

การออกแบบระบบควบคุมคุณภาพน้ำเพื่อการเลี้ยงปลาทะเลสวยงามในที่พักอาศัยแบบอัตโนมัติ

Development of an Automated Water Quality Management System for Marine Ornamental Fish in Residential Aquariums.

เกษม ตีระภาค^{1*} วิษณุ ช้างเนียม¹ สุภัทรา ธูระกิจ² วัฒนา มาคำ¹ กวีวัชร ทิตวงศ์¹ นพพร พัชรประภิต³ รัตนดิพงษ์ วงศ์แก้วมูล¹

ปัญจวีร์ ชุมहनันท์¹ และวชิระ เกิดโต¹

¹สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง kasem_tree@rmutl.ac.th*

²สาขาสัตวศาสตร์และประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

³สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมคุณภาพน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาทะเลสวยงาม โดยจำลองสภาวะการเลี้ยงภายในตู้เลี้ยงปลาขนาด 34 นิ้ว ความจุประมาณ 150 ลิตร ระบบควบคุมคุณภาพน้ำถูกแบ่งออกเป็น 4 ระบบ ได้แก่ (1) ระบบควบคุมค่าความเค็มของน้ำ (2) ระบบควบคุมอุณหภูมิ (3) ระบบควบคุมค่าออกซิเจนละลายในน้ำ และ (4) ระบบแจ้งเตือนเมื่อระบบกรองของเสียเกิดการอุดตัน โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 เป็นหน่วยประมวลผลหลักในการควบคุมการทำงานผ่านเซนเซอร์ต่าง ๆ การทดสอบระบบทำโดยจำลองสภาวะแวดล้อมที่ต้องควบคุมทั้ง 4 รูปแบบ ผลการทดลองพบว่าระบบควบคุมทั้งหมดสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด และรักษาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาทะเลสวยงาม ทั้งนี้คาดว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทดลองหรือการเลี้ยงปลาทะเลสวยงามในตู้เลี้ยงปลาได้จริง

คำสำคัญ: การควบคุมคุณภาพน้ำ, ปลาทะเลสวยงาม, ค่าความเค็มของน้ำ, ค่าออกซิเจนในน้ำ

Abstract

Water quality is critical for the survival of marine ornamental fish in closed aquarium systems. This study aimed to design an automated water quality control system for a 34-inch aquarium (150 L). The system integrates four subsystems: salinity control, temperature regulation, dissolved oxygen control, and a filter clogging alert. An Arduino Uno R3 microcontroller manages the system using various sensors and actuators. Testing under simulated conditions showed that all subsystems effectively maintained the desired water parameters. The developed system can be applied in marine ornamental fish aquaculture to reduce manual monitoring and improve water stability.

Keywords: Water Quality Management, Marine Ornamental Fish, Salinity, Dissolved Oxygen (DO)

1. บทนำ

ปัจจุบันการเลี้ยงปลาทะเลสวยงามได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายทั้งในเชิงพาณิชย์และเพื่อการพักผ่อนหย่อนใจโดยเฉพาะการเลี้ยงในตู้เลี้ยงปลาภายในที่พักอาศัย เนื่องจากปลาทะเลมีสีสันสวยงามและสร้างบรรยากาศที่ผ่อนคลายให้แก่เจ้าของบ้าน อย่างไรก็ตาม การเลี้ยงปลาทะเลภายในที่พักอาศัยมีความท้าทายมากกว่าการเลี้ยงปลาน้ำจืด เนื่องจากปลาทะเลมีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ เช่น ค่าอุณหภูมิ ความเค็ม ค่า pH และระดับสารประกอบไนโตรเจนต่าง ๆ หากผู้เลี้ยงไม่มีความรู้หรือไม่สามารถควบคุมคุณภาพน้ำได้อย่างเหมาะสม อาจส่งผลให้ปลาเกิดโรคหรือตายได้

โดยทั่วไปแล้วการดูแลคุณภาพน้ำภายในตู้เลี้ยงปลาทะเลส่วนใหญ่ยังอาศัยการตรวจวัดและปรับสภาพน้ำโดยผู้เลี้ยง ซึ่งใช้เวลานานและต้องอาศัยความชำนาญของผู้เลี้ยง งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัติ เพื่อให้ผู้เลี้ยงปลาทะเลภายในที่พักอาศัยสามารถจัดการคุณภาพน้ำได้อย่างแม่นยำและต่อเนื่องลดภาระงานและความยุ่งยากในการดูแลปลา โดยระบบที่ออกแบบสามารถควบคุมค่าความเค็มของน้ำ ระดับออกซิเจนในน้ำ อุณหภูมิของน้ำ และยังมีระบบการแจ้งเตือนเมื่อระบบกรองน้ำเริ่มอุดตันเพื่อให้ผู้เลี้ยงสามารถตรวจสอบและแก้ไขได้

2. แนวคิด ทฤษฎีและการออกแบบ

2.1 คุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาทะเลสวยงาม

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของน้ำทะเลที่มีคุณภาพดี

คุณภาพของน้ำทะเลที่ดี	
Salinity (ค่าความเค็มของน้ำ)	30-34 ppt.
Temperature (อุณหภูมิของน้ำ)	28-34 °C
Dissolved Oxygen ; DO (ออกซิเจนละลายในน้ำ)	6 mg/L
Ammonia (แอมโมเนีย)	0 mg/L
Nitrite (ไนไตรต์)	0 mg/L
Nitrate (ไนเตรต)	0 mg/L
pH	8.1-8.4

