

การพัฒนาโมดูลตรวจวัดคุณภาพน้ำในเวลาจริงแบบเครือข่าย

Development of a Networked Real-Time Water Quality Monitoring Module

วิเศษ สือสุวรรณ^{1*}, พงษ์ดนัย จิตตวิสุทธิกุล² และ บุญธง วสุรีย์³

¹สาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์
อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏ
นครปฐม
²สาขาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะ
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
³สาขาอุตสาหกรรมศิลป์ คณะ
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
* ผู้รับผิดชอบบทความ
wisawa.ws@gmail.com

Received: 25 Jun 2022
Revised: 15 Aug 2022
Accepted: 23 Aug 2022

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการบริหารจัดการคุณภาพน้ำ เป็นส่วนสำคัญสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำให้ได้คุณภาพและเหมาะสมคุ้มค่าต่อการลงทุน ดังนั้นโครงการการพัฒนาโมดูลตรวจวัดคุณภาพน้ำในเวลาจริงแบบเครือข่ายสำหรับกลุ่มบ่อเลี้ยงในฟาร์มเลี้ยงสัตว์น้ำ จึงมีวัตถุประสงค์ด้วยกันสองประการ ได้แก่ การออกแบบระบบเพื่อวัดคุณภาพน้ำแบบเรียลไทม์บนระบบเครือข่าย และเพื่อวัดประสิทธิภาพความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์รวมถึงการถ่ายทอดเทคโนโลยีในเชิงพาณิชย์ ซึ่งผลการดำเนินงานพบว่า โมดูลที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจวัดค่าออกซิเจนละลายในน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าความเค็ม และอุณหภูมิ ได้โดยพบว่า ในช่วงเวลาวิกฤติ (22.00-07.00 น.) ค่าเฉลี่ยของออกซิเจนละลายในน้ำ มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่า 5.8 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตลอดการวัดเท่ากับ 0.168 ค่าเฉลี่ยของค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าเท่ากับ 5.97 โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตลอดการวัดเท่ากับ 0.114 ค่าเฉลี่ยของค่าความเค็มมีค่าคงที่เท่ากับ 0.477 ส่วนในพันส่วน และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิมีค่าเท่ากับ 28.63 องศาเซลเซียสโดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตลอดการวัดเท่ากับ 0.203 ซึ่งระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถจัดเก็บหรือรวบรวมข้อมูลตามเวลาจริง และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่ได้ปรากฏว่ามีค่า PBP = 0.925, NPV=43,200 บาท/ปี, จุดคุ้มทุนจะต้องผลิต 1,702 กิโลกรัมต่อปี

คำสำคัญ: โมดูลตรวจวัด คุณภาพน้ำ อินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง

Abstract

The results showed that the developed module can measure dissolved oxygen in water. The pH, salinity and temperature values were found during the critical period (22.00-07.00) the average dissolved oxygen in water. had an average of less than 5.8 milligrams per liter The mean standard deviation was 0.168, the mean pH was 5.97, and the standard deviation was 0.114. The mean salinity was constant at 0.477 parts per thousand. part and the mean temperature were 28.63 °C with a standard deviation of 0.203. The developed system can store or collect data in real time. And the economic value that appears to have a value of PBP = 0.925, NPV = 43,200 baht / year, break-even point must produce 1,702 kilograms per year.

Keywords: measuring module, water quality, internet of thing

1. บทนำ

จากการสำรวจข้อมูลจำนวนฟาร์มเลี้ยงสัตว์น้ำจืดทั่วประเทศปี 2556 มีฟาร์มเลี้ยงรวม ทั้งหมด 639,094 ฟาร์มลดลงจากปี 2555 ร้อยละ 3.89 เป็นการเลี้ยงในบ่อ 616,494 ฟาร์มลดลงจาก

ปี 2555 ร้อยละ 4.00 เลี้ยงในนาจำนวน 4,110 ฟาร์มลดลงจากปี 2555 ร้อยละ 6.82 เลี้ยงใน ร่องสวนจำนวน 9,033 ฟาร์มลดลงจากปี 2555 ร้อยละ 5.18 เลี้ยงในกระชังจำนวน 9,457 เพิ่มขึ้น จากปี 2555 ร้อยละ 6.32 [1]

โดยในเขตจังหวัดนครปฐมเกษตรกรให้ความสำคัญในการเลี้ยงกุ้งขาว [2] อยู่ในอันดับสามคือมีพื้นที่การเลี้ยงกุ้งขาว 19,806 ไร่ ซึ่งปริมาณการจับกุ้งขาว 21,011.93 ตัน และมูลค่าของรายได้ที่เลี้ยงกุ้งขาวสูงเป็นอันดับแรกที่มีมูลค่า 1,680,954,320 บาทคิดเป็น 85.91% ของมูลค่ารายได้จากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทั้งหมด ซึ่งแสดงว่า จังหวัดนครปฐมเป็นจังหวัดหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแน่นอนไม่อันเนื่องมาจากผลตอบแทนที่ได้อยู่ในระดับราคาสูงเป็นที่ต้องการของเกษตรกรผู้เลี้ยง

ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยเล็งเห็นความสำคัญของปัญหาลักษณะนี้จึงต้องการพัฒนาโมดูลตรวจวัดคุณภาพน้ำในเวลาจริงแบบเครือข่ายสำหรับกลุ่มบ่อเลี้ยงในฟาร์มเลี้ยงสัตว์น้ำขนาดใหญ่โดยนำเทคโนโลยีดิจิทัลและสารสนเทศมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในเชิงสร้างสรรค์พร้อมทั้งผลิตเป็นนวัตกรรมเพื่อใช้งานจริงกับฟาร์มเลี้ยงสัตว์น้ำขนาดใหญ่ให้มีอัตราการอยู่รอดของสัตว์น้ำที่เลี้ยงเพิ่มสูงขึ้นซึ่งก็จะส่งผลต่อรายได้ของเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์น้ำรวมถึงส่งเสริมผลผลิตด้านประมงให้กับประเทศต่อไป

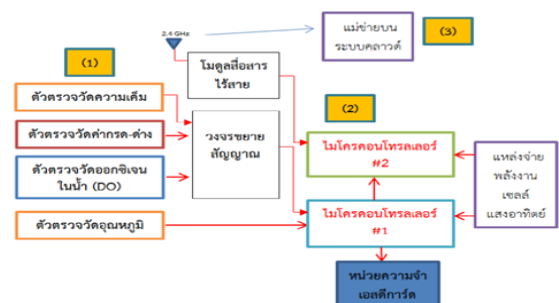
2. วัตถุประสงค์ และขอบเขตของการวิจัย

2.1 วัตถุประสงค์การวิจัย

- เพื่อออกแบบและพัฒนาโมดูลตรวจวัดคุณภาพน้ำในเวลาจริงแบบเครือข่ายสำหรับกลุ่มบ่อเลี้ยงในฟาร์มเลี้ยงสัตว์น้ำขนาดใหญ่
- เพื่อประยุกต์ใช้โมดูลตรวจวัดคุณภาพน้ำในเวลาจริงแบบเครือข่ายสำหรับกลุ่มบ่อเลี้ยงในฟาร์มเลี้ยงสัตว์น้ำจริง
- เพื่อหาประสิทธิภาพ ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และแนวทางการถ่ายทอดเทคโนโลยี การนำโมดูลตรวจวัดคุณภาพน้ำในเวลาจริงแบบเครือข่ายสำหรับกลุ่มบ่อเลี้ยงในฟาร์มเลี้ยงสัตว์น้ำขนาดใหญ่มาใช้ในเชิงพาณิชย์

2.2 ขอบเขตการวิจัย

- ระบบวัดค่าคุณภาพน้ำประกอบด้วยค่าออกซิเจนละลายในน้ำ ค่าพีเอช ค่าความเค็ม และค่าอุณหภูมิ ที่ความลึกในระดับไม่เกิน 2.5 เมตร
- ระบบสามารถเก็บข้อมูลการวัดในแม่ข่ายจากลูกข่ายในโมดูลผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไร้สาย โดยใช้ระบบการสื่อสารไร้สายภายในประเทศ
- ชุดตรวจวัดคุณภาพน้ำ มีความปลอดภัย ไม่จมน้ำ และมีขนาดเล็ก เหมาะสมในการใช้ในบ่อเลี้ยง



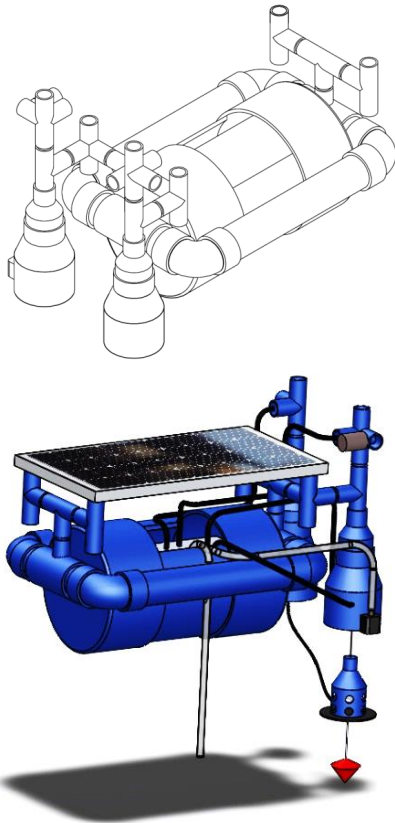
รูปที่ 1 หลักการทำงานของโมดูลตรวจวัดคุณภาพน้ำ

