

การศึกษาศักยภาพและประเมินเศรษฐศาสตร์พลังงานของการใช้ระบบ ผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำระดับชุมชน

วันที่รับ : 15 กรกฎาคม 2567

วันที่แก้ไข : 15 ตุลาคม 2567

วันที่ตอบรับ : 17 ตุลาคม 2567

สุลักษณ์ มงคล¹,

ชาโรจน์ ใจสิน¹, อัครินทร์ อินทนิเวศน์¹,

ธงชัย มณีชูเกตุ¹, ภาณุวิชญ์ พุทธิรักษา¹,

ธัญลักษณ์ สันเดช¹ และ สราวุธ พลวงษ์ศรี^{1*}

¹วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

*Corresponding author e-mail: sarawut-energy@hotmail.com



บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพการทำงานและประเมินเศรษฐศาสตร์พลังงานของการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในระดับชุมชนของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรกรพืช ผัก สมุนไพร ท่าตันกวาว อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่ จากการออกแบบพบว่า ขนาดระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมในการใช้งานมีขนาด 900 Wp ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยวขนาด 450 W จำนวน 1 แผง จ่ายให้กับเครื่องเติมอากาศแบบกังหันมอเตอร์กระแสตรงขนาด 350 W ได้ประมาณ 9 ชั่วโมง/วัน อีกส่วนหนึ่งใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 450 W จำนวน 1 แผง ผลิตไฟฟ้าเพื่อจ่ายให้กับแบตเตอรี่ ขนาด 12 V 100 Ah จำนวน 2 ลูก สรรองไฟฟ้าใช้ในเครื่องเติมอากาศในช่วงเวลา 23.00 น. ถึง 04.00 น. ซึ่งเป็นเวลาที่ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) มีค่าต่ำลง จะใช้ระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมติดตามการทำงานของค่า DO ได้ตลอดทั้งวัน โดยมีค่าสูงสุด 7.50 mg/L และต่ำสุด 1.30 mg/L หรือคิดเฉลี่ย 3.70 mg/L ซึ่งเพียงพอต่อการอยู่อาศัยของปลา โดยผลการประเมินศักยภาพการใช้พลังงานตลอดทั้งปี พบว่า ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าจ่ายให้กับเครื่องเติมอากาศได้ 1,383.35 kWh/ปี คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง 90.24% เมื่อเปรียบเทียบกับการเปิดเครื่องเติมอากาศแบบเดิมในช่วงกลางคืนประมาณ 12 ชั่วโมงต่อวัน สำหรับผลการประเมินเศรษฐศาสตร์พลังงาน พบว่า การคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์คิดเป็นเงินค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ 6,225.08 บาท/ปี มีระยะเวลาคืนทุนของระบบ 6.35 ปี มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 15,898.71 บาท และมีอัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับ 10.53% ผลจากการใช้งานทำให้กลุ่มวิสาหกิจฯ สามารถลดระยะเวลาในการเลี้ยงปลาให้สั้นลงจากปกติเลี้ยงปลาแบบธรรมชาติใช้เวลา 7 เดือน ลดลงเหลือเวลา 4 เดือน

คำสำคัญ: ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์, เศรษฐศาสตร์พลังงาน, การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

THE STUDY OF POTENTIAL AND EVALUATION OF ENERGY ECONOMICS OF SOLAR POWER SYSTEMS FOR COMMUNITY-LEVEL AQUACULTURE

Received : July 15, 2024

Revised: October 15, 2024

Accepted : October 17, 2024

Sulaksana Mongkon¹,

Chawaroj Jaisin¹, Akarin Intaniwet¹,

Thongchai Maneechukate¹, Panuwit Puttaraksa¹,

Thanyaluck Sandech¹, and Sarawut Polvongsri^{1*}

¹School of Renewable Energy, Maejo University, Chiang Mai, Thailand

*Corresponding author e-mail: sarawut-energy@hotmail.com



Abstract

The objectives of this study were to investigate the operational potential and evaluate the energy economics of using a solar photovoltaic (PV) system for aquaculture at the community level, specifically within the Tha Thon Kwao Community Enterprise Group for Agricultural, Vegetable, and Herbal Cultivation in Saraphi District, Chiang Mai Province. The design findings indicated that the optimal solar PV system size was 900 Wp, utilizing a single 450 W monocrystalline solar panel to power a 350 W DC motor paddlewheel aerator for approximately 9 hours per day. Additionally, another 450 W panel was used to charge two 12 V 100 Ah batteries to supply backup power to the aerator during nighttime hours (from 11:00 PM to 4:00 AM), a period when dissolved oxygen (DO) levels in the water become normally lower. An environmental monitoring system was used to continuously track DO levels, which ranged from a minimum of 1.30 mg/L to a maximum of 7.50 mg/L, with an average of 3.70 mg/L which is sufficient to sustain fish life. The annual energy assessment showed that the solar PV system could generate approximately 1,383.35 kWh/year, reducing conventional electricity usage for aeration by 90.24% compared to operating the aerator for 12 hours per night. The economic evaluation revealed electricity cost savings of 6,225.08 Baht/year, a payback period of 6.35 years, a net present value (NPV) of 15,898.71 Baht, and an internal rate of return (IRR) of 10.53%. As a result of the system's implementation, the community enterprise was able to shorten the fish farming cycle from 7 months under natural method condition to only 4 months.