การเลี้ยงปลาทะเลสวยงามนั้นคุณภาพน้ำเป็นเรื่องสำคัญที่จะทำให้ปลาทะเลมีความแข็งแรง สีสันสดใสและมีอายุยืนยาว โดยปกติแล้วน้ำทะเลในธรรมชาติมีความคงที่ทั้งความเค็ม ความเป็นกรด-ด่าง และองค์ประกอบแร่ธาตุต่าง ๆ ดังนั้นการเลี้ยงในตู้เลี้ยงปลา ผู้เลี้ยงจึงต้องปรับสภาพน้ำในตู้เลี้ยงปลาให้มีความใกล้เคียงกับน้ำทะเลที่ในธรรมชาติมากที่สุด สภาพน้ำทะเลที่ดีที่สุดมีค่าสารต่าง ๆ ดังตารางที่ 1

2.2 การออกแบบระบบควบคุมคุณภาพน้ำ

งานวิจัยนี้เลือกใช้ตู้กระจกเลี้ยงปลาขนาด 34 นิ้ว ที่มีขนาดความจุประมาณ 150 ลิตร โดยกำหนดให้ปริมาณน้ำที่ใช้เลี้ยงปลาประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ประมาณ 120 ลิตร และเลือกใช้ถังพักน้ำเค็มขนาด 50 ลิตร กับถังน้ำจืดที่สะอาดขนาด 50 ลิตร สำหรับปรับสภาพน้ำเค็มให้คงที่ การออกแบบระบบควบคุมแบ่งเป็นส่วนต่าง ๆ ดังนี้

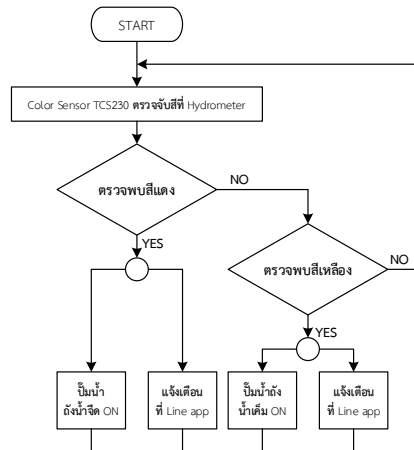
2.2.1 ระบบควบคุมค่าความเค็มของน้ำ

การออกแบบได้ทำการดัดแปลงไฮโดรมิเตอร์ที่เป็นอุปกรณ์วัดค่าความเค็มของน้ำ โดยติดแถบสี 3 สีไว้ในตำแหน่งต่าง ๆ แถบสีเหลืองให้อยู่ในช่วงที่ค่าความเค็มของน้ำที่น้อยกว่า 30 ppt แถบสีเขียวให้อยู่ในช่วงที่มีค่าความเค็ม 30-34 ppt และสีแดงให้ค่าความเค็มมากกว่า 34 ppt ตำแหน่งสีทั้ง 3 ด้วยถูกอ่านด้วยเซนเซอร์แยกสี Color Sensor TCS230 จากนั้นนำค่าที่อ่านได้จากเซนเซอร์แยกสีไปประมวลผลเพื่อส่งในระบบควบคุมค่าความเค็มของน้ำในตู้เลี้ยงปลาทำงานต่อไป อุปกรณ์วัดค่าความเค็มที่ดัดแปลงดังรูปที่ 1



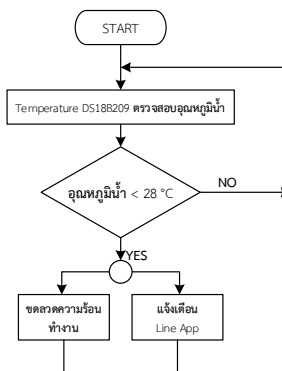
รูปที่ 1 การดัดแปลงไฮโดรมิเตอร์เพื่อใช้กับเซนเซอร์แยกสี

ปกติแล้วการเลี้ยงปลาทะเลสวยงามในตู้เลี้ยงปลา น้ำเค็มที่อยู่ในตู้ในนั้นเมื่อจะเกิดความเค็มมากขึ้นเมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่ง ซึ่งเกิดจากการระเหยของน้ำโดยธรรมชาติ ทำให้เกลือที่อยู่ในน้ำมีความเข้มข้นขึ้น ดังนั้นเมื่อเซนเซอร์ตรวจจับได้ ระบบจะสั่งให้ปั๊มน้ำส่งน้ำจืดในถังพักน้ำจืดเข้าไปในตู้เลี้ยงปลาเพื่อลดค่าความเค็มลง ส่วนกรณีที่น้ำในตู้เลี้ยงปลามีค่าความเค็มต่ำกว่ามาตรฐานนั้นมักจะเกิดจากการผิดพลาดในการผสมน้ำจากการเปลี่ยนน้ำของตู้เลี้ยงปลา ดังนั้นจึงได้ออกแบบระบบให้ป้องกันความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ โดยเมื่อระบบฯ ตรวจพบว่าน้ำในตู้เลี้ยงปลามีค่าความเค็มน้อยกว่ามาตรฐาน ระบบฯ จะสั่งให้ปั๊มน้ำส่งน้ำเค็มจากถังเก็บน้ำเค็มเข้าผสมกับน้ำในตู้เลี้ยงปลา จนกระทั่งได้ค่าน้ำเค็มตามมาตรฐานเช่นกัน แนวคิดในการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมระบบควบคุมค่าความเค็มของน้ำ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การทำงานของระบบควบคุมค่าความเค็ม

