนี้ว่า อินเตอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งหรือ IOT [9-10] ที่สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ เช่น มอเตอร์ ตัวรับรู้ หรือ อุปกรณ์ที่สามารถควบคุมอัตโนมัติผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์สู่เครือข่ายอินเตอร์เน็ตสามารถเฝ้าระวัง ควบคุม ได้ทุกที่ทั่วโลกที่มีเครือข่ายอินเตอร์เน็ต โดยนักวิจัยบางกลุ่มได้นำมาเฝ้าระวังและปรับปรุงคุณภาพน้ำของฟาร์มบ่อปลาผ่าน IOT [11-12] โดยเฝ้าระวังและควบคุม อุณหภูมิ แสงสว่าง ผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตโดยส่งข้อความผ่านโทรศัพท์มือถือและแอปพลิเคชันไลน์ และเก็บข้อมูลลงในฐานข้อมูล โดยมีนักวิจัยที่นำเทคโนโลยีนี้มาเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการในบ่อกุ้งเพื่อลดการใช้ค่าไฟ [13]

จากการปริทัศน์วรรณกรรมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงหรือปรับสมดุลในน้ำแบบอัตโนมัติจึงได้ศึกษางานวิจัยเรื่องระบบควบคุมสมดุลน้ำอัตโนมัติในบ่อกุ้งโดยใช้อินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่ง โดยศึกษาจากกึ่งกำหนดการ เป็นการควบคุมและเฝ้าระวังมีค่าที่เกี่ยวข้องคือค่า PH อยู่ระหว่าง PH 7 – 8.5 , ค่า TDS (Total dissolved solids) คือการวัดปริมาณของแข็ง สารอนินทรีย์และอินทรีย์ทั้งหมดที่ละลายอยู่ในน้ำอยู่ระหว่าง 80-150 mg/l อุณหภูมิในน้ำช่วงระหว่าง 28-31 องศาเซลเซียส ที่ส่งผลต่อการลอกคราบ การเจริญเติบโตของกุ้ง โดยให้อากาศ (Oxygen) และวนน้ำในระบบตลอดเวลา เฝ้าระวัง

และควบคุมผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต เพื่อความสะดวก และควบคุมปัจจัยให้ผลผลิตของสัตว์น้ำให้มีคุณภาพเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงกุ้งต่อไป

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบตัวรับรู้ 3 ค่าคือ การวัดปริมาณของแข็ง สารอนินทรีย์และอินทรีย์ทั้งหมดที่ละลายอยู่ในน้ำ (TDS) , การวัดค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำ (PH) และอุณหภูมิ เริ่มจากค่า TDS แปรผันตรงกับ Electrical Conductivity หรือ EC และค่า EC มีค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ ดังสมการที่ 1

$$TDS = KE \times EC \quad (1)$$

โดยที่

EC = ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย mS/cm

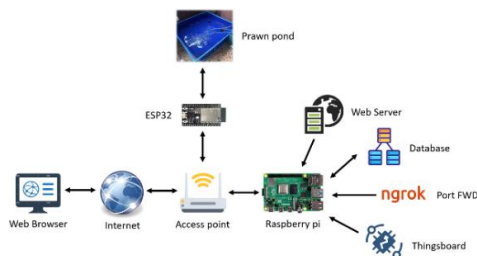
KE = ค่าคงที่ระหว่าง EC กับ TDS มีค่า = 0.5

ต่อมาเป็นค่า PH ที่เป็นค่าแสดงความเป็นกรดและด่างโดยค่าที่มีผลต่อการดำรงชีวิตต่อสัตว์น้ำ ตั้งแต่ PH 6.5 -9.0 ค่าความเป็นกรดและด่างแสดง ความเข้มข้นของไฮโดรเจน (H^+) หรือไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+) ค่าลบลอการิทึมของผลรวมไฮโดรเจน ไฮโดรเจน ดังสมการที่ 2

$$pH = -\log [H^+] \quad (2)$$

เมื่อ H^+ = ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนในหน่วยโมลต่อลิตร