Keywords: Solar power generation system, Energy economics, Aquaculture

URU
URU
URU บทนำ

ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่มีพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทั้งหมด 6,567.8461 ไร่ สามลำดับแรกที่มีการเลี้ยงมากที่สุดได้แก่ ปลานิล 3,256 ตัน/ปี ปลาตะบิม 1,810 ตัน/ปี และปลาดุก 624 ตัน/ปี มีจำนวนเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จำนวน 7,511 ราย แบ่งเป็นเลี้ยงแบบยังชีพ 6,905 ราย เลี้ยงแบบพาณิชย์ 606 ราย (สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดเชียงใหม่, 2565) ซึ่งในจำนวนนี้มีองค์กรชุมชนประมงท้องถิ่นจังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 35 ชุมชน โดยหนึ่งชุมชนที่มีจำนวนสมาชิกมากที่สุด คือชุมชนประมงท้องถิ่นอำเภอสารภี โดยสมาชิกในกลุ่มมีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เช่น ปลานิล ปลาหมอ ปลาสลิด และกบ โดยมีทั้งแบบยังชีพ พาณิชย์ โรงเพาะฟัก และศูนย์เรียนรู้การประมง เริ่มตั้งแต่เพาะพันธุ์ปลา อนุบาลปลา จนถึงออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ และเป็นวิสาหกิจชุมชนที่มีการทำเกษตรแบบผสมผสาน อย่างไรก็ตามส่วนใหญ่รูปแบบการเลี้ยงจะเป็นการเลี้ยงแบบธรรมชาติแบบไม่หนาแน่น เช่น การเลี้ยงในบ่อดิน รวมทั้งเกษตรกรบางรายมีการเพาะเลี้ยงปลาแบบหนาแน่นทั้งในบ่อดิน บ่อซีเมนต์ และการเลี้ยงในระบบไบโอฟลอคในบ่อพลาสติก ซึ่งมีความเสี่ยงในการเกิดอาการโรคน้ำของปลาสูง โดยเฉพาะหากเป็นการเลี้ยงปลาเศรษฐกิจที่เป็นที่ต้องการของตลาดเช่น ปลานิล และปลาตะบิม ซึ่งปัจจัยในการเจริญเติบโตของปลากลุ่มนี้ต้องการอุณหภูมิ น้ำ 25-32 °C ค่า pH 6.3-8.3 และจำเป็นต้องรักษาปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen: DO) ไม่ควรต่ำกว่า 3 mg/L จะทำให้ปลากินอาหารได้ดีและมีสุขภาพแข็งแรง (นิสรา กิจเจริญ, 2563) นอกจากนั้นการเพิ่มออกซิเจนในน้ำยังสามารถช่วยลดระยะเวลาการเลี้ยงให้สั้นลงดังในงานวิจัยของ วรพงษ์ นลินานท์ และคนอื่นๆ (2560, น. 490.) ได้ทำการศึกษาการเลี้ยงปลานิลโดยมีการเติมอากาศแบบผลักดันมวลน้ำ จากการศึกษาพบว่า ค่า DO ในกระชังที่เลี้ยงปลานิลและมีการเติมอากาศมีค่าระหว่าง 1.9-5.8 mg/L และปลานิลที่เลี้ยงในกระชังที่มีการเติมอากาศเปรียบเทียบกับกระชังที่เลี้ยงกระชังทั่วไปจะมีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของน้ำหนักและความยาวได้ดีกว่า และอัตราการแลกเปลี่ยนเนื้อที่ต่ำกว่า ดังนั้นในปัจจุบันเกษตรกรจึงนิยมเติมอากาศให้กับบ่อเพาะเลี้ยงปลามากขึ้นโดยใช้รูปแบบต่างๆ เช่น การใช้กังหันน้ำเติมอากาศบนผิวน้ำ และการเติมอากาศแบบหัวทราย เป็นต้น โดยปริมาณการเติมอากาศแต่ละแบบจะขึ้นปริมาณของปลาที่เลี้ยง และขนาดของบ่อที่เพาะเลี้ยง ซึ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญที่ส่งผลต่อปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าทำให้เกษตรกรมีต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้น

ในปัจจุบันการนำระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เข้ามาช่วยในการจัดการค่าไฟฟ้าในฟาร์มเกษตรเริ่มได้รับความนิยมมากขึ้นมีการศึกษาหลายงานวิจัยที่พบว่า สามารถลดต้นทุนของเกษตรกรเลี้ยงปลาได้จริง เช่น สราวุธ พลวงษ์ศรี และคนอื่นๆ (2562) ได้ศึกษาผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าและดัชนีการใช้พลังงานต่อหน่วยผลิตของเครื่องเติมอากาศบ่อเลี้ยงปลาที่ใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบไฟฟ้าพื้นฐานขนาด 2.84 kWp เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับเครื่องเติมอากาศขนาด 3 hp จำนวน 3 ชุด ในบ่อปลาขนาดใหญ่พื้นที่ 8 ไร่ พบว่าสามารถลดค่าไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าพื้นฐานได้สูงสุด 19,950.63 บาท/รอบ โดยเลี้ยงปลาได้ 2 รอบ/ปี คิดเป็นเงิน 39,901.26 บาท/ปี ค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยการผลิตหลังติดตั้งระบบ 0.56 kWh/kg ลดลง 0.23 kWh/kg สุลักษณ์ มงคล และคนอื่นๆ (2565, น. 36-37) ได้ศึกษาสมรรถนะและประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบไฟฟ้าพื้นฐานในฟาร์มเพาะพันธุ์ปลาในบ่อซีเมนต์ที่ใช้เครื่องเติมอากาศที่มีกำลังไฟฟ้า 1.2 kW จากการออกแบบพบว่า ต้องใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 450 Wp จำนวน 4 แผง ระบบสามารถผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ได้ 8.30 kWh/วัน หรือคิดเป็น 63% ของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบเติมอากาศ และมีค่าสมรรถนะระบบ (Performance Ratio: PR) เท่ากับ 94% เมื่อประเมินผลผลิตพลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปีพบว่า ระบบผลิตไฟฟ้าที่ติดตั้งนี้สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้

1,872.50 kWh/ปี คิดเป็นค่าไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้ 7,864.50 บาท/ปี โดยมีเงินลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากับ 54,500 บาท ทำให้ระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 6.93 ปี นอกจากนี้มีการศึกษาการใช้งานระบบผลิตไฟฟ้ารวมกับการใช้อุปกรณ์ตรวจวัดควบคุมจะสามารถเพิ่มศักยภาพการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้ดีขึ้น สราวุธ พลวงษ์ศรี และคนอื่นๆ (2565) ได้ออกแบบและพัฒนาระบบตรวจวัดพลังงานและสิ่งแวดล้อม และระบบควบคุมการเติมออกซิเจนในน้ำสำหรับบ่อเลี้ยงปลาแบบไปโอฟลอกที่มีการใช้งานระบบเติมอากาศตลอด 24 ชั่วโมง ผลทดลองพบว่า การใช้งานสำหรับเครื่องเติมอากาศขนาด 2 hp สามารถรักษาปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำให้อยู่ระหว่าง 3 – 5 mg/L ได้ โดยใช้อัตราการไหลอากาศสำหรับเติมลงบ่อที่ 30 m³/h ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้สำหรับรักษาปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ และเปอร์เซ็นต์การทำงานของเครื่องเติมออกซิเจนในน้ำเท่ากับ 71.69 % ลดลงจากเดิม 28.31 % ส่งผลให้สามารถประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้าได้ 305.79 kWh/เดือน หรือคิดเป็นผลประหยัด 1,352.13 บาท/เดือน สำหรับเครื่องเติมอากาศขนาด 3 hp จะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 448.50 kWh/เดือน คิดเป็นผลประหยัด 1,983.12 บาท/เดือน

จากงานวิจัยดังกล่าวข้างต้นส่วนใหญ่เป็นการประยุกต์การใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในระดับของเกษตรกรรายใหญ่หรือผู้ประกอบการพันธุ์ปลาขนาด SMEs ซึ่งในระดับชุมชนหรือเกษตรกรขนาดเล็กยังขาดการเข้าถึงเทคโนโลยีนี้ ซึ่งหากนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับการใช้งานในระดับชุมชนซึ่งเป็นกลุ่มผู้เลี้ยงปลาขนาดเล็กจะสามารถช่วยเพิ่มศักยภาพการผลิตและลดต้นทุนค่าไฟฟ้าได้ ดังนั้นงานในวิจัยนี้จึงได้ศึกษาและออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีความเหมาะสมมาใช้งานกับบ่อเลี้ยงปลาขนาดเล็กซึ่งเลือกบ่อเลี้ยงปลาในระดับกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ทำการประเมินศักยภาพการใช้งานและประเมินเศรษฐศาสตร์พลังงานจากการใช้งานระบบ เพื่อให้ได้แนวทางการใช้เทคโนโลยีเป็นต้นแบบของชุมชน และสามารถนำองค์ความรู้ไปขยายผลการใช้งานเพื่อเสริมศักยภาพการผลิตและลดระยะเวลาการเลี้ยงให้เร็วขึ้น



วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาศักยภาพการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งสำหรับบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต้นแบบชุมชน
2. เพื่อประเมินเศรษฐศาสตร์พลังงานของการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในระดับชุมชน



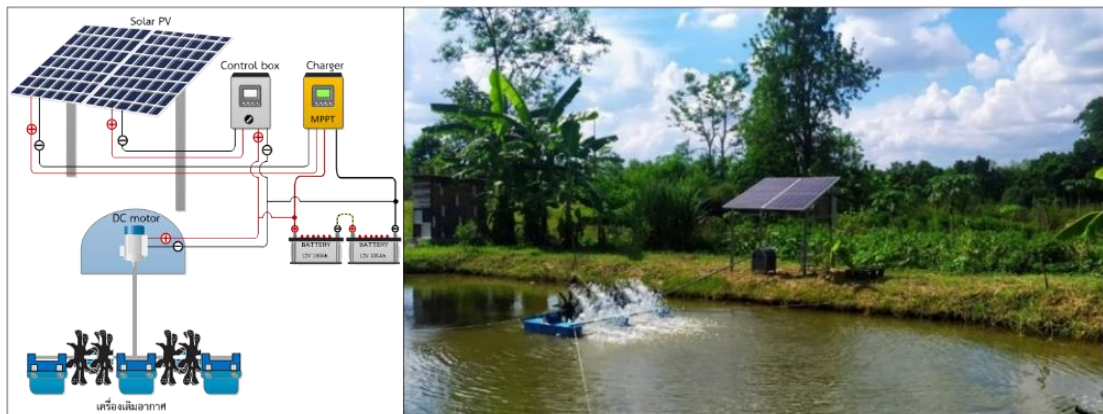
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยมีรายละเอียดการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

พื้นที่ดำเนินการวิจัยของชุมชนในอำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่ ได้แก่ วิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรกร พืช ผัก สมุนไพร ทาตันทาว เป็นศูนย์ที่สนับสนุนการดำเนินด้านเกษตรกรรมต้นแบบของชุมชน มีพื้นที่ปลูกผักและบ่อเลี้ยงปลา พื้นที่ 400 m² โดยก่อนเริ่มดำเนินงานได้มีการลงสำรวจพื้นที่และอบรมถ่ายทอดความรู้เทคโนโลยีให้กับตัวแทนของชุมชน ณ ศูนย์การเรียนรู้ต้นแบบ SEEU Cloud Innovation Center วิทยาลัยพลังงานทดแทนมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจเทคโนโลยีที่ได้รับการถ่ายทอด ดังภาพ 1



ภาพ 1 วิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตร พืช ผัก สมุนไพร ท่าต้นถาว

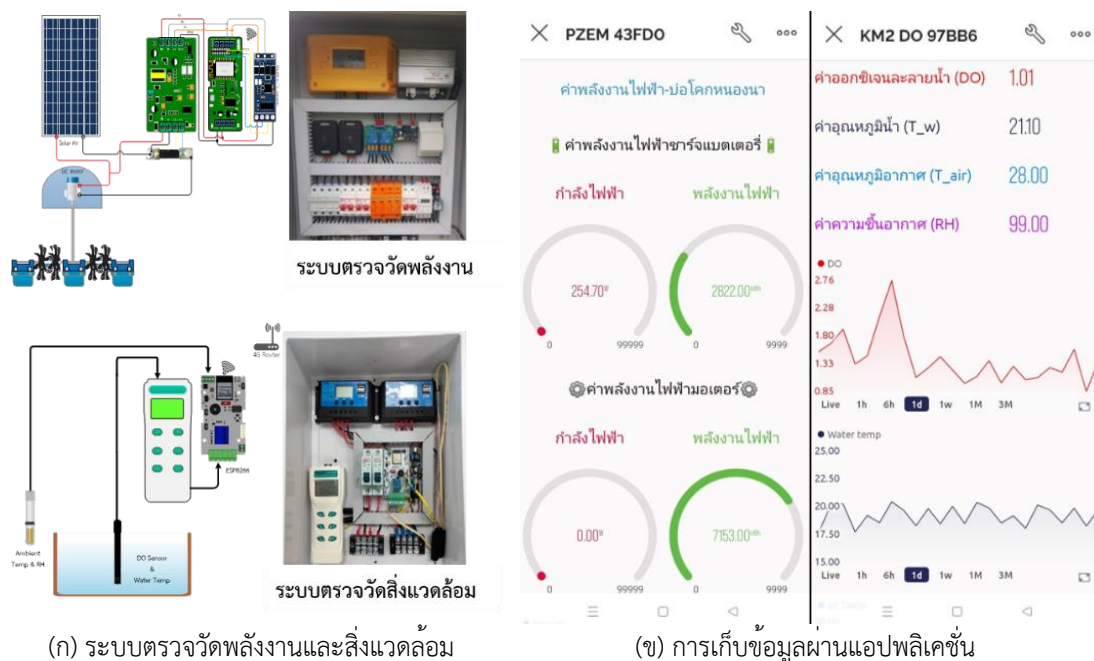


ภาพ 2 ไดอะแกรมการทำงานและการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์
สำหรับเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ภาพ 2 แสดงไดอะแกรมการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 900 Wp ประกอบด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโมโนคริสตัลไลน์ แบบ Half cell ขนาด 450 W (V_{mp} 41.50 V, I_{mp} 10.85 A, V_{oc} 49.3 V และ I_{sc} 11.60 A) จำนวน 2 แผง ผลิตไฟฟ้าเมื่อได้รับแสงอาทิตย์ประมาณ 5-9 ชั่วโมง/วัน และ ใช้แบตเตอรี่ชนิด Deep Cycle ขนาด 12 V 100 Ah จำนวน 2 ลูก สำหรับสำรองไฟฟ้าไว้ใช้ในช่วงเวลากลางคืน โดยทำงานร่วมกับเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ ขนาด 24 V 30 A ลักษณะการทำงานของระบบไฟฟ้า ที่ออกแบบจะแยกเป็นสองส่วน ได้แก่ ในช่วงเวลากลางวันแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 450 W จำนวน 1 แผง ทำหน้าที่ผลิตกระแสไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จ่ายให้กับมอเตอร์เติมอากาศขนาด 350 W จำนวน 8 ใบพัด ทั้งหมด 4 ชุด เพื่อทำงานด้วยความเร็วรอบตั้งแต่ 0-100 rpm และเพื่อให้ได้ปริมาณไฟฟ้ามากที่สุดสำหรับใช้ช่วงเวลากลางคืน จึงใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์อีก 1 แผงทำหน้าที่ประจุไฟฟ้าให้แบตเตอรี่ทั้ง 2 ลูกให้ได้มากที่สุด โดยจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับมอเตอร์เพื่อหมุนกังหันเติมอากาศแบบกังหันตีน้ำ ตั้งแต่เวลา 23.00 ถึง 04.00 น. ซึ่งเป็นเวลาที่ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen: DO) ลดลงต่ำกว่าค่ามาตรฐาน

1. การศึกษาศักยภาพการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ข้อมูลที่นำมาใช้วิเคราะห์ ได้ทำการตรวจวัดและติดตามข้อมูลโดยพัฒนาระบบตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าและระบบตรวจวัดสิ่งแวดล้อมขึ้น ระบบตรวจวัดพลังงานออกแบบเป็น Energy Smart Meter โดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจวัดพารามิเตอร์ไฟฟ้า