2.2.2 ระบบควบคุมอุณหภูมิของน้ำ



รูปที่ 3 การทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิของน้ำ

อุณหภูมิที่เหมาะสมจากตารางที่ 1 อยู่ในช่วง 28-34 องศาเซลเซียส และจากการสำรวจอุณหภูมิในตู้เลี้ยงปลาพบว่าอุณหภูมิของน้ำจะไม่สูงเกิน 34 องศาเซลเซียส แม้จะเป็นช่วงฤดูร้อนเนื่องจากตู้เลี้ยงปลาอยู่ในร่ม แต่ในฤดูหนาวอุณหภูมิของน้ำมีโอกาสที่จะลดลงต่ำกว่า 28 องศาเซลเซียส โดยเฉพาะภาคเหนือ ดังนั้นระบบควบคุมอุณหภูมิที่ออกแบบจึงใช้ชดเชยความร้อน สำหรับทำความร้อนการคำนวณขนาดของชดเชยความร้อนสำหรับใช้งานในตู้เลี้ยงปลา ดังสมการที่ 1

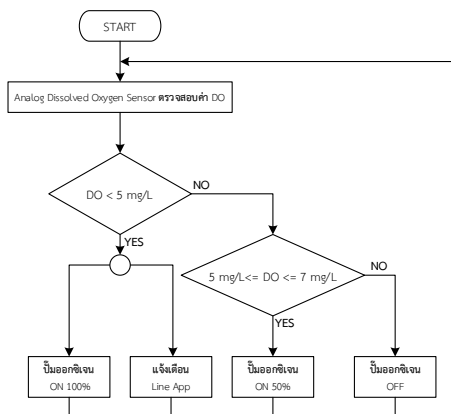
$$W_{heater} = V \times \Delta T \times k \quad (1)$$

W_{heater} คือกำลังวัตต์ของชดเชยความร้อน V คือค่าความจุของน้ำในตู้เลี้ยงปลา มีหน่วยเป็นลิตร ΔT คือค่าอุณหภูมิที่ต้องการเพิ่มในตู้ปลา อุณหภูมิต่ำสุดของภาคเหนือโดยเฉลี่ยแล้วประมาณ 17 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงมีค่าประมาณ 14 องศาเซลเซียส และ k คือค่าคงที่ อยู่ระหว่าง 0.5 – 1 ขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมที่ตู้เลี้ยงปลา ซึ่งจากสมการที่ 1 จึงเลือกใช้ชดเชยความร้อนขนาด 800 วัตต์ และเลือกใช้เซนเซอร์วัด

อุณหภูมิน้ำใน DS18B20 เพื่อควบคุมการทำงานของขดลวดความร้อนผ่านบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ แนวคิดในการเขียนโปรแกรมดังรูปที่ 3

2.2.3 ระบบควบคุมค่าออกซิเจนละลายในน้ำ

จากตารางที่ 1 พบว่าระดับค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ(DO) ของน้ำทะเลที่มีคุณภาพจะมีค่าเท่ากับ 6 mg/L ดังนั้นจึงได้ออกแบบระบบควบคุมค่าออกซิเจนโดยใช้เซนเซอร์ตรวจวัดค่าออกซิเจนในน้ำ Analog Dissolved Oxygen Sensor / Meter Kit For Arduino ร่วมกับการเพิ่มระดับออกซิเจนโดยใช้ปั๊มออกซิเจนที่เปลี่ยนระบบจากใช้แม่เหล็กเคลื่อนที่ปั๊มออกซิเจนเป็นเซอร์โวมอเตอร์ เพื่อให้สามารถควบคุมด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ ทำให้ควบคุมปริมาณการผลิออกซิเจนได้ตามขอบเขตโดยควบคุมให้อยู่ที่ 5-7 mg/L ซึ่งเป็นค่าที่ทำให้ปลาทะเลสวยงามสามารถอาศัยอยู่ได้อย่างสบาย แนวคิดในการเขียนโปรแกรมควบคุมระบบนี้ ดังรูปที่ 4