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยนั้นได้ถูกแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน โดยหลังจากที่ได้พัฒนาอุปกรณ์ชุดโมดูลตรวจวัดคุณภาพน้ำแล้วนั้นได้มีการบูรณาการเชื่อมต่อทั้งอุปกรณ์และเครือข่ายซึ่งมีหลักการทำงานดังรูปที่ 1

- ทำการศึกษาข้อมูลพื้นฐานทางกายภาพน้ำของคุณภาพน้ำ [3-4] ในแต่ละบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำตามมาตรฐานคุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการ
- นำค่าดัชนีคุณภาพน้ำที่ได้จากผลการสำรวจในภาคสนามและจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการนำมาประเมินคุณภาพน้ำและเกณฑ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

- ออกแบบโมดูลตรวจวัดคุณภาพน้ำในเวลาจริงแบบเครือข่ายสำหรับบ่อน้ำฝารมเลี้ยงสัตว์น้ำขนาดใหญ่โดยแบ่งส่วนการออกแบบเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1) ชุดโมดูลตรวจวัดคุณภาพน้ำ 2) ส่วนเชื่อมต่อข้อมูล 3) ส่วนศูนย์กลางเครือข่ายสื่อสารเพื่อประมวลผล



รูปที่ 2 ชุดโมดูลตรวจวัดคุณภาพน้ำ

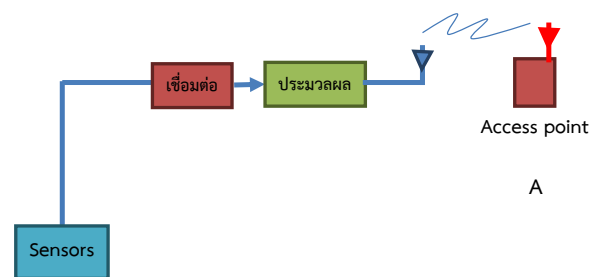
ชุดโมดูลตรวจวัดคุณภาพน้ำ

โมดูลตรวจวัดคุณภาพน้ำที่พัฒนาขึ้น มี ลักษณะเหมือนหุ่นลอย โครงสร้างหลักของโมดูลตรวจวัดคุณภาพน้ำได้ออกแบบไว้เป็น หุ่นลอยที่ทำจากท่อพีวีซีมาตรฐาน มีขนาดความยาวประมาณ 5.16 เซนติเมตร ความกว้างประมาณ 3.62 เซนติเมตร และสูง ประมาณ 30 เซนติเมตร ชุดตรวจวัดคุณภาพน้ำทำหน้าที่ในการ ตรวจวัดคุณภาพน้ำ และล้างหัววัดแบบอัตโนมัติหรือปรับเทียบได้ ตามความเหมาะสม ประกอบด้วยตัวตรวจวัด 4 ตัว ซึ่งจะเป็น ตัวชี้วัดคุณภาพของน้ำ โดยตัวตรวจรู้จะทำการตรวจวัดตามเวลา ที่กำหนดเป็นวินาที เมื่อตัวตรวจรู้ทำการวัดค่าจะถูกส่งไปยัง

วงจรรขยายสัญญาณ เพื่อให้ได้สัญญาณที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและจะ ถูกส่งข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ [5] ตัวที่ 1 (Arduino MEGA 2560) โดยจะทำหน้าที่ประมวลผลเพื่อนำข้อมูล ค่าพารามิเตอร์ของน้ำเก็บในหน่วยความจำในรูปแบบ เอสดีการ์ด (SD CARD) ก่อนนำไปทำการวิเคราะห์หาค่าคุณภาพน้ำโดย ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 (NodeMCU) ที่ทำหน้าที่ในการ ติดต่อสื่อสารกับแม่ข่ายในระบบคลาวด์ (Cloud System) ในการ รับส่งข้อมูล โดยมีแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตมาจากเซลล์ แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานให้กับระบบตรวจวัดคุณภาพ ซึ่ง การออกแบบชุดโมดูลตรวจวัดคุณภาพน้ำนี้เป็นไปดังรูปที่ 2

ส่วนเชื่อมต่อข้อมูล

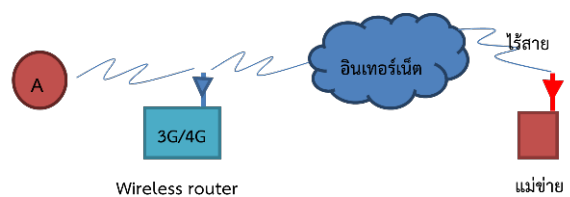
เป็นส่วนที่จะทำหน้าที่เป็นชุดเชื่อมต่อข้อมูลของโมดูลตรวจวัด คุณภาพน้ำไปยังชุดประมวลผลเพื่อเก็บผลแบบอัตโนมัติดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 กระบวนการส่งข้อมูลไปประมวลผล