(DC Power Analyzer) วัดทางขาเข้าของแผงและขาออกของมอเตอร์เติมอากาศ (Power Meter DC) โดยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ที่พัฒนาขึ้น เพื่อรับ-ส่งข้อมูลผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ดังไดอะแกรมภาพ 3 (ก) สำหรับระบบตรวจวัดสิ่งแวดล้อมประกอบด้วย การใช้บอร์ดควบคุมหลักในการอ่านข้อมูล (Blynk Kit ESP8266/ESP32) บอร์ดเพื่อตรวจวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำพร้อมหัววัด DO Meter วัดอุณหภูมิในน้ำภายในบ่อ ห่างจากขอบบ่อ 30 cm และวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศบริเวณที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยข้อมูลจะทำการตรวจวัดตัวแปรละ 1 จุด จากนั้นข้อมูลที่วัดได้จะสื่อสารข้อมูลผ่านการเชื่อมต่อ Wi-Fi 2.4 GHz โดยใช้งานร่วมกับระบบ Cloud Server Blynk ในการเก็บและแสดงข้อมูล ดังภาพ 3 (ข) ซึ่งในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ได้พัฒนาระบบมอนิเตอร์ผ่านแอปพลิเคชัน Blynk มาใช้สามารถติดตามข้อมูลได้จากระยะไกล การเก็บข้อมูลในช่วงเดือนธันวาคม 2565 และนำข้อมูลมาวิเคราะห์พฤติกรรมของระบบ ได้แก่ และนำข้อมูลมาวิเคราะห์ในด้านต่างๆ ได้แก่ ข้อมูลการใช้ของระบบเช่น กำลังไฟฟ้าของระบบ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ ข้อมูลสภาพแวดล้อมเช่น อุณหภูมิแวดล้อม ความชื้นสัมพัทธ์แวดล้อม ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (DO)



ภาพ 3 ระบบตรวจวัดพลังงานและสิ่งแวดล้อม

2. การประเมินเศรษฐศาสตร์พลังงานของการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ได้ใช้ข้อมูลการเพาะเลี้ยงที่เก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนธันวาคม 2565 ถึง มีนาคม 2566 และนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อนำไปประเมินความคุ้มค่าด้านเศรษฐศาสตร์ ประกอบด้วย ดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption: SEC) ในการเลี้ยงปลา การประเมินการลดต้นทุนทางพลังงาน ระยะเวลาคืนทุน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ และอัตราผลตอบแทนภายในจากการใช้ระบบต้นแบบที่ติดตั้งบ่อเลี้ยงปลาของชุมชน ซึ่งในงานวิจัยนี้ชุมชนได้เลี้ยงปลานิลเพื่อจำหน่าย จึงทำการรวบรวมข้อมูลอื่นๆ ที่นำมาวิเคราะห์ประกอบด้วย ระยะเวลาที่เลี้ยง จำนวนปลาที่เลี้ยง ต้นทุนพันธุ์ปลา ราคาปลาที่จำหน่าย ผลผลิตปลาที่ได้ ค่าอาหารปลา ค่าไฟฟ้าที่มีการใช้จากระบบไฟฟ้าพื้นฐาน และข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง สมการที่ใช้มีดังต่อไปนี้

2.1 การประเมินระยะเวลาคืนทุน (Simple Payback Period: SPB) (Samuelson & Nordhaus, 2001) ดังสมการที่ (1)

$$\text{Simple payback period} = \frac{\text{Initial investment}}{\text{Net cash flow per period}} \quad (1)$$

2.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (net present value: NPV) คือ ผลบวกของรายรับทั้งหมดและรายจ่ายทั้งหมดที่ได้จากโครงการโดยการปรับทุกค่ามาที่เวลาปัจจุบัน (Samuelson & Nordhaus, 2001) ดังสมการที่ (2)

$$NPV = \sum_{n=0}^N \frac{R_n - C_n}{(1+i)^n} - TIC \quad (2)$$

โดย R_n คือ ผลตอบแทนในปีที่ n C_n คือ ค่าใช้จ่ายในปีที่ n N คือ ระยะเวลาโครงการ i คือ อัตราส่วนลด (Discount Rate) หรืออัตราดอกเบี้ย (Interest) TIC คือ เงินลงทุนทั้งหมด ณ เวลาปัจจุบัน

2.3 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) ซึ่งเป็นอัตราดอกเบี้ยที่ทำให้มูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิได้จากค่าตอบแทนการลงทุนมีค่าเป็นศูนย์ หรือค่า i ที่ทำให้ $NPV = 0$ (Samuelson & Nordhaus, 2001) ดังสมการที่ (3)

$$NPV = \sum_{n=0}^N \frac{R_n - C_n}{(1+i)^n} - TIC = 0 \quad (3)$$

โดยสมมุติฐานในการวิเคราะห์ต้นทุนทางพลังงานมีดังนี้ ขนาดระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้ง 0.9 kW ขนาดแบตเตอรี่ ขนาด 12 V 100 Ah จำนวน 2 ลูก ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิด Mono Half Cell ขนาดกำลังไฟฟ้า 450 Wp/module ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์คงที่ตลอดอายุโครงการ 25 ปี ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ในระบบฯ เท่ากับ 90% และประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ เท่ากับ 90%

2.4 ค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะ หาได้จากผลรวมของการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อรอบการเลี้ยงรวมหารด้วยจำนวนผลิตทั้งหมด ดังสมการที่ (4)

$$\text{Specific Energy Consumption} = \frac{\text{Total Energy Use}}{\text{Net Yield}} \quad (4)$$

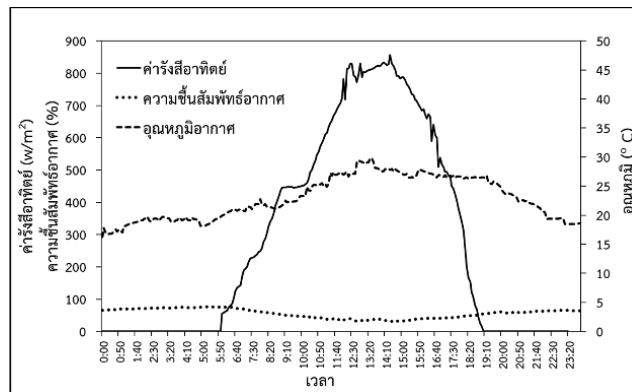


ผลการวิจัย

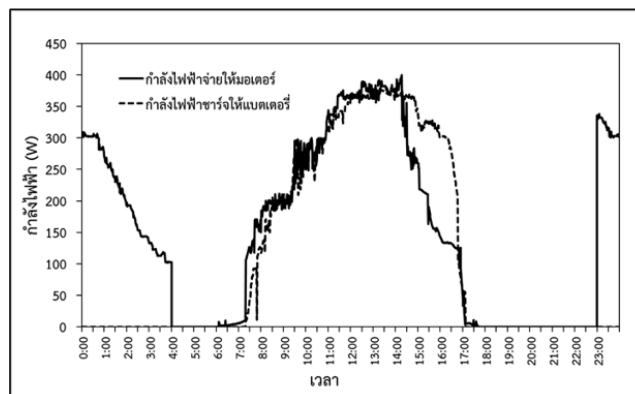
1. ศักยภาพการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ผลการทดสอบการใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แสดงดังภาพ 4 เป็นการทดสอบการใช้งานของบ่อเลี้ยงปลาในวันที่ท้องฟ้าปลอดโปร่ง ในภาพ 4 (ก) แสดงข้อมูลสภาพแวดล้อมวันที่ทำการทดสอบ อุณหภูมิอากาศแวดล้อมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.93 °C ค่าอุณหภูมิอากาศแวดล้อมสูงสุด 29.90 °C และค่าต่ำสุด 16.30 °C ในช่วงเวลากลางวันพบว่า ค่ารังสีอาทิตย์มีค่าสูงสุด 856.99 W/m² หรือคิดเป็นค่าเฉลี่ยรังสีอาทิตย์เท่ากับ 549.95 W/m²