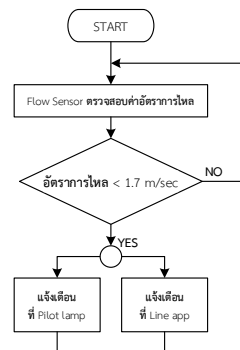


รูปที่ 4 การทำงานของระบบควบคุมค่าออกซิเจนละลายในน้ำ

2.2.4 ระบบตรวจสอบและแจ้งเตือนการอุดตันของระบบกรองของเสียในน้ำ

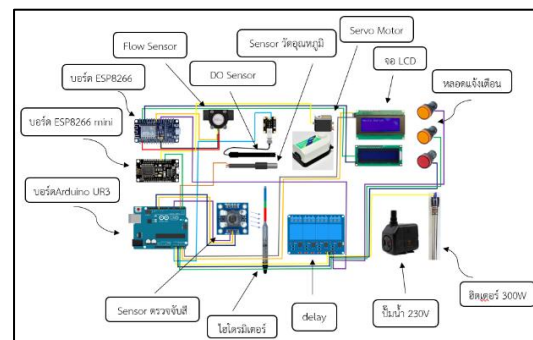
ระบบควบคุมคุณภาพน้ำที่ออกแบบนี้ นอกจากสามารถควบคุมค่าความเค็ม อุณหภูมิของน้ำและค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำได้อย่างอัตโนมัติแล้ว การออกแบบยังมีระบบการตรวจวัดการอุดตันของระบบกรองของเสียในน้ำ ซึ่งเป็นระบบแจ้งเตือนให้กำจัดสารแอมโมเนีย ไนเตรต และไนไตรต์ที่เกิดจากของเสียจากปลา ระบบกรองของเสียเมื่อใช้งานไปได้ช่วงเวลาหนึ่ง ระบบกรองมักจะเกิดการอุดตัน ส่งผลให้สารพิษต่าง ๆ เกิดขึ้นในตู้เลี้ยงปลาได้ ดังนั้นจึงออกแบบระบบตรวจสอบการอุดตันของระบบกรองของเสีย โดยตรวจสอบอัตราการไหลของน้ำที่ออกจากระบบกรอง ด้วยเซนเซอร์ตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำ(flow sensor) ที่ทำงานในระบบควบคุมทราบเมื่ออัตราไหลของน้ำเกิดความผิดปกติ จากการทดสอบการวัดอัตราไหลระบบกรองน้ำก่อนส่งเข้าไปตู้เลี้ยงปลาพบว่าขณะเปลี่ยนอุปกรณ์กรองน้ำใหม่อัตราการไหลของน้ำในท่อประมาณ 3.59 m/sec และเมื่อถึงกรองอุดตันจนถึงเวลาที่ต้องเปลี่ยนอัตราการไหลจะลดลงต่ำกว่า 1.7 m/sec ดังนั้นจึงเขียนโปรแกรมอ่านค่าอัตราการไหล โดยเมื่อ

อัตราการไหลลดลงต่ำกว่าให้โปรแกรมทำการแจ้งเตือนให้ผู้เลี้ยงทราบเพื่อทำการล้างระบบกรองของเสียต่อไป โปรแกรมควบคุมระบบนี้มีแนวคิดดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 การทำงานของระบบตรวจสอบและแจ้งเตือนการอุดตันของระบบกรองของเสียในน้ำ

3. การดำเนินงาน



รูปที่ 6 ไดอะแกรมระบบควบคุมคุณภาพน้ำ



รูปที่ 7 ระบบควบคุมคุณภาพน้ำเพื่อการเลี้ยงปลาทะเลสวยงาม

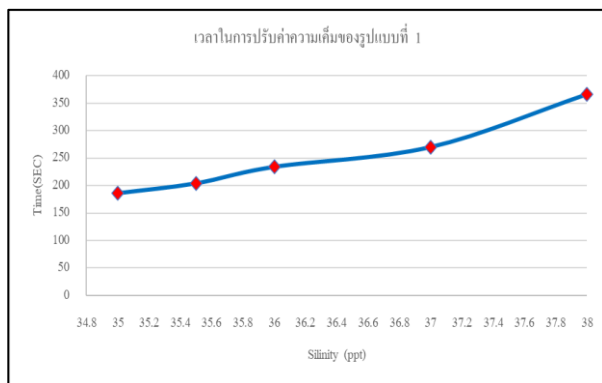
หลังจากการออกแบบระบบทั้งหมด ได้เลือกอุปกรณ์ควบคุมที่ใช้คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 ร่วมกับ Node MCU V3 Lua WIFI Module ESP8266 สำหรับเขียนโปรแกรมควบคุมและติดต่อสื่อสาร

กับอุปกรณ์แจ้งเตือนต่าง ๆ และทำการเขียนโปรแกรมควบคุมระบบที่ออกแบบทั้ง 4 ระบบ และจัดทำโครงสร้างของระบบควบคุมคุณภาพน้ำเพื่อการเลี้ยงปลาทะเลสวยงาม และติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมต่าง ๆ โดยแอมป์ระบบฯ ดังรูปที่ 6 และ โครงสร้างหลังจากติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดเสร็จสิ้นแล้วดังรูปที่ 7

4. การทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดสอบ

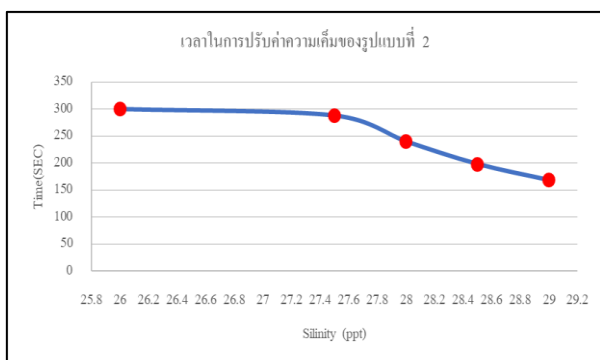
4.1 การทดสอบระบบควบคุมความเค็มของน้ำ

งานวิจัยนี้ได้จำลองการทดสอบระบบ โดยแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ รูปแบบแรก ผสมน้ำให้มีค่าความเค็มสูงกว่ามาตรฐานที่ประมาณ 35-38 ppt เพื่อให้เซนเซอร์วัดค่าความเค็มของน้ำสั่งให้ปั๊มน้ำส่งน้ำจืดจากถังพักน้ำจืดดันน้ำเค็มในตู้เลี้ยงปลาส่งไปเก็บที่ถังพักน้ำเค็ม และทำการบันทึกระยะเวลาที่ปั๊มน้ำจืดทำงาน การทดสอบรูปแบบแรกทำซ้ำรูปแบบละ 5 ครั้งผลการทดสอบดังกราฟรูปที่ 8



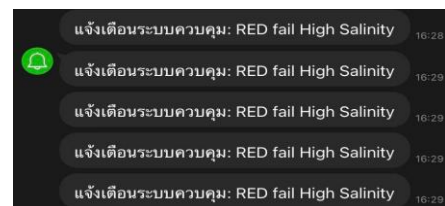
รูปที่ 8 ระยะเวลาที่ปั๊มน้ำส่งน้ำจืดเพื่อลดความเค็มของน้ำ

จากนั้นจำลองการทดสอบในรูปแบบที่ 2 คือเปลี่ยนระดับความเค็มในตู้เลี้ยงปลาให้มีค่าความเค็มต่ำกว่าค่าความเค็มมาตรฐานที่ประมาณ 26-29 ppt เพื่อให้เซนเซอร์สั่งให้ปั๊มน้ำส่งน้ำเค็มผสมกับน้ำจืด โดยดันน้ำในตู้เลี้ยงปลาที่เป็นน้ำเค็มที่มีค่าความเค็มต่ำกว่ามาตรฐานไปเก็บไว้ในถังพักน้ำเค็ม และทำการบันทึกระยะเวลาที่ปั๊มน้ำเค็มทำงาน การทดสอบทำซ้ำรูปแบบละ 5 ครั้ง ผลการทดสอบดังกราฟรูปที่ 9



รูปที่ 9 ระยะเวลาที่ปั๊มน้ำส่งน้ำเค็มเพื่อเพิ่มความเค็มของน้ำ

รูปที่ 8 จะเห็นว่าปั๊มน้ำจะส่งน้ำจืดเข้าในตู้เลี้ยงปลาเพื่อลดความเค็มที่อยู่ในตู้เลี้ยงปลา โดยน้ำเค็มที่อยู่ภายในจะถูกดันออกที่ท่อน้ำล้นมาเก็บที่ถังพักน้ำเค็มจนกระทั่งค่าความเค็มลดลงอยู่ในค่ามาตรฐาน 30-34 ppt ปั๊มน้ำจะหยุดการทำงาน เวลาที่ใช้ในการปรับค่าความเค็มให้ได้มาตรฐานจะใช้เวลามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระดับความเค็มที่มีมากหรือน้อยดังกราฟ ซึ่งกราฟรูปที่ 9 ก็มีลักษณะที่เหมือนกันเพียงแต่เป็นการเติมน้ำเค็มเพื่อให้ค่าความเค็มของน้ำที่ต่ำกว่ามาตรฐานเพิ่มความเค็มขึ้นจนเท่ากับค่าความเค็มมาตรฐาน และนอกจากนั้นระบบยังส่งข้อความแจ้งเตือนค่าความเค็มที่สูงหรือต่ำกว่ามาตรฐาน ทางแอปพลิเคชันไลน์ ดังรูปที่ 10 และรูปที่ 11



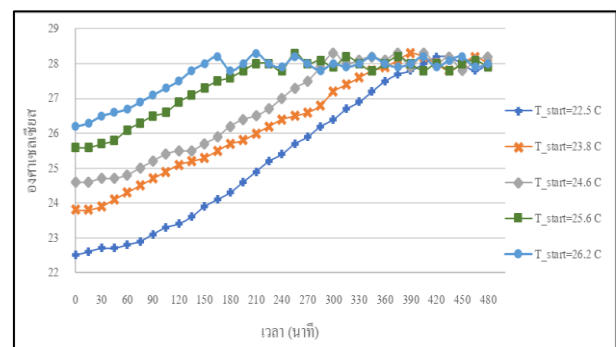
รูปที่ 10 การแจ้งเตือนค่าความเค็มของน้ำในตู้เลี้ยงปลาสูงเกินมาตรฐาน



รูปที่ 11 การแจ้งเตือนค่าความเค็มของน้ำในตู้เลี้ยงปลาดต่ำกว่ามาตรฐาน

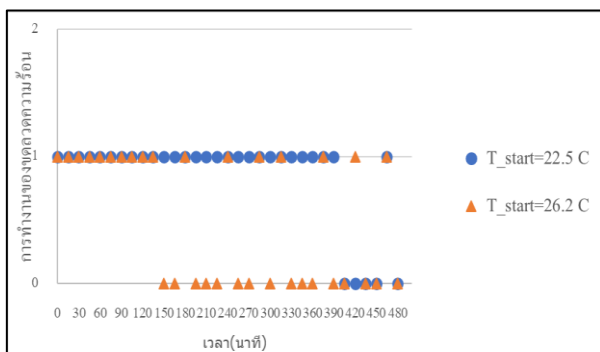
4.2 การทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิของน้ำ

การทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิของน้ำ งานวิจัยนี้ได้ออกแบบวิธีการทดสอบโดยใช้ห้องทดสอบที่สามารถปรับอุณหภูมิคงที่ได้ โดยปรับอุณหภูมิห้อง ให้ลดลงแตกต่างกัน 5 ระดับ ตั้งแต่ 22 – 27 องศาเซลเซียส แล้วคงอุณหภูมิห้องให้อยู่ในระดับนั้น จากนั้นวัดอุณหภูมิที่น้ำในตู้เลี้ยงปลา แล้วเปิดระบบควบคุมอุณหภูมิของน้ำในตู้เลี้ยงปลา พร้อมบันทึกอุณหภูมิของน้ำในตู้เลี้ยงปลาทุก ๆ 15 นาที ใช้ระยะเวลาในการทดลองอุณหภูมิแต่ละระดับ ใช้เวลาการทดลอง 8 ชั่วโมง ผลการทดลองดังกราฟรูปที่ 12



รูปที่ 12 อุณหภูมิของน้ำในตู้เลี้ยงปลาที่เปลี่ยนแปลงจากการทำงานของขดลวดความร้อน

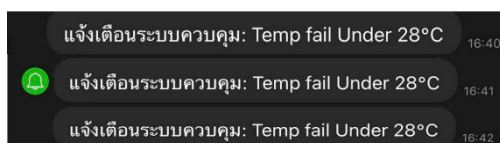
รูปที่ 12 พบว่าขดลวดความร้อนสามารถเพิ่มอุณหภูมิให้กับน้ำในตู้เลี้ยงปลาได้ อุณหภูมิที่เริ่มต้นจะแตกต่างกันตั้งแต่ 22.5 – 26.2 องศาเซลเซียส เมื่อระบบควบคุมอุณหภูมิของน้ำทำงาน เซนเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิจะสั่งงานให้ขดลวดความร้อนทำงานเพิ่มอุณหภูมิให้น้ำในตู้เลี้ยงปลาจนกระทั่งอุณหภูมิของน้ำในตู้เลี้ยงปลาเท่ากับ 28 องศาเซลเซียส ระบบควบคุมจะสั่งให้ขดลวดความร้อนหยุดทำงาน ซึ่งจากกราฟจะเห็นว่าหลังจากที่อุณหภูมิถึงจุดกำหนดแล้ว อุณหภูมิของน้ำจะแกว่งอยู่ประมาณ 27.8 – 28.2 องศาเซลเซียส ส่งผลให้การทำงานของขดลวดความร้อนทำงานและหยุดทำงานเป็นช่วง ๆ ดังรูปที่ 13 คือการทำงานของขดลวดความร้อน ที่เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิที่เริ่มต้นที่ 22.5 องศาเซลเซียส กับ อุณหภูมิเริ่มน้ำต้นที่ 26.2 องศาเซลเซียส



หมายเหตุ 1 = ทำงาน 0 = ไม่ทำงาน

รูปที่ 13 การทำงานของขดลวดความร้อนที่อุณหภูมิเริ่มต้นต่างกัน 2 ระดับ

นอกจากนั้นจากการบันทึกระยะเวลาในการทำงานของขดลวดความร้อน อุณหภูมิที่ต่ำกว่า 28 องศาเซลเซียส ขดลวดความร้อนจะทำงานในระยะเวลาที่นานกว่า ตัวอย่างเช่นที่อุณหภูมิ 22.5 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการเพิ่มอุณหภูมิ 405 นาที ส่วนอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ขดลวดความร้อนจะใช้เวลาในการเพิ่มอุณหภูมิน้อยกว่า นอกจากนั้นระบบควบคุมยังสามารถส่งสัญญาณแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ได้ดังรูปที่ 14