ศูนย์กลางเครือข่ายสื่อสารเพื่อประมวลผล

เป็นส่วนของการประมวลผลข้อมูลสำหรับเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยง สัตว์น้ำ โดยประกอบด้วยแม่ข่ายศูนย์กลาง [6] ในพื้นที่หรือใน ระบบเครือข่ายไร้สาย และอุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่สำหรับผู้เลี้ยง สัตว์น้ำ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 กระบวนการสื่อสารข้อมูลจากศูนย์กลางแม่ข่าย

- สร้างต้นแบบโมดูลตรวจวัดคุณภาพน้ำพร้อมหุ่นยนต์ที่มีแผงสุริยะไว้เก็บประจุไฟฟ้าใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนในห้องปฏิบัติการ
- สร้างส่วนอุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูล (Controlled Access Point) ในการจัดเก็บหรือรวบรวมข้อมูลในทุก ๆ เวลาและส่วนศูนย์กลางเครือข่ายสื่อสารไร้สายเพื่อการประมวลผลข้อมูลในห้องปฏิบัติการ
- ทดสอบหาประสิทธิภาพในภาพรวมของระบบที่พัฒนาขึ้นโดยการจำลองสถานที่เสมือนจริงในห้องปฏิบัติการพร้อมทั้งปรับปรุงข้อบกพร่องให้สามารถพร้อมใช้ในภาคสนาม
- ติดตั้งโมดูลตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อดูดองจำนวน 2 จุดต่อบ่อในพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจริงของฟาร์มเพาะเลี้ยงกุ้งขาวของเกษตรกรพร้อมติดตั้งส่วนอุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูลในการจัดเก็บหรือรวบรวมข้อมูลในทุก ๆ เวลาและส่วนศูนย์กลางเครือข่ายสื่อสารไร้สายเพื่อการประมวลผลข้อมูลในภาคสนาม
- หาประสิทธิภาพในภาพรวมของระบบที่พัฒนาขึ้นในภาคสนามพร้อมทั้งเก็บข้อมูลการทดสอบมาทำการวิเคราะห์ผล
- นำเสนอผลงานแบบสรุปต่อกลุ่มเกษตรกรเพื่อหาแนวทางการถ่ายทอดเทคโนโลยีการนำโมดูลตรวจวัดคุณภาพน้ำในเวลาจริงแบบเครือข่ายสำหรับกลุ่มบ่อเลี้ยงในฟาร์มเลี้ยงสัตว์น้ำขนาดใหญ่มาใช้ในเชิงพาณิชย์
- สรุปผลการทดลองและเขียนรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

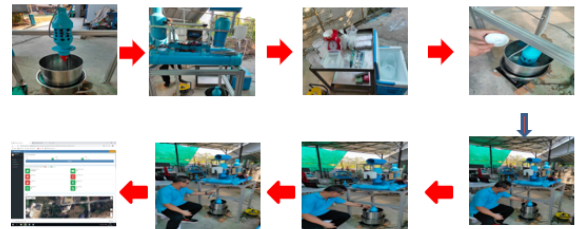
4. การทดสอบ

การทดสอบโมดูลตรวจวัดคุณภาพน้ำ จัดทำขึ้นเมื่อทำการประกอบโครงสร้างโมดูลตรวจวัดคุณภาพน้ำ และชุดเชื่อมต่อข้อมูล เสร็จเรียบร้อยแล้วก็จะขึ้นขั้นตอนการทดสอบการทำงานเบื้องต้น ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 การทดสอบ คือ การเปรียบเทียบชุดหัววัดกับเครื่องมือมาตรฐาน และการทดลองวัดค่าหลังการเปรียบเทียบในสถานที่เลี้ยงสัตว์น้ำจริง ดังนี้

4.1 เปรียบเทียบหัววัดกับเครื่องมือมาตรฐาน

การเปรียบเทียบชุดหัววัดกับเครื่องมือมาตรฐาน โดยการปรับเปลี่ยนค่าอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรดต่าง [7] และค่าออกซิเจนละลายใน

น้ำ [8] แล้วตรวจวัดค่าด้วยเครื่องมือมาตรฐาน และตรวจวัดค่าด้วยชุดหัววัดผ่านเว็บไซต์ แล้วนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบ เพื่อนำค่าสมการไปใช้กำหนดค่าตรวจวัดในโปรแกรมประมวลผลให้ถูกต้องดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 การเปรียบเทียบชุดหัววัดกับเครื่องมือมาตรฐาน

4.2 การทดสอบตัวตรวจวัดอุณหภูมิในน้ำ

การทดสอบตัวตรวจวัดค่าอุณหภูมิในน้ำ ของชุดตรวจวัดของระบบผ่านเครือข่ายเทียบกับ อุปกรณ์ตรวจวัดมาตรฐาน จากการปรับอุณหภูมิสภาพน้ำด้วยน้ำแข็งและเครื่องให้ความร้อน [9] เพื่อทดสอบช่วงอุณหภูมิที่ 20 ถึง 40 องศาเซลเซียส โดยจะเพิ่มค่าอุณหภูมิขึ้นลง เพื่ออ่านค่าอุณหภูมิด้วยเทอร์โมมิเตอร์และอ่านค่าจากหัววัดผ่านเว็บไซต์ เพื่อบันทึกแล้วทำการทดสอบซ้ำ 5 และมีค่าปรับในโปรแกรมชุดตรวจวัดอุณหภูมิ คือ ค่าที่อ่านได้จากระบบเท่ากับ $1.366 \times (\text{ค่าจริงของสภาพน้ำ}) - 0.4690$

4.3 การทดสอบตัวตรวจวัดค่าความเป็นกรด - ด่าง

การทดสอบตัวตรวจวัดค่าความเป็นกรด - ด่าง ของชุดตรวจวัดของระบบผ่านเครือข่ายเทียบกับ อุปกรณ์ตรวจวัดมาตรฐาน จากการปรับสภาพน้ำด้วยปูนขาว เพื่อทดสอบช่วงค่าความเป็นกรด - ด่างช่วง 4.0 ถึง 10.0 โดยจะปรับค่าความเป็นกรด - ด่าง เพื่ออ่านค่าความเป็นกรด - ด่าง ด้วย เครื่องวัดค่าความเป็นกรด - ด่าง ยี่ห้อ ATC รุ่น pH/EC-983 และอ่านค่าจากหัววัดผ่านเว็บไซต์ เพื่อบันทึกแล้วทำการทดสอบซ้ำ 5 ครั้ง และมีค่าปรับในโปรแกรมชุดตรวจวัดค่าความเป็นกรด - ด่าง คือ ค่าที่อ่านได้จากระบบ เท่ากับ $0.7059 \times (\text{ค่าจริงของสภาพน้ำ}) + 1.6229$

4.4 การทดสอบตัวตรวจวัดค่าออกซิเจนละลายในน้ำ

การทดสอบตัวตรวจวัดค่าออกซิเจนละลายในน้ำ ของชุดตรวจวัดของระบบผ่านเครือข่ายเทียบกับ อุปกรณ์ตรวจวัดมาตรฐาน จาก

การปรับสภาพน้ำด้วยปูนขาวและปรับอุณหภูมิน้ำ เพื่อทดสอบช่วงค่าออกซิเจนละลายในน้ำ ช่วง 10.0 ถึง 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่ออ่านค่าออกซิเจนละลายในน้ำ ค่าออกซิเจนละลาย ด้วยเครื่องวัดค่าออกซิเจนละลายในน้ำ ยี่ห้อ EXTECH -ExStik II รุ่น DO600 และอ่านค่าจากหัววัดผ่านเว็บไซต์ เพื่อบันทึกแล้วทำการทดสอบซ้ำ 5 ครั้ง และมีค่าปรับในโปรแกรมชุดตรวจวัดค่าออกซิเจนละลายในน้ำ คือ ค่าที่อ่านได้จากระบบ เท่ากับ $0.8936 \times (\text{ค่าจริงของสภาพน้ำ}) + 0.4047$

4.5 การทดสอบวัดค่าความเค็ม

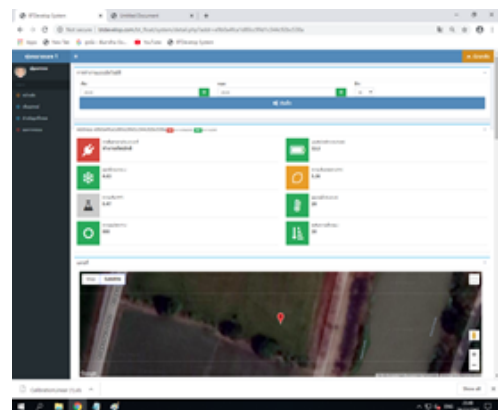
การทดสอบตัวตรวจวัดค่าความเค็มของชุดตรวจวัดของระบบผ่านเครือข่าย [10] เทียบกับอุปกรณ์ตรวจวัดมาตรฐานจากการปรับสภาพน้ำด้วยเกลือ เพื่อทดสอบช่วงค่าความเค็ม ช่วง 0.03 ถึง 0.80 ppt เพื่ออ่านค่าความเค็ม ด้วยเครื่องวัดค่าความเค็ม ยี่ห้อ AZ รุ่น 8371.Salinity meter และอ่านค่าจากหัววัดผ่านเว็บไซต์ เพื่อบันทึกแล้วทำการทดสอบซ้ำ 5 และมีค่าปรับในโปรแกรมชุดตรวจวัดค่าความเค็ม คือ ค่าที่อ่านได้จากระบบ เท่ากับ $0.6667 \times (\text{ค่าจริงของสภาพน้ำ}) + 0.567$

4.6 การทดสอบโมดูลตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อจริง

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างโมดูลตรวจวัดคุณภาพน้ำ ได้ปรับปรุงและทดสอบโมดูลตรวจวัด คุณภาพน้ำต้นแบบเพื่อนำไปใช้งานจริงเพื่อหาประสิทธิภาพการทำงาน โดยได้นำโมดูลตรวจวัดคุณภาพน้ำต้นแบบไปทดสอบที่บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของศูนย์บ่มเพาะบ้านดอน อำเภอดู่ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี ขนาดเนื้อที่ของบ่อประมาณ 6 ไร่ ลักษณะการเลี้ยง คือ เลี้ยงแบบผสมกุ้งขาวกับกุ้งก้ามกราม โดยมีการปล่อยกุ้งก้ามกราม จำนวน 200 กิโลกรัม ก่อน 7-10 วัน ต่อจากนั้นปล่อยกุ้งขาวลง 250,000 ตัว ซึ่งอายุของกุ้งอยู่ประมาณ 1 เดือน ในการดูแลคุณภาพน้ำภายในบ่อเลี้ยง จะมีเครื่องปั้มน้ำ 8 ใบพัด จำนวน 3 ตัว (จะใช้เมื่อเลี้ยงกุ้งแล้วประมาณ 1 เดือน) วางอยู่ ต้นบ่อ กลางบ่อ และท้ายบ่อ เพื่อให้พองอากาศในการเพิ่มออกซิเจน และเกิดการไหลเวียนน้ำภายในบ่อเลี้ยง ซึ่งจะทำการเปิดเครื่องให้พองอากาศเพื่อเพิ่มออกซิเจน ช่วงเวลา 18.00 น. จนถึง 06.00 น. ของวันรุ่งขึ้นโดยมีการเลี้ยงอาหาร 2 รอบ ได้แก่ รอบเช้าเวลา 06.00 น. และรอบเย็นเวลา 16.30 น. และเมื่อกุ้งได้ 30 - 35 วัน จะมีการรักษา

คุณภาพน้ำภายในบ่อ โดยการเติมแมกนีเซียม ทุก 5-7 วัน เพื่อช่วยปรับสมดุลเกลือแร่ภายในร่างกายหรือช่วยให้กุ้งลอกคราบ อีกทั้งต้องโรยเกลือเม็ดประมาณ 10 กระสอบหรือประมาณ 400 กิโลกรัม เพื่อช่วยปรับสภาพน้ำให้กร่อยและช่วยในการสร้างเปลือกและปรับความสมดุลกรดต่างภายในร่างกายของกุ้ง โดยสภาพพื้นที่บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่ใช้ทดลองจริง

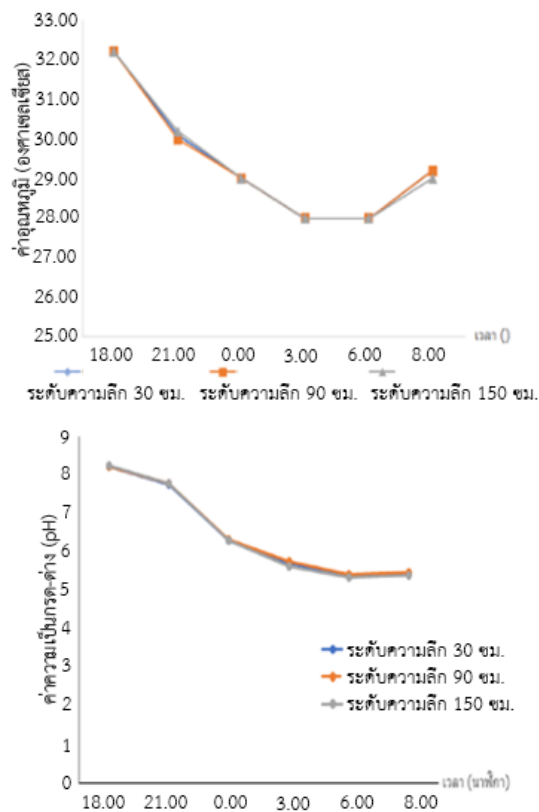
ผลการทดสอบการใช้งานจริง ที่บ่อเลี้ยงกุ้งของศูนย์บ่มเพาะบ้านดอน อำเภอดู่ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี โดยโมดูลตรวจวัดคุณภาพน้ำ ทั้งอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าความเค็มและค่าออกซิเจนละลายในน้ำ ตั้งแต่ เวลา 18.00 น. ถึงเวลา 09.00 น. ของวันรุ่งขึ้น โดยใช้โมดูลตรวจวัด มาตรฐานจำนวน 4 โมดูล เพื่อตรวจวัดค่าที่ต้องการตลอดเวลาและทุกช่วงของบ่อ ซึ่งค่าที่ได้จะถูก บันทึกลงในแม่ข่ายของระบบคลาวด์ที่พัฒนาไว้ ดังรูปที่ 6



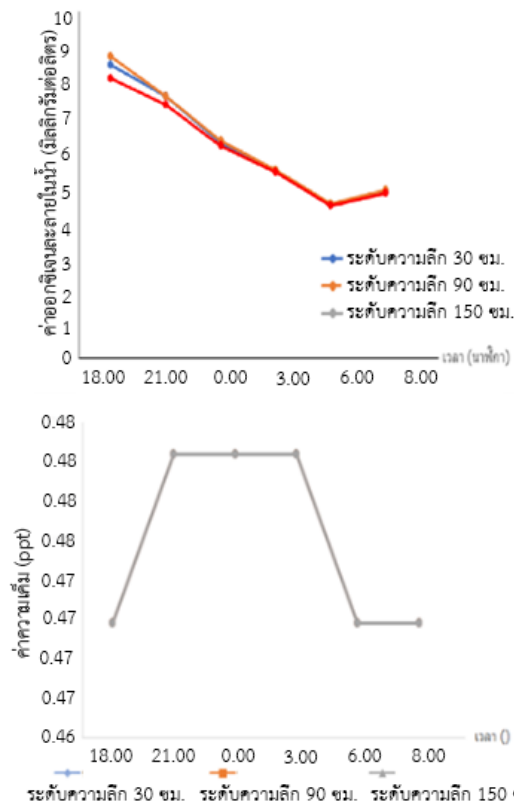
รูปที่ 6 เว็บไซต์แสดงข้อมูลผลการตรวจวัด

5. อภิปรายและสรุป

ผลการทดสอบการใช้งานจริง ที่บ่อเลี้ยงกุ้งของศูนย์บ่มเพาะบ้านดอน อำเภอดู่ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี โดยโมดูลตรวจวัดคุณภาพน้ำ ทั้งอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าความเค็มและค่าออกซิเจนละลายในน้ำ ตั้งแต่ เวลา 18.00 น. ถึงเวลา 08.00 น. ของวันรุ่งขึ้น โดยใช้โมดูลตรวจวัด มาตรฐานจำนวน 4 โมดูล เพื่อตรวจวัดค่าที่ต้องการตลอดเวลาและทุกช่วงของบ่อ ซึ่งค่าที่ได้จะถูก บันทึกลงในแม่ข่ายของระบบคลาวด์ที่พัฒนาไว้ ดังรูปที่ 7 และ 8



รูปที่ 7 ค่าอุณหภูมิและกรด-ด่างของน้ำที่ระดับความลึก



รูปที่ 8 ค่าของออกซิเจนที่ละลายในน้ำและค่าความเค็มของน้ำใน ระดับความลึก

จะเห็นว่าในการทดสอบวัดคุณภาพน้ำด้วยโมดูลตรวจวัด ในบ่อเลี้ยงพบว่าระดับอุณหภูมิจะปรับตามสภาพอากาศหรือ ความร้อนจากดวงอาทิตย์ โดยไม่แตกต่างกันที่ความลึกเพราะ เป็นบ่อขนาดใหญ่และไม่ลึกมากนัก ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างจะ ลดในเวลากลางคืนอาจเนื่องจากการใช้น้ำ การกินอาหาร การใช้ ออกซิเจน และปล่อยของเสียของสัตว์น้ำ โดยไม่แตกต่างกันที่ ความลึกเพราะเป็นบ่อขนาดใหญ่และไม่ลึกมากนัก สำหรับค่า ออกซิเจนละลายในน้ำจะลดในเวลากลางคืนอาจเนื่องจากสัตว์น้ำ ทั้งหมด ใช้ออกซิเจนในกลางคืน และไม่มีผู้ผลิตออกซิเจนใน กลางคืน โดยไม่แตกต่างกันที่ความลึกเพราะเป็นบ่อขนาดใหญ่ และไม่ลึกมากนัก สำหรับค่าความเค็มมีค่าความเค็มเกือบคงที่ ตลอดทั้งบ่อ และไม่แตกต่างกันที่ความลึกเพราะเป็นบ่อขนาดใหญ่ ไม่ลึก และมีการใช้น้ำกร่อยที่กำหนดค่าความเค็มไว้แล้ว โดยได้วิเคราะห์ค่าเฉพาะเวลาวิกฤติ ช่วงเวลา 22.00 น.-07.00 น. พบว่า โมดูลตรวจวัดคุณภาพน้ำในเวลากลางคืนแบบเครือข่ายที่ พัฒนาขึ้นสามารถตรวจวัดค่าออกซิเจนละลายในน้ำ ค่าความเป็น กรด-ด่าง ค่าความเค็ม และอุณหภูมิ ได้โดยพบว่า ค่าเฉลี่ยของ ออกซิเจนละลายในน้ำ มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่า 5.8 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตลอดการวัดเท่ากับ 0.168 ค่าเฉลี่ย ของค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าเท่ากับ 5.97 โดยมีค่าเบี่ยงเบน มาตรฐานตลอดการวัดเท่ากับ 0.114 ค่าเฉลี่ยของค่าความเค็มมี ค่าคงที่เท่ากับ 0.477 ส่วนในพื้นส่วน และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ ค่าเท่ากับ 28.63 องศาเซลเซียส โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตลอดการวัดเท่ากับ 0.203 จากการคำนวณข้างต้น สามารถ สรุปผลเพื่อประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ได้ คือ

- ประเมินค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ เท่ากับ 106,800.00 บาท/ปี
- จุดคุ้มทุน คือ ต้องผลิต 1,702.00 กิโลกรัม/ปี
- ระยะเวลาคืนทุนคือ 0.925 ปีหรือประมาณ 11 เดือน
- มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) คือ 43,200.00 บาท

จากข้อมูลที่ได้จากการทดสอบวัดคุณภาพน้ำด้วยโมดูล ตรวจวัด สามารถแจ้งให้เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้ทราบ ข้อมูลในช่วงวิกฤตของการเลี้ยงสัตว์น้ำได้ทันท่วงทีเพื่อแก้ไข สถานการณ์ได้ทันเวลาก่อนที่จะส่งผลร้ายแรงกับสัตว์น้ำที่ เพาะเลี้ยง

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สถิติผลผลิตการเลี้ยงสัตว์น้ำจืด กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, 2556.
- [2] ปกป้อง อุ่มอยู่ วิเชียร วรสายัณห์ และเนตรดาว วิเศษโส. การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei* Boone) ในระบบน้ำหมุนเวียนเปรียบเทียบกับระบบปิดที่มีการบำบัดเลนพื้นบ่อ. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2556.
- [3] เจษฎา อรุณฤกษ์ สมรรถชัย จันทรัตน์ และวีระชัย แยมวจิ. การพัฒนาระบบการตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาว. บทความวิจัย-วิชาการ. การประชุมวิชาการระดับประเทศ ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ (National Conference on Information Technology: NCIT) ครั้งที่ 7. ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีปทุมธานี, 2558.
- [4] ธวัชชัย ทองเหลี่ยม วีระศักดิ์ ชื่นตา หฤทัย ดันสกุล และบรรเจิด เจริญพันธ์. ระบบตรวจวัด คุณภาพน้ำและประมวผลผลแบบอัตโนมัติสำหรับกระชังปลาทับเทียม. บทความวิจัย-วิชาการ การประชุมวิชาการงานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยี เพื่อให้โลกมีสันติสุข. วันที่ 21-23 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ล้านนา ภาควิชาพืช เชียงใหม่, 2557.

- [5] ไมโครคอนโทรลเลอร์ สืบค้นจาก. <https://th.wikipedia.org/wiki/ไมโครคอนโทรลเลอร์>
- [6] เว็บเซิร์ฟเวอร์ สืบค้นจาก. <https://th.wikipedia.org/wiki/เว็บเซิร์ฟเวอร์>
- [7] ญัฐพงศ์ พันธนะ และสมเกียรติ ทองแก้ว การสร้างชุดเฝ้าระวังค่าความเป็นกรดเป็นเบสในน้ำแบบเวลาจริง. บทความวิจัย. คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2561.
- [8] กิริติช สายพัทลุง และคณะ. ม.ป.ป. ระบบควบคุมการเติมออกซิเจนแบบอัตโนมัติในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยใช้พลังงานทดแทนร่วม. บทความวิจัย-วิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน และภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [9] พัชรพล ศรียะศักดิ์ นิวุฒิ หวังชัย ชนกกันต์ จิตมนัส จงกลพรมยะ และหลุยส์ เลอเบล ผลกระทบจากสภาพอากาศและฤดูกาลต่อคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ. บทความวิชาการ KRU Res. J. 19(5), 743-751, 2014.
- [10] การตรวจวัดความเค็มของน้ำ สืบค้นจาก. <https://legatool.com/wp/4556/>