2.2 การออกแบบระบบและโครงสร้าง



รูปที่ 1 การออกแบบระบบ

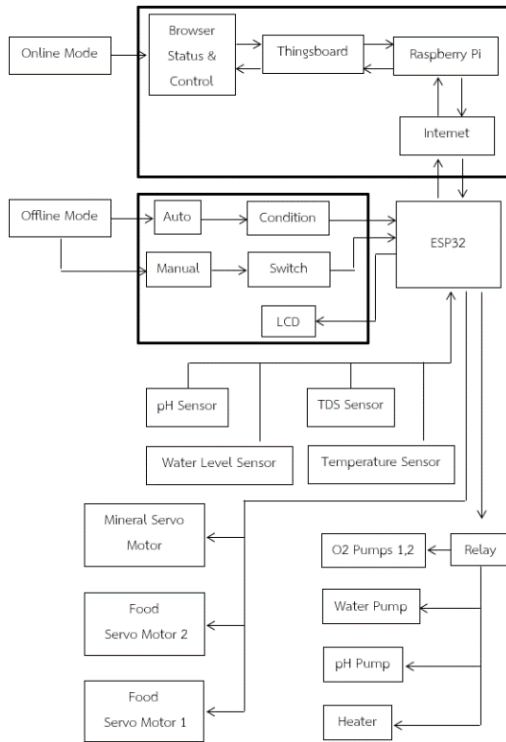
การออกแบบระบบใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ควบคุมตัวรับรู้ค่า TDS ชุดโมดูล SEN-0244 , ตัวรับรู้ค่า PH ชุดโมดูล E-201-C, บั๊มน้ำ , มอเตอร์ให้สารอาหาร และแร่ธาตุ, ตัวรับรู้ค่าอุณหภูมิ DS18B20 ตัวทำความร้อนและบั๊มน้ำ โดยควบคุมแบบอัตโนมัติ รับ-ส่งข้อมูลผ่านไปยัง Raspberry pi ที่สร้างระบบฐานข้อมูล และเว็บแอปพลิเคชันทำ Port forward โดย ngrok เชื่อมต่อไปยัง Platform Thingsboard โดยการเชื่อมต่อทั้งหมดผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตดังรูปที่ 1 เว็บแอปพลิเคชันดังกล่าวสามารถแสดงข้อมูลค่า PH TDS และอุณหภูมิ และสั่งการให้ควบคุมเพื่อให้ได้ค่าตามที่ต้องการดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงค่าสถานะและควบคุมระบบผ่าน Platform ของ Thingsboard

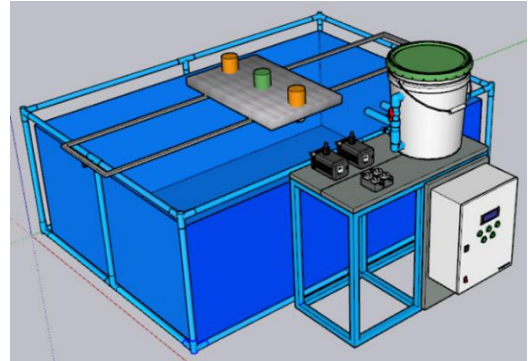
การออกแบบการทำงานทั้งหมดของระบบแบ่งออกเป็น 2 ประเภทการทำงาน ประเภทที่ 1 คือ การทำงานแบบออนไลน์ (Online Mode) ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบค่าสถานะและควบคุมระบบผ่าน Platform ของ Thingsboard โดยเริ่มจากผู้ใช้งานต้องเข้าสู่ระบบ (Login) โดยหน้าแผงควบคุม (Dashboard) จะแสดงผลข้อมูล ได้แก่ อุณหภูมิ ค่าคุณภาพน้ำ ค่ากรด-ด่าง ระดับน้ำในบ่อ ในหน้า Controller จะแสดงสวิตช์ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ ได้แก่ สวิตช์ปรับเปลี่ยนการทำงาน สวิตช์เปิด/ปิดปั๊มน้ำออกซิเจน 1 และ 2 สวิตช์เปิด/ปิดกระบอกอาหารและแร่ธาตุ เมื่อมีคำสั่ง ESP32 จะประมวลผลค่าที่ได้รับเพื่อสั่งการอุปกรณ์ที่ได้ติดตั้งไว้ และดึงค่าจากเซนเซอร์กลับมาแสดงผลยังหน้าแผงควบคุม