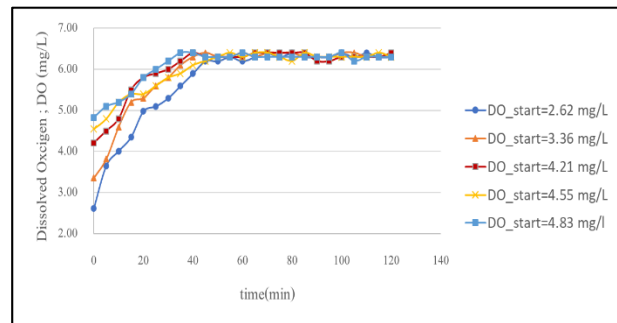


รูปที่ 14 การแจ้งเตือนค่าอุณหภูมิของน้ำในตู้เลี้ยงปลาดำกว่ามาตรฐาน

4.3 การทดสอบระบบควบคุมค่าออกซิเจนละลายในน้ำ

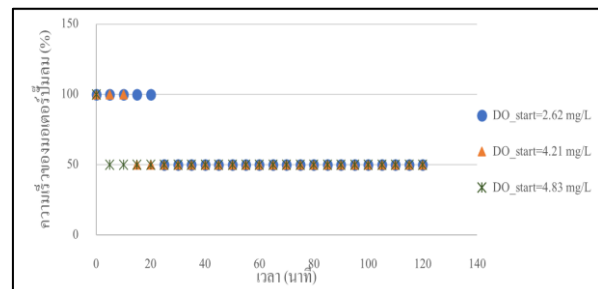
ทีมงานได้ออกแบบการทดสอบ โดยลดค่าออกซิเจนละลายในน้ำลงให้ต่ำกว่าระดับ 5 mg/L เพื่อให้ปั๊มออกซิเจนทำงานและบันทึกระยะเวลาการทำงานของปั๊มออกซิเจนทุก ๆ 5 นาที โดยสังเกตทั้งการทำงานและความเร็วของมอเตอร์ปั๊มออกซิเจน ซึ่งมอเตอร์จะทำงานที่ 2 ระดับคือ ทำงานที่ความเร็วสูงสุด และความเร็วลง 50% ของความเร็ว

สูงสุดหรือมอเตอร์หยุดทำงาน ใช้เวลาในการทดลองต่อครั้งเท่ากับ 2 ชั่วโมง และการทดลองทำซ้ำจำนวน 5 ครั้ง ผลการทดสอบดังรูปที่ 15



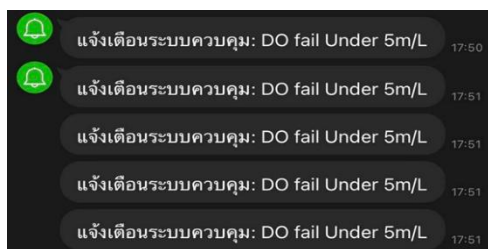
รูปที่ 15 ค่าออกซิเจนในน้ำกับระยะเวลาการทำงานของปั๊มออกซิเจน

รูปที่ 15 เมื่อออกซิเจนในน้ำของตู้เลี้ยงปลามีค่าต่ำกว่า 5 mg/L เซนเซอร์วัดค่าออกซิเจนในน้ำ จะสั่งให้ปั๊มลมเริ่มทำงานเพิ่มออกซิเจนในน้ำจนกระทั่งเมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่งค่าออกซิเจนในน้ำมีค่าคงที่ประมาณ 6.2 mg/L - 6.4 mg/L โดยไม่เพิ่มขึ้นมากไปกว่านี้ ระยะเวลาที่ใช้ในการเพิ่มออกซิเจนในน้ำให้เกิน 5 mg/L ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานนั้น แปรตามค่าเริ่มต้นของออกซิเจนในน้ำ คือถ้ามีค่าต่ำ ปั๊มลมจะใช้เวลาในการเพิ่มออกซิเจนในน้ำนานกว่าค่าเริ่มต้นที่มีค่าสูง



รูปที่ 16 ระยะเวลาในการเปลี่ยนความเร็วของมอเตอร์ปั๊มลม

รูปที่ 16 คือระยะเวลาการเปลี่ยนความเร็วของมอเตอร์ปั๊มลมที่ใช้เติมออกซิเจนในน้ำให้กับตู้เลี้ยงปลา ซึ่งเมื่อเซนเซอร์ตรวจจับค่าของออกซิเจนในน้ำได้ต่ำกว่า 5 mg/L ระบบจะสั่งให้มอเตอร์ปั๊มน้ำหมุนที่ความเร็วเต็มพิกัด จนกระทั่ง ค่าออกซิเจนในน้ำมีค่าเกิน 5 mg/L มอเตอร์จะปรับความเร็วรอบลง 50% และจากการทดสอบพบว่า ปั๊มลมจะสามารถเติมออกซิเจนในน้ำได้สูงสุดประมาณ 6.3 mg/L ดังนั้นมอเตอร์จึงจะคงความเร็วรอบที่ 50% ไปตลอดและไม่หยุดทำงาน ส่วนระยะเวลาในการปรับเปลี่ยนจากความเร็วรอบที่เต็มพิกัดเป็นความเร็วรอบที่ 50% นั้น จะขึ้นอยู่กับว่าค่าออกซิเจนในน้ำมีค่ามากหรือน้อยเพียงใด แต่อย่างไรก็ตาม แม้ว่าค่าออกซิเจนในน้ำจะมีค่าน้อยที่สุดที่ 2.62 mg/L ระยะเวลาในการปรับความเร็วของมอเตอร์จะใช้เวลาไม่เกิน 20 นาที เท่านั้น นอกจากนั้น ระบบควบคุมยังสามารถส่งสัญญาณ แจ้งเตือนเมื่อค่าออกซิเจนในน้ำต่ำกว่า 5 mg/L ผ่านแอปพลิเคชันไลน์ได้ดังรูปที่ 17