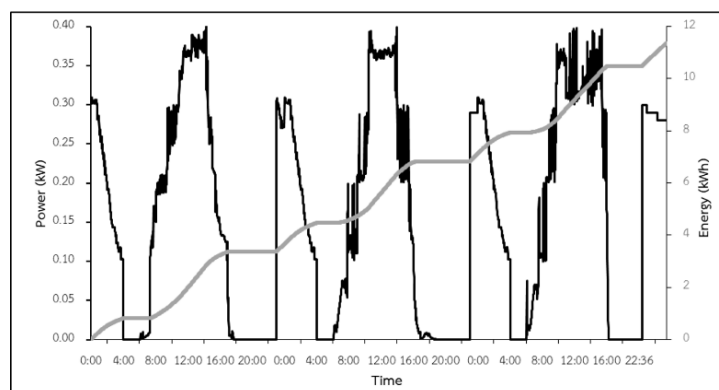
ในภาพ 4 (ข) แสดงถึงเวลากลางวันแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามค่ารังสีอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้นแต่อาจมีค่าแปรปรวนในบางช่วงเวลาที่เมฆ ระบบผลิตไฟฟ้าสามารถผลิตไฟฟ้าจ่ายให้เครื่องเดิมอากาศได้ตั้งแต่เวลา 07.00 น. ถึงเวลา 17.00 น. โดยช่วงที่ค่ารังสีอาทิตย์สูงที่สุดค่ากำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่วัดได้เท่ากับ 387 W หรือคิดเป็น 86% ของพิกัดติดตั้งต่อแผง หรือคิดเป็นค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าตลอดทั้งวันได้ 286.64 W



(ก) ค่าทางสภาพแวดล้อม



(ข) กำลังไฟฟ้าที่จากระบบจ่ายให้กับโหลด

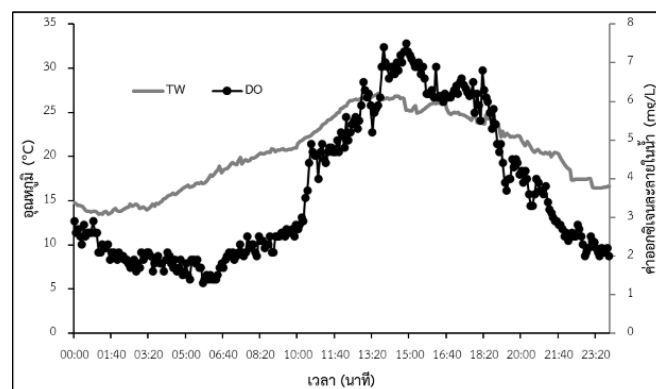


(ค) ผลการตรวจวัดทางไฟฟ้าจากการใช้ระบบตรวจวัดพลังงานไฟฟ้า

ภาพ 4 ผลการทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับบ่อเลี้ยงปลา

สำหรับการประเมินการใช้งานระบบตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าใน 2 ช่วง ได้แก่ ช่วงที่ 1 เป็นการใช้ไฟฟ้าจากผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในเวลากลางวัน และช่วงที่ 2 เป็นการใช้ไฟฟ้าของบ่อเลี้ยงปลาจากแบตเตอรี่ในเวลากลางคืน (ช่วงเวลากลางคืน) ซึ่งระบบจะทำการบันทึกและแจ้งเตือนข้อมูลทางพลังงานที่ใช้กับมอเตอร์เติมอากาศ ประกอบด้วย ค่ากำลังไฟฟ้า และค่าพลังงานไฟฟ้าเป็นเวลาต่อเนื่อง 3 วัน โดยจากภาพ 4 (ค) พบว่า ค่ากำลังไฟฟ้ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับค่ากระแสไฟฟ้า โดยมีกำลังไฟฟ้าสูงสุดในการขับมอเตอร์เติมอากาศ ประมาณ 0.35 kW ซึ่งเกิดขึ้นขณะใช้ไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในเวลากลางวันในเวลาที่มีค่ารังสีอาทิตย์สูงๆ และช่วงกลางคืนที่เปิดใช้มอเตอร์เติมอากาศจากแบตเตอรี่ที่ตลอดการใช้งาน จำนวน 5 ชั่วโมง/วัน จะมีกำลังไฟฟ้าที่ขับมอเตอร์เติมอากาศอยู่ระหว่าง 0.28 – 0.31 kW สำหรับการบริโภคพลังงานไฟฟ้าสะสมตลอดช่วง 3 วันมีประมาณ 11 kWh

สำหรับผลการตรวจวัดค่าอุณหภูมิและค่าออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) ภาพ 5 ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ตั้งแต่ 00.00 ถึง 23.59 น. โดยเก็บข้อมูลโดยละเอียด ทุกๆ 1 นาที พบว่า อุณหภูมิจะมีค่าต่ำสุดประมาณ 15 °C ช่วงเวลา 00.00 น. และมีค่าสูงสุดในช่วงกลางวัน ประมาณ 27 °C ค่า DO ที่ทำการตรวจวัดในช่วงเวลากลางวัน มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานที่ 3 mg/L แต่อาจมีค่าลดลงบ้างตามกำลังไฟฟ้าที่ได้จากมอเตอร์ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของค่ารังสีอาทิตย์ที่ลดลง จากนั้นค่า DO จะมีค่าสูงขึ้นจนสูงสุดประมาณ 7 mg/L ในช่วงเวลา 14.00 ถึง 15.00 น. หลังจากนั้นจะเริ่มลดต่ำลง และมีค่าต่ำสุดประมาณ 1 mg/L ในช่วงเวลา 05.00 ถึง 06.00 น.



ภาพ 5 ข้อมูลการวัดอุณหภูมิและค่าออกซิเจนละลายในน้ำ

1. ผลการประเมินเศรษฐศาสตร์พลังงานของการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

การวิเคราะห์ต้นทุนทางพลังงานตามลักษณะการใช้งานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบเติมอากาศของบ่อเลี้ยงปลาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรกร พืช ผัก สมุนไพร ทำต้นกวาว เนื่องจากก่อนติดตั้งระบบเกษตรกรเลี้ยงปลาไม่หนาแน่น และหลังจากติดตั้งระบบเกษตรกรเลี้ยงปลาแบบหนาแน่น ดังนั้นจึงทำการประเมินการเลี้ยงปลาแบบหนาแน่นก่อนทำการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพิ่มเติม ทำให้ในการศึกษามีการประเมินจำนวน 3 กรณี ได้แก่ กรณีก่อนทำการปรับปรุงและเลี้ยงปลาไม่หนาแน่น กรณีก่อนปรับปรุงเลี้ยงปลาแบบหนาแน่น และกรณีหลังปรับปรุงเลี้ยงปลาแบบหนาแน่นและติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งจะมีเงินลงทุนเพิ่มเติมอีก 39,500 บาท กำหนดให้อายุโครงการ 25 ปี ตามอายุของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และคิดอายุการใช้งานแบตเตอรี่ 4 ปี

ตาราง 1 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะของการเลี้ยงปลา 1 รอบการเลี้ยง

ลำดับ	รายละเอียด	ก่อนปรับปรุง เลี้ยงแบบ ไม่หนาแน่น	ก่อนปรับปรุง เลี้ยงแบบ หนาแน่น	หลังปรับปรุง เลี้ยงแบบหนาแน่น และติดตั้งระบบ
1	ระยะเวลาการเพาะเลี้ยงต่อรอบ (เดือน)	7	4	4
2	จำนวนปลาที่เลี้ยง (ตัว)	3,800	4,500	4,500
3	ราคาปลาที่จำหน่าย ¹ (บาท/kg)	50	50	60
4	ผลผลิตปลาที่ได้ (kg)	600	800	900
5	รายจ่ายค่าพันธุ์ปลา ² (บาท)	5,700	4,500	4,500
6	รายจ่ายค่าอาหารปลา (บาท)	6,300	3,600	3,600
7	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้จากระบบไฟฟ้าพื้นฐาน (kWh)	78	90	40
8	ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (บาท/kWh)	4.50	4.50	4.50
9	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/ปี) (7) × (8)	351	405	180
10	ต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อผลผลิตปลา (บาท/kg) (9) ÷ (4)	0.585	0.506	0.20
11	รวมต้นทุนทั้งหมด (บาท) (5) + (6) + (9)	12,351	8,505	8,100
12	รายได้จากการขายปลา (บาท)	30,000	40,000	54,000
13	กำไรสุทธิต่อรอบ (บาท) (12) – (11)	17,649	31,495	45,900
14	ต้นทุนต่อกิโลกรัม (บาท/kg) (11) ÷ (4)	20.59	10.63	9
15	Specific Energy Consumption (kWh/kg) (7) ÷ (4)	0.13	0.112	0.044

หมายเหตุ: ¹ ราคาปลาที่จำหน่ายหลังปรับปรุงสูงกว่าก่อนปรับปรุงเนื่องจากไซส์ปลาที่ได้มีขนาดใหญ่กว่า เป็นราคาที่ได้รับซื้อกำหนด

² ค่าพันธุ์ปลาของกรณีที่ 1 มีราคาสูงกว่ากรณีที่ 2 และ 3 เนื่องจากเป็นข้อมูลที่เกษตรกรซื้อปลาก่อนเริ่มใช้งานระบบ ซึ่งหลังจากเริ่มใช้งานระบบเกษตรกรสามารถหาพันธุ์ปลาในราคาที่ต่ำกว่า

ผลการศึกษาตามตาราง 1 พบว่า ในเงื่อนไขกรณีที่ 1 กรณีก่อนทำการปรับปรุงและเลี้ยงปลาไม่หนาแน่น ค่าพันธุ์ปลาจะมีราคาสูงกว่า ใช้เวลาเลี้ยงนานกว่า และผลผลิตปลาที่ได้น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ทำให้ช่วงเวลากลางวันเกษตรกรจะเปิดการใช้งานเครื่องเติมอากาศเนื่องจากได้ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ ทำให้ปลาที่เลี้ยงได้รับออกซิเจนได้อย่างเต็มที่ทำให้ลดระยะเวลาในการเลี้ยงให้สั้นลงซึ่งปกติเลี้ยงปลาแบบธรรมชาติใช้เวลาประมาณ 7 เดือน จะสามารถลดระยะเวลาได้เหลือ 4 เดือน ซึ่งผลการประเมินก่อนการติดตั้งพบว่า มีต้นทุนคิดเป็น 20.59 บาท/kg และ 10.63 บาท/kg ตามลำดับ มีค่า SEC เท่ากับ 0.13 kWh/kg และ 0.112 kWh/kg ตามลำดับ หลังจากติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จะมีต้นทุนเป็น 9 บาท/kg ค่า SEC เท่ากับ 0.044 kWh/kg

ตาราง 2 ผลการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์พลังงานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ลำดับ	รายละเอียด	หลังปรับปรุงเลี้ยงแบบหนาแน่น และติดตั้งระบบ
1	เงินลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้า (บาท)	39,500
2	พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงจากระบบผลิตไฟฟ้าพื้นฐาน (kWh/ปี)	1,383.35
3	ผลประโยชน์ (บาท/ปี)	6,225.08
4	ระยะเวลาคืนทุน ^a (ปี)	6.35
5	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ ^a (บาท)	15,898.71
6	อัตราผลตอบแทนภายใน IRR ^a (%)	10.53

หมายเหตุ: ^a คำนวณจากสมการที่ 1-3 ตามลำดับ

จากตาราง 2 แสดงผลการประเมินเศรษฐศาสตร์พลังงานของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้สำหรับเพาะเลี้ยงปลาของชุมชน โดยคิดระยะเวลาของโครงการ 25 ปี ตามอายุการใช้งานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์พบว่า มีเงินลงทุนระบบ 39,500 บาท ระยะเวลาคืนทุน 6.35 ปี คิดเป็นมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 15,898.71 บาท และมีอัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับ 10.53% จากผลเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่มีการศึกษาก่อนหน้านี้อื่นๆ ดังงานวิจัยของ สลักขณา มงคล และคนอื่นๆ (2565, น. 43-44) พบว่า มีระยะเวลาคืนทุนที่ใกล้เคียงกันเนื่องจากขนาดบ่อปลาและจำนวนปลาที่เลี้ยงต่อบ่อใกล้เคียงกันและมีขนาดไม่ใหญ่มาก มีเงินลงทุนและอุปกรณ์ประกอบต่างๆ ในระดับหนึ่งอาจทำให้ระยะเวลาคืนทุนมากกว่า 5 ปี แต่หากพิจารณาเรื่องการลดระยะเวลาการเลี้ยงพบว่าใช้เวลาในการเลี้ยงปลาน้อยลง ซึ่งในอนาคตชุมชนสามารถเลี้ยงปลาได้มากกว่า 1 รอบต่อปี จะทำให้ระยะเวลาคืนทุนเร็วขึ้น

ผลจากการดำเนินโครงการเพื่อให้การใช้เทคโนโลยีที่ถ่ายทอดเกิดความยั่งยืน จึงได้จัดอบรมเชิงปฏิบัติการสร้างนวัตกรรมแบบของชุมชน ประกอบไปด้วย เกษตรกรตัวแทนของบ่อเลี้ยงปลาและประมงอำเภอสารภี ให้ความรู้เรื่องการใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ การออกแบบและเลือกขนาดของระบบเบื้องต้นให้เหมาะสมกับพื้นที่บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ การใช้งาน การบำรุงรักษา การใช้งานร่วมกับระบบตรวจวัดและระบบการจัดการข้อมูล รวมทั้งการใช้งานระบบผ่านการใช้ Mobile Application หลังจากนั้นได้จัดการอบรมถ่ายทอดความรู้สู่ชุมชนอื่นๆ โดยนวัตกรรมผ่านการอบรมกับโครงการฝึกเป็นวิทยากรร่วมกับคณะผู้วิจัยถ่ายทอดเทคโนโลยีทั้งในภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติแก่ผู้รวมอบรมจำนวน 30 คน ซึ่งผลการประเมินความรู้โดยใช้แบบสอบถามเชิงคุณภาพ พบว่า ผู้เข้าอบรมทุกคนมีความรู้ความเข้าใจที่เพิ่มขึ้น มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด นอกจากนั้นยังได้มีการติดตามผลการดำเนินงานของบ่อเลี้ยงปลาต้นแบบเป็นระยะๆ พบว่า นวัตกรรมต้นแบบที่ผ่านการร่วมอบรมในโครงการสามารถใช้เทคโนโลยีที่ได้รับการถ่ายทอด และดำเนินการเลี้ยงปลาเพื่อจำหน่ายของกลุ่มวิสาหกิจ อีกทั้งยังสามารถเป็นผู้นำให้คำแนะนำแก่ผู้สนใจที่เข้ามาเยี่ยมชมที่บ่อเลี้ยงปลาต้นแบบ และมีผลประโยชน์ความพึงพอใจของการรับเทคโนโลยีอยู่ตั้งแต่ระดับมากถึงมากที่สุดเช่นกัน



ภาพ 6 การอบรมวัดชุมชนและถ่ายทอดเทคโนโลยีแก่ชุมชนอื่นๆ



อภิปรายผลการวิจัย

จากการทดสอบผลการศึกษาศักยภาพการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์หากนำค่ากำลังไฟฟ้าและชั่วโมงการทำงานของระบบมาวิเคราะห์หาค่าพลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตและจ่ายให้เครื่องเติมอากาศจะพบว่า มีค่า 2.58 kWh/วัน สำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์อีก 1 แผง ที่ทำหน้าที่ประจุไฟฟ้าไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่และนำไปจ่ายให้กับเครื่องเติมอากาศตั้งแต่วันที่ 23.00 น. ถึงเวลา 04.00 น. คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้และสามารถจ่ายให้เครื่องเติมอากาศ 1.21 kWh/วัน ดังนั้นพลังงานไฟฟ้ารวมทั้งหมดที่ใช้ต่อวันจากระบบที่ติดตั้งเท่ากับ 3.79 kWh หรือคิดเป็นประมาณ 4 kWh เมื่อนำไปประเมินโดยใช้ค่ารังสีอาทิตย์ของจังหวัดเชียงใหม่ตลอดทั้งปี พบว่า ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าจ่ายให้กับเครื่องเติมอากาศได้ 1,383.35 kWh/ปี เมื่อเปรียบเทียบกับการเปิดเครื่องเติมอากาศแบบเดิมในช่วงกลางคืนประมาณ 12 ชั่วโมง/วัน จะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้มากถึง 90.24% หรือคิดเป็นเงินค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ 6,225.08 บาท/ปี ซึ่งจากการใช้งานตามที่ออกแบบ การแบ่งระบบชาร์จแบตเตอรี่แยกออกจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ต่อกับมอเตอร์เติมอากาศจะทำให้ประสิทธิภาพการชาร์จไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่สูงกว่าและได้พลังงานไฟฟ้าที่นำไปใช้ได้มากกว่าระบบที่มีการอัดประจุไฟฟ้าให้แบตเตอรี่พร้อมๆ กับการใช้กับเครื่องเติมอากาศประมาณ 12.5% (สรารุช พลวงษ์ศรี, 2566) และเมื่อทำงานร่วมกับระบบตรวจวัดสิ่งแวดล้อมทำให้ทราบระดับค่า DO และเติมอากาศเพื่อรักษาระดับให้เพียงพอให้กับความต้องการของปลาได้ อย่างไรก็ตามอาจมีบางช่วงเวลาเช่น ในช่วงกลางคืนและช่วงเช้ามืดที่มีปัญหาค่าออกซิเจนลดลงต่ำกว่า 3 mg/L ซึ่งจะมีการจ่ายไฟให้กับเครื่องเติมอากาศเพื่อรักษาระดับค่า DO ให้ปลาอาศัยอยู่ได้ แต่หากต้องการค่าเท่ากับหรือมากกว่า 3 mg/L อาจจะต้องมีการเพิ่มขนาดของระบบผลิตไฟฟ้าและขนาดของแบตเตอรี่ซึ่งต้นทุนจะเพิ่มขึ้น และอาจต้องมีการประเมินความคุ้มค่าเพิ่มเติมหากชุมชนปรับเปลี่ยนให้มีการใช้งานเพิ่มเติมจากเดิม

สำหรับผลการศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ เมื่อเปรียบเทียบกับผลงานวิจัยที่มีการศึกษาก่อนหน้านี้อื่นๆ งานวิจัยของ สุลักษณ์ มงคล และคนอื่นๆ (2565, น. 43-44) พบว่า มีระยะเวลาคืนทุนที่ใกล้เคียงกันเนื่องจากขนาดบ่อปลาและจำนวนปลาที่เลี้ยงต่อบ่อใกล้เคียงกันและมีขนาดเล็ก มีเงินลงทุนและอุปกรณ์ประกอบต่างๆ อาจทำให้ระยะเวลาคืนทุนมากกว่า 5 ปี แต่หากพิจารณาเรื่องการลดระยะเวลากการเลี้ยงพบว่าใช้เวลาในการเลี้ยงปลาน้อยลงจากเดิม 7 เดือน ลดลง 4 เดือน ซึ่งชุมชนสามารถเลี้ยงปลาได้ 2 รอบต่อปีจากเดิม 1 รอบต่อปี หรือเลี้ยงปลาที่มีมูลค่าทางการตลาดมากกว่าปลานิล เช่น ปลาตะเพียน จะทำให้ระยะเวลาคืนทุนเร็วขึ้น สำหรับค่าดัชนีการใช้พลังงานของการเลี้ยงปลาพบว่า มีค่าต่ำกว่าการเลี้ยงบ่อขนาดใหญ่ถึงแม้ว่าบ่อขนาดใหญ่จะมีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีขนาดใหญ่กว่า แต่ด้วยข้อจำกัดของการใช้งาน

ตอนกลางคืนต้องมีการใช้ไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าพื้นฐานเป็นหลักและไม่มีระบบสำรองไฟฟ้าจากแบตเตอรี่เนื่องจากต้องลงทุนสูง จึงทำให้ค่าดัชนีการใช้พลังงานสูงกว่า ดังในงานวิจัยของ สราวุธ พลวงษ์ศรี และคนอื่นๆ (2562) ที่ศึกษาการใช้งาน ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบไฟฟ้าพื้นฐานขนาด 2.84 kWp ในบ่อเลี้ยงปลาพบว่า ค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยการผลิตหลังติดตั้งระบบไฟฟ้าขนาดประมาณ 3 kW มีค่า 0.56 kWh/kg สูงกว่าระบบที่ทำการศึกษาในงานวิจัยที่มีค่าเพียง 0.044 kWh/kg ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการประยุกต์ใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์กับบ่อเลี้ยงปลาขนาดเล็กมีความเหมาะสมที่สามารถนำมาใช้งานได้ และสามารถเพิ่มระบบสำรองไฟฟ้าโดยใช้แบตเตอรี่จ่ายไฟฟ้าในเวลากลางคืนหรือเวลาช่วงที่ค่า DO ลดลงจนถึงค่าวิกฤต



สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

จากการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ บ่อเลี้ยงปลาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตร พืช ผัก สมุนไพร ท่าตันกวาว ขนาดกำลังติดตั้ง 900 Wp รวมทั้งใช้ระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า ระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมพบว่า ชุมชนสามารถใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ได้ทั้งในเวลากลางวันและสามารถเปิดโซลาร์เตอร์เดิมอากาศที่ใช้ไฟฟ้าจากการสะสมในแบตเตอรี่ได้จำนวน 5 ชั่วโมง/วัน คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ประมาณ 4 kWh และสามารถรักษาระดับค่า DO ให้เพียงพอต่อความต้องการของปลา จากการประเมินเศรษฐศาสตร์พลังงานสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าพื้นฐานลงได้จะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้มากถึง 90.24% หรือคิดเป็นเงินค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ 6,225.08 บาท/ปี มีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 6.35 ปี ซึ่งระยะเวลาคืนทุนมากกว่า 5 ปี แต่หากพิจารณาเรื่องการลดระยะเวลาการเลี้ยงพบว่าใช้เวลาในการเลี้ยงปลาน้อยลงเหลือ 4 เดือนต่อรอบ ทำให้สามารถเพิ่มรอบการเลี้ยงได้เป็น 2 รอบต่อปี สำหรับการใช้ประโยชน์เชิงสังคมชุมชนสามารถใช้เป็นต้นแบบบ่อเลี้ยงปลาที่มีการใช้พลังงานทดแทน ถ่ายทอดสู่ชุมชนเดียวกับหรือชุมชนอื่นๆ หรือประยุกต์ใช้สำหรับการทำเกษตรในรูปแบบอื่นๆ ได้

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลจากงานวิจัยที่ทำการศึกษา สามารถนำระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ไปต่อยอดในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในรูปแบบอื่นๆ เช่น การเลี้ยงปลาในบ่อซีเมนต์ การเลี้ยงปลาอินทรีในระบบไบโอฟลอค หรือการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในบ่อที่จำเป็นต้องมีการเติมอากาศตลอดเวลา จะทำให้สามารถลดต้นทุนค่าไฟฟ้าและเพิ่มมูลค่าของการผลิตได้

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการเก็บข้อมูลการใช้งานและการเลี้ยงปลามากกว่า 1 รอบการเลี้ยงเพื่อให้เห็นผลลัพธ์การใช้งานในระยะยาวเนื่องจากอาจมีปัจจัยจากฤดูกาลที่กำหนดปริมาณการผลิตไฟฟ้าได้มากหรือน้อยต่างกัน
2. ในส่วนของข้อมูลการเพาะเลี้ยงมีการเก็บข้อมูลของผลผลิตและไม่ได้มีการเก็บข้อมูลอัตราการรอดอย่างชัดเจน ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปควรมีการรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาประกอบการวิเคราะห์
3. ควรมีการศึกษาในเชิงนโยบายในการสนับสนุนการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในระดับชุมชนและผู้ประกอบการรายย่อยในชุมชน



กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณขอขอบคุณ สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุนงบประมาณประจำปี 2565 ในการทำโครงการวิจัยภายใต้แผนงานวิจัยการจัดการความรู้การวิจัยและถ่ายทอดเพื่อการใช้ประโยชน์ร่วมการปฏิบัติและถ่ายทอดสู่พื้นที่การใช้ประโยชน์เชิงชุมชน สังคม (KM) ขอขอบคุณ วิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตร พืช ผัก สมุนไพร ทาตันทาว ตำบลยางเนิ้ง อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่ ที่เข้าร่วมโครงการและให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทำวิจัย รวมทั้งให้ความช่วยเหลือสนับสนุนในการดำเนินงานวิจัยให้บรรลุผลสำเร็จ มา ณ ที่นี้



เอกสารอ้างอิง

- นิสรา กิจเจริญ. (2563). *การเลี้ยงปลานิลอินทรีย์ในระบบไบโอฟลอคเพื่อยกระดับผลผลิตคุณภาพสูง*. คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- วรพงษ์ นลินานนท์, สายชล เลิศสุวรรณ, และธนากร เหมาะสถล. (2560). การเปรียบเทียบการเลี้ยงปลานิลในกระชังระบบผลักดันมวลน้ำและเติมอากาศกับกระชังทั่วไป. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 36(4), 486-491.
- สรารัฐ พลวงษ์ศรี, ธัญลักษณ์ สันเดช, ชลิตา โหราชิต, ภาณุวิชญ์ พุทธิรักษา, อัครินทร์ อินทนิเวศน์, ชวโรจน์ ใจสิน, ธงชัยมณี ชูเกตุ, และสุลักษณ์ มงคล. (2562, 20-21 เมษายน). *การศึกษาดัชนีการใช้พลังงานของเครื่องเติมอากาศบ่อเลี้ยงปลาที่ใช้พลังงานจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบไฟฟ้าพื้นฐาน* [การนำเสนอบทความ]. การประชุมวิชาการเรื่องการถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อนและกระบวนการ ครั้งที่ 18, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สรารัฐ พลวงษ์ศรี, สุลักษณ์ มงคล, อัครินทร์ อินทนิเวศน์, ธงชัย มณีชูเกตุ, ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์, และชวโรจน์ ใจสิน. (2565, 10-11 มีนาคม). *การออกแบบและพัฒนาระบบตรวจวัดและระบบควบคุมคุณภาพน้ำและสิ่งแวดล้อมสำหรับบ่อเลี้ยงปลาในระบบไบโอฟลอคผ่านระบบ IOT Cloud Sever* [การนำเสนอบทความ]. การประชุมวิชาการการถ่ายเทความร้อนและมวลในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนครั้งที่ 21, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สรารัฐ พลวงษ์ศรี. (2566). *การเสริมสร้างชุมชนเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำสีเขียวด้วยเทคโนโลยีพลังงานทดแทนและระบบบริหารจัดการแบบสมาร์ทฟาร์ม (รายงานการวิจัย)*. สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ.
- สุลักษณ์ มงคล, อัครินทร์ อินทนิเวศน์, ชวโรจน์ ใจสิน, ธงชัย มณีชูเกตุ, ธัญลักษณ์ สันเดช, ภาณุวิชญ์ พุทธิรักษา, ธนวัฒน์ นิลขาว, และสรารัฐ พลวงษ์ศรี. (2565). การศึกษาสมรรถนะและเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบไฟฟ้าพื้นฐานสำหรับฟาร์มเพาะพันธุ์ปลา. *วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน*, 5(2), 36-44. https://eca.or.th/wp-content/uploads/2022/08/J-REC%6E2%80%8B_Vol2_2565_04.pdf
- สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดเชียงใหม่. (2565, 22 มีนาคม). *ข้อมูลพื้นฐานของจังหวัดเชียงใหม่*. <https://www.opsmoac.go.th/chiangmai-dwl-files-441291791395>.
- Samuelson, P. A., & Nordhaus, W. D. (2001). *Economics*. (17th ed.). McGraw-Hill.