ประเภทที่ 2 คือ การทำงานแบบออฟไลน์ (Offline Mode) จะถูกแบ่งรูปแบบการทำงานออกเป็น 2 โหมด ได้แก่ โหมดอัตโนมัติ (Automatic) เป็นค่าเริ่มต้นการทำงานของระบบ ทำงานภายใต้เงื่อนไขที่ผู้จัดทำได้ตั้งค่าเอาไว้ โหมดควบคุมเอง (Manual) ผู้ใช้งานสามารถควบคุมระบบได้จากการกดสวิตช์ควบคุมที่ด้านหน้าของผู้คอนโทรล ดังนั้น ควบคุมมอเตอร์กระบอกอาหาร ควบคุมมอเตอร์กระบอกแร่ธาตุ ควบคุมรีเลย์ปั๊มน้ำออกซิเจนตัวที่ 1 และ 2 ควบคุมรีเลย์บั๊มน้ำ ควบคุมสารให้ความเป็นกรดด่าง ควบคุมอุณหภูมิ ควบคุมคุณภาพน้ำ ควบคุมระดับน้ำ เมื่อมีการกดสวิตช์ ESP32 จะทำการประมวลผลข้อมูลและทำการสั่งอุปกรณ์ให้ทำงาน และส่งค่าปัจจุบันที่ได้รับจากเซนเซอร์กลับมาแสดงผลยังจอ LCD ดังผังงานในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงการออกแบบการทำงานของระบบ

ต่อมาเป็นการออกแบบโครงสร้างของบ่อเลี้ยงที่นำระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้งานมีขนาด (กว้างxยาวxสูง) 100x150x50 เซนติเมตร ที่ติดตั้งตัวรับรู้ค่า PH , TDS และอุณหภูมิมีความสูงจากพื้น 50 เซนติเมตร และติดตั้งกระบอกใส่สารกรดและด่าง และแร่ธาตุ อาหาร โดยติดตั้งสเตปมอเตอร์เพื่อให้ทำงานตอนสั่งการ ป้อนน้ำจำนวน 2 ชุด , ตัวรับรู้ค่า TDS , PH , อุณหภูมิ ดังรูปที่ 4 และสร้างเพื่อทดสอบการทำงานจริงดังรูปที่ 5



รูปที่ 4 โครงสร้างการออกแบบของบ่อเลี้ยง



รูปที่ 5 โครงสร้างจริงของบ่อเลี้ยงที่ทำการทดสอบ

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

จากการทดสอบระบบปรับสมดุลน้ำในบ่อเลี้ยงโดยใช้ อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง การทดสอบการควบคุมจาก ค่า PH ผ่านและเว็บแอปพลิเคชันของ Platform Thingsboard แบบอัตโนมัติ โดยให้เงื่อนไขการทำงาน ที่ค่า PH มากกว่า 7 ป้อน PH UP จะทำงานเพื่อให้ค่า PH และ PH เข้าสู่ภาวะปกติที่ตั้งค่าไว้คือ PH MIN = 7 และ PH MAX = 8.5 ดังตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 แสดงการทำงานของปั๊ม PH MIN ในโหมดการทำงานแบบอัตโนมัติ

PH MIN	ปั๊ม PH UP	ปั๊ม PH DOWN
< 7	OFF	OFF
> 7	ON	OFF

ตารางที่ 2 แสดงการทำงานของปั๊ม PH MAX ในโหมดการทำงานแบบอัตโนมัติ

PH MAX	ปั๊ม PH UP	ปั๊ม PH DOWN
< 8.5	OFF	ON
> 8.5	OFF	OFF

ต่อมาเป็นการทดสอบการควบคุมจากค่า TDS ผ่านและเว็บแอปพลิเคชันของ Platform Thingsboard แบบอัตโนมัติหากค่า TDS ไม่อยู่ภายในช่วงที่กำหนด จะควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำเพื่อดูดน้ำภายในบ่อ กุ้งออกและเติมน้ำเข้าไป หรือควบคุมให้มอเตอร์ที่บรรจุน้ำทำงานเพื่อให้ค่า TDS อยู่ในช่วงที่กำหนด คือ TDS MIN = 90 และ TDS MAX = 150 ดังตารางที่ 3 และ 4

ตารางที่ 3 แสดงการทำงานของปั๊มน้ำ TDS ในโหมดการทำงานแบบอัตโนมัติ

TDS MAX	มอเตอร์ให้แร่ธาตุ
< 150	ON
> 150	OFF

ตารางที่ 4 แสดงการทำงานของมอเตอร์ให้แร่ธาตุในโหมดการทำงานแบบอัตโนมัติ (AUTO)

TDS MIN	มอเตอร์ให้แร่ธาตุ
< 90	OFF
> 90	ON

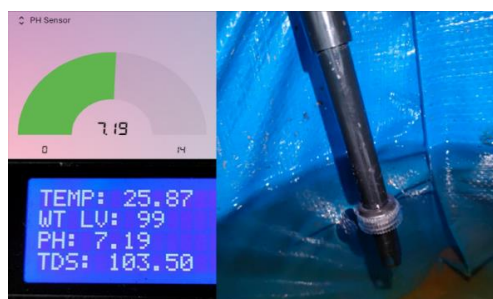
การทดสอบการควบคุมจากค่าอุณหภูมิ ผ่านและเว็บแอปพลิเคชันของ Platform Thingsboard ข้อมูลอุณหภูมิที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าที่ตั้งไว้ คือ อุณหภูมิตั้งไว้อยู่ระหว่าง 28-32 องศาเซลเซียส (°C) หากอุณหภูมิไม่อยู่ภายในช่วงที่กำหนด จะควบคุมการทำงานของ Heater ทำความร้อน เพื่อให้อุณหภูมิอยู่ในช่วงที่กำหนด โดยการควบคุมการทำงานของ Heater จะมีการทำงานตามดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงการทำงานของ Heater ในโหมดการทำงานแบบอัตโนมัติ

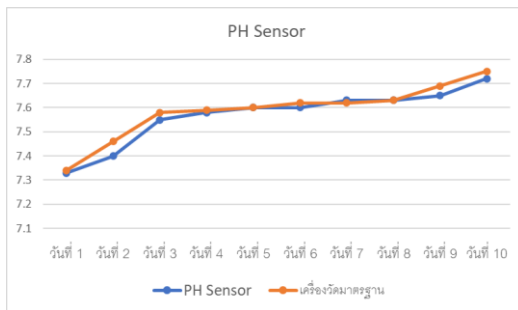
อุณหภูมิ(°C)	Heater
< 28	OFF
> 28	ON

การทดสอบการเปรียบเทียบค่า PH , TDS และอุณหภูมิ โดยใช้เครื่องมือวัดมาตรฐาน EC900 AMTAST KIT 9-IN-1 เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จากตัวรับรู้ค่า TDS , PH และอุณหภูมิที่ออกแบบและแสดงผ่านจอ LED หน้าเครื่องและเว็บแอปพลิเคชันของ Platform Thingsboard โดยทำการวัด 10 ช่วงเวลา วันละ 1 ครั้งในช่วงเวลาเดียวกัน

จากการทดสอบการเปรียบเทียบค่า PH จากเครื่องมือวัดมาตรฐานมีค่าความผิดพลาดเท่ากับ 1.32 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 6 และ 7



รูปที่ 6 ภาพแสดงผลการทำงานของ PH Sensor

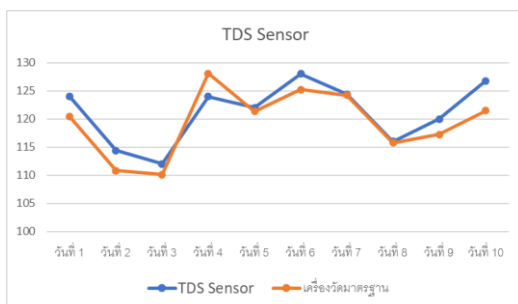


รูปที่ 7 แผนภาพแสดงการทำงานของ PH Sensor กับเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ความลึก 10 เซนติเมตร

ต่อมาเป็นการทดสอบการเปรียบเทียบค่า TDS จากเครื่องมือวัดมาตรฐานมีค่าความผิดพลาดเท่ากับ 1.4 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 8 และ 9

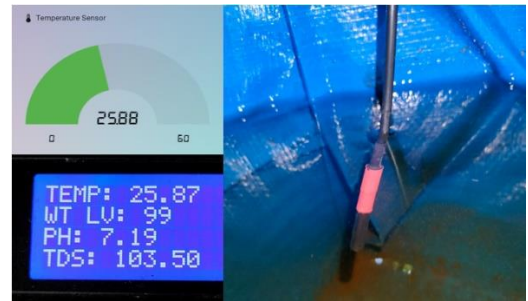


รูปที่ 8 ภาพแสดงผลการทำงานของ TDS Sensor

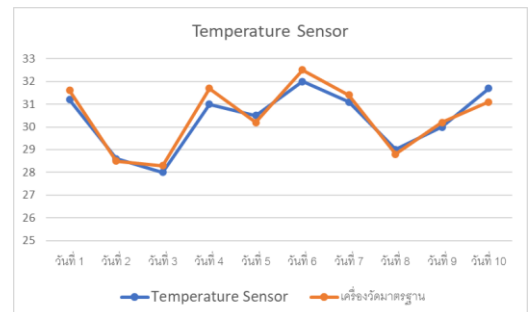


รูปที่ 9 แผนภาพแสดงการทำงานของ TDS Sensor กับเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ความลึก 5 เซนติเมตร

สุดท้ายเป็นการทดสอบการเปรียบเทียบค่า อุณหภูมิ จากเครื่องมือวัดมาตรฐานมีค่าความผิดพลาดเท่ากับ 0.9 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 10 และ 11



รูปที่ 10 ภาพแสดงผลการทำงานของ Temperature Sensor



รูปที่ 11 แผนภาพแสดงการทำงานของ Temperature Sensor กับเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ความลึก 15 เซนติเมตร

4. สรุป

ระบบควบคุมคุณภาพน้ำอัตโนมัติในบ่อกุ้งโดยใช้ อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อควบคุมแบบอัตโนมัติในการให้อาหาร แร่ธาตุ ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ โดยใช้ตัวรับรู้ค่า TDS , PH และอุณหภูมิ ส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เมื่อทำการควบคุมแบบอัตโนมัติตามเงื่อนไขสามารถทำงานได้ตรงตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้ ต่อมานำมาเทียบกับอุปกรณ์วัดค่าแบบมาตรฐานทำให้ทราบว่าตัวรับรู้ที่ใช้งาน

สามารถทำงานได้ใกล้เคียงกับเครื่องวัดมาตรฐาน โดยสามารถนำมาควบคุมและปรับค่าสมดุลน้ำในบ่อ กุ้งในอย่างมีประสิทธิภาพควบคุมเป็นระบบปิดได้ ระยะเวลาของผลผลิตเร็วขึ้น โดยทั่วไป น้ำกุ้ง ก้ามกรามาคัดขนาดได้ตั้งแต่ 6-12 เดือน ได้กุ้ง 1-2 รุ่นต่อปี เมื่อควบคุมปัจจัยได้ลงทุนกับระบบไม่เกิน 1 หมื่นบาทและลงทุนจำนวนกุ้งตามปกติจะสามารถเริ่ม คัดได้ตั้งแต่ 4-6 เดือนขึ้นไปทำให้ลดระยะเวลาไป 6-8 เดือน สามารถถายน้ำและเลี้ยงกุ้งรุ่นต่อไปได้ โดย ระยะเวลาคืนทุนจะสั้นลงในแต่ละบ่อ ระบบที่สร้างขึ้น จะเลี้ยงกุ้งได้ 2-4 รุ่นต่อปี ส่งผลดีต่อเกษตรกรผู้เลี้ยง กุ้งต่อไป

ข้อแนะนำในงานวิจัยครั้งต่อไป ควรเพิ่มการ ตรวจสอบหรือแยกแร่ธาตุต่าง ๆ เพิ่มขึ้นได้ เนื่องจากการ ตรวจสอบค่า TDS เป็นการตรวจสอบของแข็งใน น้ำและเพิ่มเติมระบบวัดค่าอากาศถ้าระบบนั้นไม่มี ระบบให้อากาศตลอดเวลา ถ้าต้องมีการขยายขนาด ของบ่อพักกุ้งจึงมีความจำเป็นที่จะต้องเพิ่มตัวรับรู้ เพื่อให้คงประสิทธิภาพการทำงานของระบบควบคุม ทั้ง การควบคุมค่า TDS, PH, อุณหภูมิ มีผลต่อการ เจริญเติบโตของกุ้ง

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น สำหรับการสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] พัชรพล ศิริศักดิ์, นิรุติ หวังชัย, ชนกันต์ จิตมนัส, จงกล พรหมยะ และ หลุยส์ เลอเบล. ผลกระทบจากสภาพอากาศและฤดูกาลต่อ คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ. วารสารวิจัย มช. ; 19(5): 743-50.
- [2] ปัทมา วิริยะพัฒนทรัพย์. 3 สะอาด แนวทางการเลี้ยงกุ้งในยุคปัจจุบัน. วารสาร เกษตรพระวรุณ. 2562; 15(1): 31-40.
- [3] เบญญาภา ชีระวิทยเลิศ, นิลาวรรณ งามขำ, วรางคณา วิเศษมณี ลี, ยิ่งเจริญ คูสกุลรัตน์ และ ธวัช เพชรไทย. การประเมินความเสี่ยง ต่อสุขภาพจากโลหะหนักที่ปนเปื้อนในกุ้ง. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียว เฉลิมพระเกียรติ. 2560; 3(1): 52-60.
- [4] Muhammad Junda. Development of Intensive Shrimp Farming, Litopenaeus vannamei In Land-Based Ponds: Production and Management. 2nd International Conference on Statistics, Mathematics, Teaching, and Research; 2017 October 9–10 Makassar, Indonesia; 2017.
- [5] สร้อยดาว วินิจนันท์, รัตติกานต์ เนียมจันทร์, ภาวิณี พัฒนจันทร์, บัณฑิต ตีรขุติ, ธาณี ดาวเรือง, ศิววรรณ พูลพันธุ์และ จิรทยา พันธุ์สุข. การใช้วัสดุพื้นถิ่นเพื่อปรับปรุง คุณภาพน้ำในบ่ออนุบาลกุ้งกุลาดำ. วารสาร การพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต. 2563; 8(1): 184-97.

- [6] Francisco J, Epinosa-Faller, Guillermo E and Rendon- Rodriguez. A ZigBee wireless sensor network for monitoring an aquaculture recirculating system. Journal of Applied Research and Technology. 2012; 10(3): 380-7.
- [7] Daudi S. Simbeye and Shi Feng Yang. Water Quality Monitoring and Control for Aquaculture Based on Wireless Sensor Networks. JOURNAL OF NETWORKS. 2014; 9(4): 840-9.
- [8] Jen-Yung Lin, Huan-Liang Tsai and Wei-Hong Lyu. An Integrated Wireless Multi-Sensor System for Monitoring the Water Quality of Aquaculture. MDPI Journal (Sensors). 2021; 21(8179): 1-20.
- [9] วิวัฒน์ มีสุวรรณ. อินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง (Internet of Things) กับวารสารวิชาการนวัตกรรมสื่อสารสังคม. 2559; 4(2): 83-92.
- [10] ชีรพงศ์ สงผัด และจุฑามณี รุ่งแก้ว. อินเทอร์เน็ตในสรรพสิ่งสำหรับการควบคุมการใช้ไฟฟ้าผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ. 2565; 2(2): 22-30.
- [11] Nocheski S and Naumoski A. WATER MONITORING IOT SYSTEM FOR FISH FARMING PONDS. INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL. 2018; 3(2): 77-9.
- [12] Preetham K, Mallikarjun BC and Umesha K. Aquaculture monitoring and control system: An IoT based approach. International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology. 2019; 5(2): 1167-70.
- [13] นิภูติดา เชิดชู และ วีระศักดิ์ ชื่นตา. การเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการฟาร์มกุ้งด้วยการลดการใช้ไฟฟ้าที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ และควบคุมการเลี้ยงด้วยเทคโนโลยีการเลี้ยงสัตว์น้ำแม่นยำ .วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี. 2562; 9(2): 85-96.