รูปที่ 17 การแจ้งเตือนค่าออกซิเจนในน้ำ ต่ำกว่า 5 mg/L

4.4 การทดสอบระบบตรวจวัดการอุดตันของระบบกรองของเสียในน้ำ

การทดสอบการอุดตันของระบบกรองทำได้โดยการวัดอัตราการไหลของน้ำหลังจากออกจากระบบกรองน้ำ จากการทดสอบวัดอัตราการไหลของน้ำเมื่อถึงกรองไม่มีของเสียเลยพบว่ามีการอุดตันที่ระบบกรองของเสียในน้ำนั้นสามารถวัดค่าได้ประมาณ 1.7 m/sec ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้จำลองสถานะที่ทำให้อัตราการไหลของน้ำในท่อหลังจากออกจากระบบกรองน้ำมีอัตราการไหล ตั้งแต่ 1 – 2 m/sec แบ่งเป็น 5 ระดับ และสังเกตที่ระบบการแจ้งเตือนที่หลอดสัญญาณ และแอปพลิเคชันไลน์ ผ่านสมาร์ตโฟน ได้ผลดังตารางที่ 2 และการแจ้งเตือนด้วยแอปพลิเคชันไลน์ ดังรูปที่ 18

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบระบบแจ้งเตือนการอุดตันของระบบกรองน้ำ

อัตราการไหลของน้ำ (m/SEC)	1	1.2	1.5	1.9	2
หลอดสัญญาณ	✓	✓	✓	✗	✗
แอปพลิเคชันไลน์	✓	✓	✓	✗	✗

หมายเหตุ ✓ = แจ้งเตือน ✗ = ไม่แจ้งเตือน



รูปที่ 18 การแจ้งเตือนการอุดตันของระบบกรองของเสียในน้ำ

ตารางที่ 2 เมื่อค่าอัตราการไหลของน้ำมีค่า 1,1.2 และ 1.5 m/sec ซึ่งน้อยกว่า 1.7 m/sec ระบบแจ้งเตือนทั้ง 3 ระบบจะทำงาน แต่เมื่ออัตราการไหลเท่ากับ 1.9 m/sec และ 2 m/sec ซึ่งมากกว่า 1.7 m/sec ระบบแจ้งเตือนทั้ง 3 ระบบจะไม่ทำงาน

5. สรุปและวิจารณ์

จากการทดสอบระบบควบคุมคุณภาพน้ำเพื่อการเลี้ยงปลาทะเลสวยงาม ระบบสามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ โดย

ระบบการควบคุมน้ำเค็มในตู้เลี้ยงปลานั้นมีระยะเวลาในการลดความเค็มของน้ำโดยเฉลี่ยต่อ 1 ppt ประมาณ 132 วินาที ส่วนเวลาที่เพิ่มความเค็มของน้ำโดยเฉลี่ยต่อ 1 ppt เท่ากับ 122 วินาที ซึ่งใช้เวลาที่ใกล้เคียงกันคือประมาณ 2 นาที ส่วนระบบควบคุมอุณหภูมิในน้ำของตู้ปลานั้นเวลาโดยเฉลี่ยเมื่อทำการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำจะประมาณ 330 วินาทีหรือประมาณ 5 นาที 30 วินาที ต่อการเพิ่มอุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส และในส่วนของการระบบควบคุมออกซิเจนในน้ำของตู้ปลานั้น ระบบสามารถเพิ่มออกซิเจนในน้ำของตู้ปลาขึ้น 1 mg/L โดยใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 380 วินาที หรือประมาณ 6 นาที สุดท้ายระบบการแจ้งเตือน เมื่อเกิดการอุดตันของระบบกรองน้ำในตู้ปลานั้น จากการทดสอบพบว่า สามารถแจ้งเตือนเมื่อเกิดการอุดตันของระบบกรองของเสียได้ทั้ง 2 ช่องทางอย่างถูกต้องโดยไม่มีข้อผิดพลาดเลย จากการทดสอบระบบควบคุมทั้ง 4 คาดว่า จะสามารถนำไปใช้เลี้ยงปลาทะเลสวยงามได้จริง แต่อย่างไรก็ตามระบบควบคุมฯ ที่ออกแบบนี้ยังไม่ได้ถูกนำไปใช้เลี้ยงปลาทะเลสวยงามจริง เนื่องจากงานวิจัยนี้ไม่มีขั้นตอนการขอใช้สัตว์ทดลองในงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Vanderzwalmen, M., Trippel, J., Blyth, D., & Mitchell, J. L. (2020). Monitoring water quality and ornamental fish behaviour during commercial transport. *Aquaculture Research*, 51(12), 5004–5016. <https://doi.org/10.1111/are.14812>
- [2] Saengsitthisak, B., Punyapornwithaya, V., Chaisri, W., Mektrirat, R., Bernard, J. K., & Pikulkaew, S. (2021). The current state of biosecurity and welfare of ornamental fish population in pet fish stores in Chiang Mai Province, Thailand. *Veterinary Integrative Sciences*, 19(2), 277–294. <https://doi.org/10.12982/VIS.2021.025>
- [3] Zhang L., Wang Y. และ Chen H. (2020). การประเมินและวิเคราะห์คุณภาพน้ำของพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทะเล. *วารสารวิจัยสิ่งแวดล้อมทางทะเล*, 45(3), 215-228.
- [4] สหพจน์ ธนกุลวัฒน์. (2555). *ปลาทะเลสวยงาม การเลี้ยงและการดูแลอย่างถูกวิธี*. กรุงเทพฯ: คณะประมงมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. เข้าถึงจาก https://fish.ku.ac.th/download/55_RT-Beginner-ReefaquariumBy-Sahapop.pdf



เกษม ตรีภาค วุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท วศ.ม. วิศวกรรมไฟฟ้า จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำหลักสูตร วิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง