

การพัฒนาโมเดลธุรกิจพลังงานชุมชนจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบการวัดพลังงานสุทธิ

กรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชน จังหวัดจันทบุรี

Development of a Community-Based Business Model Utilizing Solar Energy and Net Metering: A Case Study of Community Enterprises in Chanthaburi Province, Thailand

กรณัฏฐา รัตนวิจิตร* อาทิตย์ คำต่าย กฤษณะ จันทสิทธิ์

สาขาเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี 22000

Kornpaphop Ruttanawijit* Artit Kamtai Kritsana Chanthasit

Department of Energy Technology, Faculty of Industry Technology,

Rambhai Barni Rajaphat University, Aumphur Muang, Chanthaburi Province, 22000

*Corresponding author Email: kornpaphop.r@rbru.ac.th

(Received: June 1, 2025; Revised: July 30, 2025 ; Accepted: October 16, 2025)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาโมเดลธุรกิจพลังงานชุมชนโดยประยุกต์ใช้ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบการวัดพลังงานสุทธิ เพื่อลดภาระค่าใช้จ่ายพลังงานในกลุ่มวิสาหกิจชุมชนจังหวัดจันทบุรี การวิจัยใช้ระเบียบวิธีแบบผสมผสาน ประกอบด้วย การเก็บข้อมูลย้อนหลัง 12 เดือนจากใบแจ้งค่าไฟฟ้าและการสัมภาษณ์เชิงลึกกับกลุ่มเป้าหมายจำนวน 15 กลุ่ม ครอบคลุมพื้นที่เมืองและชนบท ผลการวิเคราะห์เชิงสถิติพบว่ากลุ่มในพื้นที่ชนบทมีต้นทุนต่อหน่วยพลังงานเฉลี่ยสูงถึง 5.20 บาท/หน่วย เทียบกับพื้นที่เมืองที่อยู่ 4.50 บาท/หน่วย เนื่องจากข้อจำกัดด้านเทคโนโลยีและโครงสร้างพื้นฐาน การวิเคราะห์เชิงกลุ่มด้วยเทคนิค K-Means Clustering จำแนกกลุ่มวิสาหกิจออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีพฤติกรรมใช้พลังงานต่ำ-ต้นทุนสูง และกลุ่มใช้พลังงานสูง-ต้นทุนสูง เพื่อนำข้อมูลไปออกแบบกลยุทธ์ด้านเทคโนโลยีและพลังงานที่เหมาะสม

โมเดลธุรกิจได้รับการออกแบบโดยใช้กรอบ Business Model Canvas (BMC) ครอบคลุม 9 องค์ประกอบหลัก การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบการวัดพลังงานสุทธิ โดยพบว่าค่าใช้จ่ายอยู่ที่ 2.21 บาท/หน่วย ต่ำกว่าราคาไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคที่ 4.10 บาท/หน่วย และมีค่าอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ประมาณ 13.5% ซึ่งยืนยันถึงความเหมาะสมในการลงทุนและความเป็นไปได้ของการขยายผลโมเดลในชุมชนอื่นที่มีบริบทใกล้เคียง ทั้งนี้ การมีส่วนร่วมของภาคประชาชนจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างความยั่งยืนของระบบพลังงานระดับฐานรากในระยะยาว

คำสำคัญ: โมเดลธุรกิจ, พลังงานชุมชน, การวัดพลังงานสุทธิ, วิสาหกิจชุมชน, จันทบุรี

ABSTRACT

This study aims to design and develop a community energy business model by applying a solar photovoltaic (PV) system with Net Metering to reduce energy expenses among community enterprises in Chanthaburi Province. The research employed a mixed-methods approach, including a twelve-month

retrospective analysis of electricity bills and in-depth interviews with 15 target community groups across both urban and rural areas. Statistical analysis revealed that rural community enterprises had a higher average energy cost of 5.20 THB/kWh compared to 4.50 THB/kWh in urban areas, primarily due to outdated technology and inadequate infrastructure.

Cluster analysis using K-Means classified the enterprises into two groups; Cluster 0 (low energy use with high costs) and Cluster 1 (high energy use with high costs), providing insights for designing tailored energy and technology strategies. The business model was developed using the Business Model Canvas (BMC) framework, covering nine core components. An economic feasibility assessment of the Net Metering system showed a levelized cost of electricity (LCOE) at 2.21 THB/kWh, significantly lower than the regional utility rate of 4.10 THB/kWh. The internal rate of return (IRR) was approximately 13.5%, affirming the investment's viability and its potential scalability to other communities with similar contexts. Importantly, community participation was identified as a key factor for ensuring the long-term sustainability of decentralized energy systems.

Keyword: Business Model, Community Energy, Net Metering, Local Enterprise, Chanthaburi.

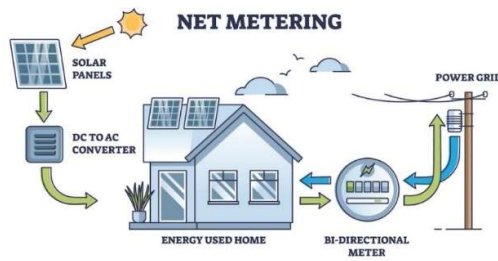
1. บทนำ

1.1 บริบทโลกและนโยบายพลังงานไทยต่อการเปลี่ยนผ่านสู่พลังงานสะอาด

ในศตวรรษที่ 21 ความมั่นคงทางพลังงานและการเปลี่ยนผ่านสู่ระบบพลังงานสะอาดได้กลายเป็นประเด็นยุทธศาสตร์ในระดับสากล โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเผชิญกับความท้าทายจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ความไม่แน่นอนของแหล่งเชื้อเพลิงฟอสซิล และภาวะความเปราะบางของระบบพลังงานแบบรวมศูนย์ ประเทศไทยในฐานะประเทศกำลังพัฒนาได้ให้ความสำคัญกับการปรับโครงสร้างพลังงาน โดยส่งเสริมการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนอย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561–2580 ที่ตั้งเป้าเพิ่มสัดส่วนพลังงานทดแทนให้มีสัดส่วนร้อยละ 35 ของการผลิตไฟฟ้าทั้งหมดภายในปี 2580 ซึ่งพลังงานแสงอาทิตย์ถือเป็นแหล่งพลังงานที่มีศักยภาพสูงและได้รับการส่งเสริมเป็นพิเศษ [1]

หนึ่งในกลไกเชิงนโยบายที่มีศักยภาพในการขับเคลื่อนการผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ในระดับฐานราก

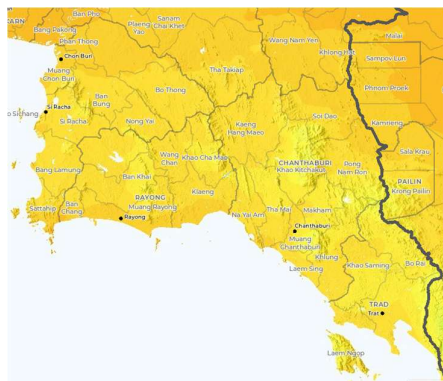
คือ ระบบการวัดพลังงานสุทธิ (Net Metering) ซึ่งเปิดโอกาสให้ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนเพื่อใช้เอง และสามารถขายไฟฟ้าส่วนเกินเข้าสู่ระบบสายส่งไฟฟ้าได้ ส่งผลให้เกิดการกระจายอำนาจการผลิตไฟฟ้าในระดับชุมชน และลดภาระต้นทุนพลังงานในระยะยาว กลไกนี้ถือเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบพลังงานแบบกระจาย (Decentralized Energy System) ที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล [2] การศึกษาทั้งในและต่างประเทศพบว่า การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบการวัดพลังงานสุทธิ สามารถลดภาระค่าใช้จ่ายพลังงานในระดับชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังรูปที่ 1 ตัวอย่างเช่น ในประเทศไทยการศึกษาโดย Tongsopit [3] ระบุว่า การติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์บนหลังคา ร่วมกับการวัดพลังงานสุทธิ สามารถลดค่าไฟฟ้าได้ถึง 30% ในบางกรณี นอกจากนี้ การศึกษาในประเทศโครเอเชียโดย IRENA [4] พบว่าการวัดพลังงานสุทธิเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียนในระดับชุมชน



รูปที่ 1 ผังแสดงการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงาน
แสงอาทิตย์แบบการวัดพลังงานสุทธิ [2]

1.2 ศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์และโครงสร้าง เศรษฐกิจชุมชนในจังหวัดจันทบุรี

จังหวัดจันทบุรีตั้งอยู่ในภูมิภาคตะวันออกของประเทศไทย มีศักยภาพทางภูมิอากาศที่เอื้อต่อการพัฒนาโครงการพลังงานแสงอาทิตย์อย่างยิ่ง จากข้อมูลของ Global Solar Atlas [5] พบว่าพื้นที่ดังกล่าวมีค่ารังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยอยู่ในช่วง 5.2–5.5 kWh/m²/day ดังรูปที่ 2 ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศ อีกทั้งยังมีพื้นที่ว่างบนหลังคาโรงงานในกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ได้โดยไม่กระทบต่อพื้นที่เพาะปลูก



รูปที่ 2 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของ
จังหวัดจันทบุรี [5]

ในเชิงโครงสร้างเศรษฐกิจ จังหวัดจันทบุรีมีวิสาหกิจชุมชนจำนวนมากที่เน้นการแปรรูปผลิตภัณฑ์เกษตร เช่นทุเรียน เงาะ และมังคุด ซึ่งกระบวนการผลิตเหล่านี้มี

ลักษณะพลังงานเข้มข้น (energy-intensive) โดยเฉพาะในส่วนของการแช่เย็น การอบแห้ง และการบรรจุภัณฑ์ที่ต้องใช้ไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง การบริหารจัดการพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความสามารถในการแข่งขันของวิสาหกิจเหล่านี้ [6]

1.3 สาเหตุของต้นทุนพลังงานที่สูงในกลุ่มวิสาหกิจชุมชน

แม้ว่าประเทศไทยจะมีนโยบายส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียนอย่างต่อเนื่อง แต่ในทางปฏิบัติวิสาหกิจชุมชนขนาดเล็กยังคงเผชิญกับภาระต้นทุนค่าไฟฟ้าสูงอย่างมีนัยสำคัญ สำนักงานสถิติแห่งชาติ [7] รายงานว่ากลุ่มวิสาหกิจชุมชนในภาคเกษตรแปรรูปต้องรับภาระค่าไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 1,500–2,300 บาทต่อเดือน ซึ่งสูงกว่าอัตราเฉลี่ยของภาคครัวเรือนเกือบสองเท่า ความแตกต่างนี้เกิดจากหลายปัจจัย โดยเฉพาะโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าแบบอัตราก้าวหน้า (Progressive Rate) ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคที่ไม่เหมาะสมกับลักษณะการใช้ไฟฟ้าแบบต่อเนื่องของผู้ประกอบการรายย่อย

อีกทั้งค่าไฟฟ้าภาพรวมของประเทศยังคงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยได้รับแรงกดดันจากต้นทุนเชื้อเพลิงนำเข้า ค่า Ft (Fuel Adjustment Charge) ที่ปรับขึ้นสูงถึง 0.9343 บาทต่อหน่วยในปี 2566 เป็นหลักฐานสะท้อนความผันผวนของต้นทุนพลังงานที่อยู่นอกเหนือการควบคุมของผู้ประกอบการ [1], [2]

จากการศึกษาภาคสนามในพื้นที่จังหวัดจันทบุรีพบว่าสาเหตุเชิงโครงสร้างของต้นทุนพลังงานที่สูงในกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ได้แก่

1. การใช้พลังงานในช่วงเวลากลางวันอย่างหนาแน่น ซึ่งตรงกับช่วง peak time
2. ขาดระบบบริหารจัดการพลังงานอย่างเป็นระบบ (Energy Management System)
3. ไม่มีการเข้าถึงเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนในระดับท้องถิ่น

ผลกระทบของต้นทุนพลังงานที่สูงนำไปสู่ภาวะต้นทุนการผลิตรวมที่สูงขึ้น ส่งผลให้ราคาสินค้าขาด

ความสามารถในการแข่งขันในตลาด ทั้งในระดับภูมิภาค และระดับประเทศ โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับผู้ประกอบการขนาดใหญ่ที่สามารถลดต้นทุนเฉลี่ยผ่าน กลไก Economy of Scale และการเข้าถึงแหล่งพลังงาน ต้นทุนต่ำกว่าจากภาครัฐหรือภาคเอกชน [8]

1.4 ช่องว่างเชิงนโยบายและความจำเป็นในการ ออกแบบโมเดลพลังงานชุมชน

การส่งเสริมพลังงานสะอาดในระดับชุมชนยังคงเผชิญ กับข้อจำกัดหลายประการ ทั้งในด้านเทคนิค เศรษฐศาสตร์ และสถาบัน งานวิจัยหลายชิ้นสะท้อนว่าการขาดความรู้ ด้านเทคโนโลยี การขาดเครื่องมือเชิงวิเคราะห์ต้นทุน- ผลตอบแทน และการขาดกลไกสนับสนุนจากรัฐที่ยืดหยุ่น พอ ล้วนเป็นปัจจัยที่ขัดขวางการพัฒนาโครงการพลังงาน ชุมชนอย่างยั่งยืน [9], [10], [11]

ในบริบทดังกล่าว การพัฒนาโมเดลธุรกิจพลังงานที่ สอดคล้องกับบริบทของวิสาหกิจชุมชน โดยเฉพาะในพื้นที่ ศักยภาพสูงอย่างจังหวัดจันทบุรี ถือเป็นแนวทางที่มี ความสำคัญยิ่ง โมเดลดังกล่าวควรครอบคลุมมิติทาง เทคนิค เศรษฐกิจ และสังคม โดยเฉพาะการออกแบบ ระบบผลิตไฟฟ้าแบบการวัดพลังงานสุทธิ ที่มีจัดการ การร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในชุมชน และยึดหลักการ พลังงานประชาธิปไตย (Energy Democracy) ซึ่งเน้นการ กระจายอำนาจในการผลิตและควบคุมพลังงานให้เกิด ความยุติธรรม โปร่งใส และยั่งยืนในระยะยาว [10]

2. กระบวนการพัฒนาโมเดลธุรกิจพลังงานชุมชน

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาโมเดลธุรกิจ พลังงานชุมชนที่ตอบสนองต่อพลวัตของวิสาหกิจชุมชนใน พื้นที่จังหวัดจันทบุรี โดยประยุกต์ใช้แนวทางการวิจัยเชิง คุณภาพ (Qualitative Research) ภายใต้กรอบการวิจัย เชิงกรณีศึกษา (Case Study Research) ซึ่งมีศักยภาพใน การเปิดเผยบริบทเชิงลึกของปรากฏการณ์ทางสังคม เศรษฐกิจ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการจัด การพลังงานระดับชุมชน [12], [13] เพื่อประมวลและ ตีความข้อมูลที่ซับซ้อน ผู้วิจัยอ้างอิงแนวคิด Business

Model Canvas (BMC) ของ Osterwalder และ Pigneur [14] เป็นกรอบในการออกแบบและวิเคราะห์องค์ประกอบ ของโมเดลธุรกิจ โดยเน้นการบูรณาการระหว่างคุณค่าที่ มอบให้ลูกค้า กลยุทธ์ทางรายได้ และโครงสร้างต้นทุน ภายใต้ข้อจำกัดเชิงทรัพยากรของชุมชน

2.1 กรอบแนวคิด (Conceptual Framework)

1. การศึกษาปัญหาและสาเหตุของปัญหา ในขั้นตอน แรกของการวิจัย มุ่งวิเคราะห์สาเหตุของภาระค่าใช้จ่าย พลังงานที่สูงในวิสาหกิจชุมชน ผ่าน 3 กิจกรรมหลัก ได้แก่

- การระบุสภาพปัญหา เริ่มจากการกำหนด กลุ่มเป้าหมายที่หลากหลายทั้งในเขตเมืองและชนบท โดย ดำเนินการสำรวจข้อมูลการใช้พลังงานย้อนหลัง 12 เดือน รวมถึงการรวบรวมใบแจ้งค่าไฟฟ้า และข้อมูลการ ดำเนินงานในมิติต่าง ๆ เช่น ปริมาณการผลิต ต้นทุนต่อ หน่วย และโครงสร้างกระบวนการผลิต จากนั้นวิเคราะห์ ข้อมูลด้วยวิธีผสมผสานระหว่างการวิเคราะห์เชิงปริมาณ (statistical trend analysis) และเชิงคุณภาพ (content and theme analysis) เพื่อตีความถึงปัจจัยพื้นฐานที่ ก่อให้เกิดต้นทุนพลังงานสูง เช่น ความล้าสมัยของ เทคโนโลยี โครงสร้างพื้นฐานไฟฟ้าที่ไม่เหมาะสม หรือการ ออกแบบธุรกิจที่ไม่สอดคล้องกับการจัดการพลังงาน [12]

- การระดมสมองเชิงกลุ่ม (Community Storming Workshops) ดำเนินการจัดเวทีแลกเปลี่ยนเชิงลึกกับ กลุ่มผู้แทนวิสาหกิจชุมชนในพื้นที่ อาทิ กลุ่มแปรรูปผลไม้ กลุ่มผลิตภัณฑ์ชุมชน รวมถึงผู้นำท้องถิ่นและเจ้าหน้าที่ ภาครัฐ เพื่อร่วมกันสะท้อนปัญหา โครงสร้างการใช้ พลังงาน และแนวทางการปรับตัว ทั้งในระดับปัจเจก (individual adaptation) และระดับระบบ (systemic constraints) โดยอาศัยเครื่องมือ เช่น แผนผังเหตุและผล (Fishbone Diagram) และ SWOT Analysis เพื่อ วิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรคของแต่ละ กลุ่ม [15]

- หาแนวทางการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น การวิเคราะห์ เชิงอนุมานจากข้อมูลและข้อเสนอแนะที่ได้จากเวทีระดม สมองจะนำไปสู่การออกแบบสมมติฐานเชิงกลยุทธ์ เช่น

การลดโหลดพลังงานในช่วง peak, การใช้ระบบสำรองพลังงาน หรือการเปลี่ยนรูปแบบธุรกิจให้เหมาะสมกับต้นทุนพลังงาน [14]

2. การออกแบบและสร้างโมเดลธุรกิจพลังงานชุมชนจากพลังงานทดแทน ขั้นตอนถัดไปของการวิจัย มุ่งสร้างต้นแบบโมเดลธุรกิจพลังงานชุมชนที่เชื่อมโยงกับระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบการวัดพลังงานสุทธิ โดยแบ่งออกเป็น 5 กิจกรรมที่มีลักษณะเป็นวงจรปฏิบัติการดังรูปที่ 3 ดังนี้

- การสังเคราะห์แนวคิดทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทบทวนและวิเคราะห์แนวทางการจัดการพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพจากกรณีศึกษาทั้งในและต่างประเทศ โดยเฉพาะแนวทางการประหยัดพลังงาน การลดโหลด (load shifting) และการใช้เทคโนโลยีโซลาร์เซลล์ร่วมกับระบบการวัดพลังงานสุทธิ เพื่อใช้เป็นฐานในการออกแบบโมเดล [2], [11]

- การถอดบทเรียนกรณีศึกษาที่ประสบความสำเร็จ รวบรวมกรณีศึกษาของวิสาหกิจชุมชนที่สามารถดำเนินการลดค่าใช้จ่ายพลังงานหรือเปลี่ยนผ่านไปสู่พลังงานหมุนเวียนได้อย่างยั่งยืน เช่น กลุ่มในจังหวัดอุบลราชธานี เชียงใหม่ และจากต่างประเทศ เช่น สวีเดน เยอรมนี และญี่ปุ่น [10], [16], [17], [18]

- การประชุมและสัมมนาเพื่อหลอมรวมแนวความคิด จัดเวทีสัมมนาเพื่อเชิญภาคีเครือข่าย เช่น หน่วยงานรัฐ อบต. นักวิชาการ และกลุ่มชุมชนร่วมกันวิเคราะห์ตัวแปรที่สำคัญ (Key Variables) ในการสร้างโมเดล เช่น ขนาดกำลังการผลิต, รูปแบบการลงทุนร่วม, กลไกรับซื้อไฟฟ้า และแนวทางการจัดการภาษี/เงินอุดหนุน

- การยกร่างโมเดลเบื้องต้น ออกแบบต้นแบบโมเดลธุรกิจโดยใช้เครื่องมือ Business Model Canvas (BMC) ที่ประกอบด้วย 9 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ กลุ่มลูกค้า, ข้อเสนอคุณค่า, ช่องทาง, ความสัมพันธ์, รายได้, ทรัพยากร, กิจกรรม, พันส่วน และโครงสร้างต้นทุน [14]

- การตรวจสอบและปรับปรุงโมเดล นำเสนอร่างโมเดลต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านในด้านพลังงาน เศรษฐศาสตร์

และการพัฒนาชุมชน เพื่อประเมินความเป็นไปได้ ความยั่งยืน และการนำไปใช้จริง พร้อมข้อเสนอแนะในการปรับปรุง

- การทดลองภาคสนาม ดำเนินการติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ต้นแบบในกลุ่มวิสาหกิจชุมชน 1-2 แห่ง เพื่อทดสอบความเหมาะสมในบริบทจริง พร้อมติดตามผลกระทบด้านเทคนิค เศรษฐกิจ และสังคมอย่างเป็นระบบ



รูปที่ 3 แผนภาพกรอบแนวคิดการวิจัย
(Conceptual Framework)

2.2 กลยุทธ์และเทคนิคการเก็บรวบรวมข้อมูล

- การวิจัยเชิงมิติ (Dimensional Qualitative Inquiry) วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างวิสาหกิจชุมชนที่ตั้งอยู่ในบริบททางภูมิศาสตร์ที่หลากหลาย เช่น พื้นที่เมืองกับชนบท โดยพิจารณาความแตกต่างด้านระดับเทคโนโลยีค่าใช้จ่ายพลังงาน และความซับซ้อนของกระบวนการผลิตเพื่อสร้างฐานข้อมูลเปรียบเทียบเชิงลึก [19]

- การสำรวจข้อมูลเชิงปริมาณจากค่าใช้จ่ายพลังงานย้อนหลัง รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลใบแจ้งค่าไฟฟ้าของวิสาหกิจชุมชนย้อนหลัง 12 เดือน เพื่อประเมินระดับการใช้พลังงาน ต้นทุนต่อหน่วย และแนวโน้มค่าใช้จ่ายโดยรวม ซึ่งจะนำไปสู่การตั้งสมมติฐานเบื้องต้นต่อกลยุทธ์การลดต้นทุน [13]

2.3 เครื่องมือวิจัย

การเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพในงานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือที่ออกแบบอย่างมีความเฉพาะเจาะจงเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มี

ความน่าเชื่อถือและสามารถตรวจสอบย้อนกลับได้ ประกอบด้วย

- แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง (Semi-structured Interview Guides) ซึ่งผ่านการตรวจสอบความเที่ยงและความตรงจากผู้เชี่ยวชาญด้านพลังงานและเศรษฐศาสตร์ชุมชน
- แบบฟอร์มบันทึกเชิงพฤติกรรมและประเด็นในการสตอร์มมิงกลุ่ม (Focus Group Protocols)
- แบบบันทึกข้อมูลค่าใช้จ่ายพลังงานย้อนหลัง (Utility Cost Log Sheets)
- แบบฟอร์มประเมินองค์ประกอบตาม BMC (BMC Assessment Matrix)
- แนวทางการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis Framework)

การดำเนินงานตามระเบียบวิธีที่กล่าวมาข้างต้นได้รับการออกแบบเพื่อเสริมความเข้มแข็งทางแนวคิดและเชิงปฏิบัติในการพัฒนาโมเดลธุรกิจพลังงานชุมชนที่มีความเหมาะสม ยืดหยุ่น และยั่งยืนต่อสภาพแวดล้อมของจังหวัดจันทบุรี และสามารถปรับประยุกต์ใช้ในพื้นที่อื่นที่มีบริบทใกล้เคียงได้ในอนาคต

3. ระเบียบวิธีการวิจัย

3.1 กำหนดกลุ่มตัวอย่าง

การดำเนินงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาโมเดลธุรกิจพลังงานชุมชนที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี โดยใช้ระบบการวัดพลังงานสุทธิเป็นกลไกสำคัญ ในการนี้จึงจำเป็นต้องเลือกกลุ่มตัวอย่างที่สามารถสะท้อนภาพรวมของศักยภาพและข้อจำกัดของวิสาหกิจชุมชนในภูมิภาคได้อย่างเหมาะสม ผู้วิจัยจึงใช้กระบวนการคัดเลือกแบบมีวัตถุประสงค์ (Purposive Sampling) จากวิสาหกิจชุมชนที่ขึ้นทะเบียนในจังหวัดจันทบุรีจำนวนทั้งสิ้น 542 แห่ง โดยใช้เกณฑ์คัดกรองเบื้องต้น ได้แก่ (1) มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 500 หน่วยต่อเดือน (2) ดำเนินกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตหรือแปรรูปสินค้าเกษตรที่มีความเข้มข้นด้านพลังงาน

และ (3) ตั้งอยู่ในพื้นที่ที่มีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยมากกว่า 5.2 kWh/m²/day เช่น อำเภอลือชัยภูมิ ฆะขาม นายายอาม ชลุม สอยดาว และท่าใหม่ [5]

จากกระบวนการกลั่นกรองรอบแรก ผู้วิจัยได้รายชื่อวิสาหกิจชุมชนที่เข้าเกณฑ์จำนวน 34 แห่ง และดำเนินการสำรวจเชิงลึกเพิ่มเติมด้านพฤติกรรมการใช้พลังงาน ลักษณะกิจกรรมการผลิต และความพร้อมด้านความร่วมมือ สุดท้ายคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 แห่งที่มีคุณสมบัติเหมาะสมและยินยอมเข้าร่วมกิจกรรมวิจัยอย่างต่อเนื่อง โดยถือเป็นตัวแทนที่มีความหลากหลายด้านภูมิศาสตร์ ขนาดกิจการ และความซับซ้อนของระบบพลังงาน [20]

แนวทางการพัฒนาโมเดลในครั้งนี้ตั้งอยู่บนสมมติฐานว่า โครงสร้างธุรกิจของวิสาหกิจชุมชนสามารถปรับเปลี่ยนให้มีความยืดหยุ่นในการรองรับการเปลี่ยนผ่านพลังงานได้ หากมีข้อมูลเชิงประจักษ์ที่เพียงพอในการตัดสินใจ [11] ด้วยเหตุนี้ การออกแบบโมเดลภายใต้กรอบ Business Model Canvas (BMC) จึงต้องอาศัยข้อมูลที่ครอบคลุมทั้งในมิติเทคนิค เศรษฐศาสตร์ และสังคม [14]

3.2 กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

ข้อมูลเชิงปริมาณถูกรวบรวมจากแบบสอบถามซึ่งครอบคลุมตัวแปรสำคัญ ได้แก่ ปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายจ่ายเฉลี่ยต่อเดือน ความถี่ของการซ่อมบำรุง และทัศนคติต่อระบบการวัดพลังงานสุทธิ ข้อมูลเหล่านี้ได้รับการวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการแจกแจงความถี่ [12] ผลการวิเคราะห์ชี้ให้เห็นว่าวิสาหกิจชุมชนส่วนใหญ่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงฤดูการผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ 900–2,500 หน่วย/เดือน โดยเฉลี่ย 1,750 หน่วย/เดือน ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยของครัวเรือนทั่วไปถึง 3.5 เท่า ซึ่งสะท้อนถึงภาระต้นทุนที่มีนัยสำคัญในโครงสร้างทางการเงินของกิจการ [13]

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้

สมการที่ 1 Levelized Cost of Electricity (LCOE) [4]
ดังนี้

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_t + M_t + F_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}} \quad (1)$$

โดยที่

- I_t คือ การลงทุนในปีที่ t
- M_t คือ ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง
- F_t ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ (ค่าจ้าง, บริหาร)
- E_t คือ ไฟฟ้าที่ผลิตได้ในปีที่ t
- r คือ อัตราคิดลด (discount rate)

ผลจากการวิเคราะห์แสดงว่า LCOE ของระบบโซลาร์เซลล์ขนาด 10 kWp มีค่าอยู่ในช่วง 2.50–2.90 บาทต่อหน่วย ซึ่งต่ำกว่าราคาค่าไฟฟ้าปลีกเฉลี่ยของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคที่อยู่ 3.70 บาทต่อหน่วย [21]

3.2 กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

3.2.1 การระดมสมองเชิงกลุ่ม (Community Storming Workshops) เป็นเครื่องมือสำคัญในกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research: PAR) ที่มุ่งเน้นการมีส่วนร่วมของชุมชนในการวิเคราะห์ปัญหาและพัฒนาแนวทางแก้ไขที่เหมาะสมกับบริบทท้องถิ่น . ในกรณีศึกษาี้การจัดเวิร์กช็อปในจังหวัดจันทบุรีมีวัตถุประสงค์เพื่อเข้าใจปัญหาค่าไฟฟ้าสูงของวิสาหกิจชุมชนและร่วมกันพัฒนาโมเดลธุรกิจพลังงานที่ยั่งยืน พบว่า

- การระบุปัญหา ผู้เข้าร่วมสามารถระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าไฟฟ้าสูง เช่น การใช้เครื่องจักรที่ไม่มีประสิทธิภาพ การขาดความรู้ด้านการจัดการพลังงาน และการพึ่งพาแหล่งพลังงานภายนอก.

- การพัฒนาแนวทางแก้ไข มีการเสนอแนวทางต่าง ๆ เช่น การใช้พลังงานทดแทน การปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และการจัดตั้งกลุ่มความร่วมมือเพื่อแบ่งปันทรัพยากร.

- การสร้างความร่วมมือ ลงมือร่วมกันช่วยเสริมสร้างความร่วมมือระหว่างวิสาหกิจชุมชนและหน่วยงานที่

เกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาโมเดลธุรกิจที่ยั่งยืน.

3.2.2 การวิจัยเชิงมิติ (Dimensional Qualitative Inquiry) ได้ถูกนำมาใช้เพื่อตรวจสอบและอธิบายความแตกต่างเชิงโครงสร้างของวิสาหกิจชุมชนที่ตั้งอยู่ในภูมิศาสตร์ที่หลากหลายของจังหวัดจันทบุรี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในมิติของระดับเทคโนโลยีที่เข้าถึงได้ ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน และความซับซ้อนของกระบวนการผลิต ทั้งนี้เพื่อวางฐานข้อมูลเชิงเปรียบเทียบที่มีความลึกและแม่นยำสำหรับการพัฒนาโมเดลธุรกิจพลังงานชุมชนในบริบทที่แตกต่างกัน

- ระดับเทคโนโลยีและโครงสร้างพื้นฐาน จากการลงพื้นที่และสัมภาษณ์เชิงลึกพบว่า วิสาหกิจชุมชนในเขตเมือง เช่น อำเภอเมืองจันทบุรี และอำเภอท่าใหม่ มีการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยกว่าในกระบวนการแปรรูป เช่น เครื่องอบแห้งควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ ระบบแช่เย็น และระบบการจัดการพลังงานเบื้องต้น ในขณะที่วิสาหกิจชุมชนในพื้นที่ห่างไกล เช่น อำเภอมะขาม และอำเภอสอยดาว ส่วนมากยังใช้เทคโนโลยีพื้นฐาน เช่น เตาถ่าน หรือเครื่องจักรมือสองที่ไม่มีระบบควบคุมอุณหภูมิ ส่งผลให้เกิดการสูญเสียพลังงาน [15], [22]

- ค่าใช้จ่ายพลังงานได้ดำเนินการโดยการรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงาน (kWh) และค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องในช่วง 12 เดือนที่ผ่านมา การวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวใช้วิธีการทางสถิติเพื่อหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และแนวโน้มของการใช้พลังงานและค่าใช้จ่าย

การคำนวณต้นทุนต่อหน่วย (Cost per Unit) เป็นการวิเคราะห์ที่สำคัญในการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของวิสาหกิจชุมชน โดยใช้สมการที่ (2)

$$\text{ต้นทุนต่อหน่วย} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายรวม}}{\text{พลังงานที่ใช้ (kWh)}} \quad (2)$$

ผลการวิเคราะห์พบว่า วิสาหกิจชุมชนในพื้นที่เมืองมีต้นทุนต่อหน่วยเฉลี่ยที่ 4.50 บาท/หน่วย ขณะที่ในพื้นที่ชนบทมีต้นทุนเฉลี่ยที่ 5.20 บาท/หน่วย ความแตกต่างนี้สะท้อนถึงความแตกต่างในประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

และโครงสร้างค่าใช้จ่ายระหว่างพื้นที่เมืองและชนบท ความแตกต่างของระดับเทคโนโลยีสะท้อนชัดเจนใน ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน วิสาหกิจในเมืองมีค่าไฟฟ้าเฉลี่ยสูงกว่า 3,500 บาทต่อเดือนต่อกลุ่ม ขณะที่ในชนบทมี ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยอยู่ที่ 2,100 บาท แต่ต้นทุนพลังงานต่อ หน่วยผลผลิตของชนบทกลับสูงกว่า เนื่องจาก ประสิทธิภาพเชิงพลังงานต่ำ [23]

- ความซับซ้อนของกระบวนการผลิต อีกหนึ่งมิติ สำคัญคือความซับซ้อนของกระบวนการผลิต วิสาหกิจในเมืองมักมีสายการผลิตที่ประกอบด้วยขั้นตอนมากกว่า 5 ขั้นตอน มีการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ มีระบบจัดเก็บ และบรรจุภัณฑ์ที่ได้มาตรฐาน ในทางกลับกัน วิสาหกิจใน ชนบทยังกับกระบวนการผลิตแบบดั้งเดิม การวิเคราะห์ เชิงเนื้อหา (content analysis) พบว่า ความซับซ้อนของ กระบวนการผลิตมีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจในการ ลงทุนด้านพลังงาน เช่น การติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์หรือ ระบบประหยัดพลังงานอื่น ๆ [24]

การใช้วิธีวิจัยแบบ Dimensional Qualitative Inquiry ทำให้สามารถจำแนกองค์ประกอบเชิงบริบทของ แต่ละกลุ่มเป้าหมายได้อย่างเป็นระบบ โดยเฉพาะเมื่อจับคู่ กับการออกแบบโมเดลธุรกิจด้วย Business Model Canvas [14] ทำให้สามารถเชื่อมโยงมิติต่าง ๆ เข้ากับ องค์ประกอบของโมเดล เช่น กลุ่มลูกค้า ทรัพยากรหลัก และโครงสร้างต้นทุนได้อย่างมีนัยสำคัญ [25], [26]

- การตั้งสมมติฐานเบื้องต้นต่อกลยุทธ์การลดต้นทุน พลังงานของวิสาหกิจชุมชนและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ ในการพัฒนาโมเดลธุรกิจพลังงานของวิสาหกิจชุมชน โดย การใช้ข้อมูลดังกล่าวในการวางแผนและตัดสินใจเกี่ยวกับการ ลงทุนในเทคโนโลยี การจัดการพลังงาน และการใช้ พลังงานทดแทน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและ ลดต้นทุนโดยรวม

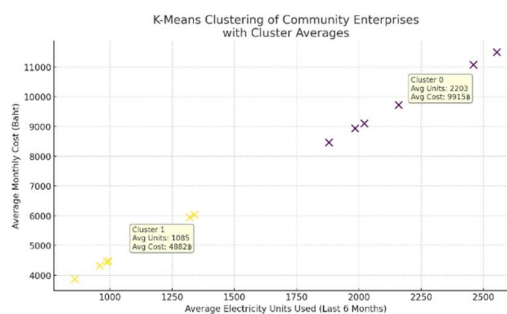
4. ผลการวิจัย

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานย้อนหลัง

การรวบรวมข้อมูลใบแจ้งค่าไฟฟ้าย้อนหลัง 12 เดือน จากวิสาหกิจชุมชนในพื้นที่ต่าง ๆ พบว่ากลุ่มวิสาหกิจ

ชุมชนในเขตเมืองมีแนวโน้ม ค่าไฟเฉลี่ยต่อเดือนสูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่นอกเมือง มีความแตกต่างของ ค่าใช้จ่ายพลังงานระหว่างพื้นที่เมืองและชนบท โดยพื้นที่ ชนบทมีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยสูงกว่า เนื่องจากการใช้เทคโนโลยีที่ ล้าสมัยและโครงสร้างพื้นฐานที่ไม่เหมาะสม [27] กลุ่มใน ชนบทมีค่าไฟฟ้าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มในเมืองในทุกเดือน ซึ่ง สะท้อนถึงความจำเป็นในการปรับปรุงโครงสร้างพลังงาน หรือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีพลังงานทดแทน เช่น ระบบ การวัดพลังงานสุทธิเพื่อช่วยลดภาระต้นทุน

จากการวิเคราะห์เชิงลึกด้วยเทคนิค K-Means Clustering ได้ทำการจัดกลุ่มวิสาหกิจชุมชนตาม พฤติกรรมการใช้พลังงาน 2 ตัวแปรหลัก ได้แก่ หน่วย ไฟฟ้าเฉลี่ยย้อนหลัง 12 เดือน และค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อเดือน โดยผลลัพธ์การจัดกลุ่มดังรูปที่ 4 มีดังนี้



รูปที่ 4 การจัดกลุ่มวิสาหกิจชุมชนตามพฤติกรรมการใช้ พลังงาน ด้วยเทคนิค K-Means Clustering

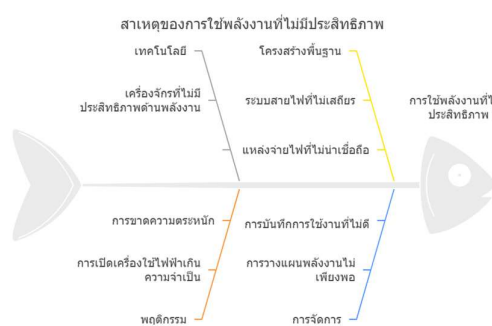
- Cluster 0 กลุ่มที่มีการใช้พลังงานและค่าไฟฟ้าต่อ เดือนค่อนข้างต่ำ น่าจะเป็นกลุ่มในพื้นที่ชนบท ใช้ เทคโนโลยีพื้นฐาน และกระบวนการผลิตไม่ซับซ้อน ควร เป็นเป้าหมายหลักในการออกแบบระบบพลังงาน แสงอาทิตย์แบบการวัดพลังงานสุทธิ เพื่อลดต้นทุน

- Cluster 1 กลุ่มที่ใช้พลังงานและมีค่าใช้จ่ายสูงกว่า มีแนวโน้มว่าอยู่ในเขตเมืองหรือมีกระบวนการแปรรูป ผลิตภัณฑ์ที่ต้องใช้พลังงานมาก (เช่น ระบบแช่เย็น การ อบแห้ง) อาจเริ่มด้วยกลยุทธ์การประหยัดพลังงาน (Energy Saving) ก่อนที่จะลงทุนในระบบพลังงาน ทดแทน

4.2 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพผ่านเวทีระดมสมอง

การจัดเวทีระดมสมองกับผู้แทนวิสาหกิจชุมชน ผู้นำท้องถิ่น และผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ช่วยให้เข้าใจถึงปัญหาเชิงโครงสร้างและความต้องการในการพัฒนา โดยใช้เครื่องมือ เช่น แผนผังเหตุและผล (Fishbone Diagram) ดังรูปที่ 5 [28]

ผลการวิเคราะห์พบว่าปัญหาหลักที่ส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายพลังงานสูง ได้แก่ การขาดความรู้ด้านการจัดการพลังงาน การใช้เทคโนโลยีที่ล้าสมัย และการขาดการสนับสนุนจากภาครัฐในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน



รูปที่ 5 แผนผังเหตุและผล (Fishbone Diagram) สาเหตุของการใช้พลังงานที่ไม่มีประสิทธิภาพ

4.3 การออกแบบแนวทางการแก้ไขปัญหา

จากข้อมูลที่ได้ การออกแบบแนวทางการแก้ไขปัญหาเบื้องต้นเน้นที่การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน เช่น การเปลี่ยนมาใช้เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพสูง การติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ และการใช้ระบบการวัดพลังงานสุทธิเพื่อขายไฟฟ้าส่วนเกินกลับเข้าสู่ระบบ [29] นอกจากนี้ การส่งเสริมการมีส่วนร่วมของชุมชนในการวางแผนและดำเนินการโครงการพลังงานทดแทน เป็นแนวทางที่สำคัญในการสร้างความยั่งยืนและลดภาระค่าใช้จ่ายพลังงานในระยะยาว [11]

การศึกษากรณีของวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดอุบลราชธานีและเชียงใหม่ที่นำระบบพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ พบว่าการลดค่าใช้จ่ายพลังงานได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ การศึกษาเปรียบเทียบโครงการพลังงานแสงอาทิตย์ระดับชุมชนระหว่างประเทศไทยและญี่ปุ่นโดย

Yamashita [30] ชี้ให้เห็นว่า การมีส่วนร่วมของชุมชนและการสนับสนุนจากภาครัฐเป็นปัจจัยสำคัญในการประสบความสำเร็จของโครงการ

4.4 การออกแบบโมเดลธุรกิจพลังงานชุมชนจากพลังงานทดแทน

การใช้เครื่องมือ Business Model Canvas (BMC) ในการออกแบบโมเดลธุรกิจพลังงานชุมชนช่วยให้สามารถระบุองค์ประกอบสำคัญ 9 ประการ โดยขั้นตอนสำคัญในการพัฒนาโมเดลธุรกิจพลังงานชุมชน คือการนำเสนอร่าง Business Model Canvas (BMC) ต่อผู้เชี่ยวชาญอย่างน้อย 3 คน จากสาขาวิศวกรรมพลังงาน เศรษฐศาสตร์พลังงาน และการพัฒนาชุมชน เพื่อให้เกิดการประเมินที่ครอบคลุมทั้งด้านเทคนิค เศรษฐศาสตร์ และความเป็นไปได้ในการนำไปใช้จริงในบริบทของวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดจันทบุรีดังรูปที่ 6

การประเมินดำเนินการผ่านเวที Focus Group Discussion (FGD) และการให้แบบสอบถามที่ออกแบบมาเฉพาะเพื่อประเมิน 9 องค์ประกอบหลักของ BMC โดยเน้นใน 3 มิติหลัก ได้แก่

(1) ความเหมาะสมด้านเทคโนโลยี (Technical Feasibility) เช่น ประสิทธิภาพของระบบการวัดพลังงาน สุทธิการเลือกขนาดระบบผลิตที่สอดคล้องกับรูปแบบการใช้ไฟฟ้าในแต่ละวิสาหกิจ

(2) ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Viability) เช่น โครงสร้างต้นทุน-รายได้ ระยะเวลาคืนทุน และแรงจูงใจด้านการเงิน

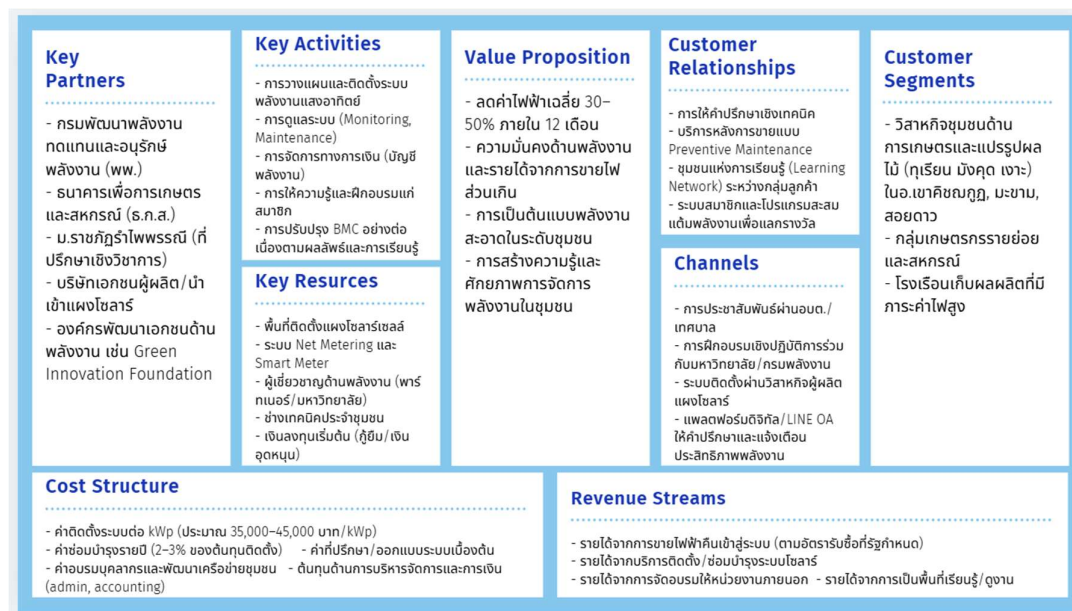
(3) ความเหมาะสมเชิงสังคม (Social Acceptability) เช่น รูปแบบการมีส่วนร่วมของชุมชน ความเข้าใจของกลุ่มเป้าหมาย และการสร้างแรงจูงใจอย่างยั่งยืน

ผลจากการทวนสอบช่วยเสริมรายละเอียดในประเด็นที่อาจขาดความสมบูรณ์ เช่น การเพิ่มกลไกจูงใจด้านภาษีหรือเงินอุดหนุนในช่อง "Revenue Streams", การระบุพาร์ทเนอร์ที่สำคัญในระดับท้องถิ่นในช่อง "Key Partnerships", และการวางระบบฝึกอบรมต่อเนื่องใน

"Customer Relationships" รวมถึงเสนอให้มีระบบเก็บข้อมูลการผลิต-ใช้ไฟแบบ real-time เพื่อสนับสนุน “Key Resources” ให้มีความชัดเจนและนำไปสู่การติดตามผลแบบ Data-Driven ในระยะยาว

ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญเหล่านี้ได้ถูกรวบรวมวิเคราะห์ และนำมาปรับปรุงร่าง BMC ให้มีความ

ครอบคลุม ยืดหยุ่น และสามารถนำไปใช้ได้จริงในหลากหลายบริบทของชุมชน ซึ่งถือเป็นขั้นตอนสำคัญที่ยกระดับความน่าเชื่อถือและคุณภาพของโมเดลธุรกิจนี้ให้พร้อมสำหรับการนำไปปฏิบัติจริงในระดับพื้นที่



รูปที่ 6 โมเดลธุรกิจพลังงานชุมชนจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบการวัดพลังงานสุทธิในจังหวัดจันทบุรี

4.5 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน

การประเมินค่า LCOE ของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ในระดับ 10 kWp พบว่าค่าใช้จ่ายรวมตลอดอายุโครงการ 25 ปีอยู่ที่ประมาณ 450,000 บาท โดยมีต้นทุนหน่วยต่อไฟฟ้า (LCOE) เท่ากับ 2.21 บาท/หน่วย เมื่อเทียบกับราคาขายไฟฟ้าเฉลี่ยของการไฟฟ้าภูมิภาคที่ 4.10 บาท/หน่วย แสดงให้เห็นถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจอย่างชัดเจน [1], [2]

นอกจากนี้ กลุ่มตัวอย่างที่ติดตั้งระบบแล้ว 2 ราย รายงานว่าค่าไฟฟ้าลดลงเฉลี่ย 42% ต่อเดือน และสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลา 6.8 ปี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Phuangpornpitak & Tia [9] ที่ระบุว่า

ระบบขนาดเล็กในครัวเรือนและกิจการชุมชนสามารถคืนทุนได้ภายใน 6–8 ปี

การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในระดับชุมชนมีศักยภาพสูงในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยระบบขนาด 10 kWp สามารถลดการปล่อยคาร์บอนได้ประมาณ 6,500 กิโลกรัม CO₂ ต่อปี เทียบเท่ากับการปลูกต้นไม้ 150 ต้นต่อปี [4,10]

ซึ่งนอกจากช่วยลดภาระต้นทุนพลังงานแล้ว ยังสอดคล้องกับเป้าหมายการลดคาร์บอนสุทธิ (Net Zero Emissions) ของประเทศไทยในระยะยาว อีกทั้งยังส่งเสริมความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อมในระดับฐานรากอย่างมีนัยสำคัญ

5. สรุปผลงานวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งพัฒนาโมเดลธุรกิจพลังงานชุมชนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบการวัดพลังงานสุทธิเพื่อแก้ไขปัญหาต้นทุนค่าไฟฟ้าที่สูงในวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดจันทบุรี โดยเน้นการออกแบบโมเดลที่สอดคล้องกับบริบทภูมิศาสตร์ เศรษฐกิจ และสังคมของท้องถิ่น โดยใช้ Business Model Canvas (BMC) เป็นเครื่องมือหลักในการวิเคราะห์

จากการเก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายไฟฟ้าย้อนหลัง 12 เดือน และจัดกระบวนการวิจัยแบบ Dimensional Qualitative และ Quantitative พบว่า ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยในกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในพื้นที่ชนบทอยู่ที่ 5.20 บาท/หน่วย ขณะที่ในเขตเมืองอยู่ที่ 4.50 บาท/หน่วย ทั้งนี้กลุ่มในชนบทมีค่าใช้จ่ายรายเดือนเฉลี่ยสูงถึง 3,500 บาท/เดือน เทียบกับ 2,100 บาท/เดือนในเขตเมือง โดยมีสาเหตุหลักจากการใช้เทคโนโลยีที่ล้าสมัย โครงสร้างพื้นฐานไฟฟ้าที่ไม่มีเสถียรภาพ และขาดการวางแผนจัดการพลังงาน

ระบบการวัดพลังงานสุทธิเป็นกลไกสำคัญในการส่งเสริมให้วิสาหกิจสามารถผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ได้เอง และขายส่วนเกินกลับเข้าสู่ระบบ โดยสามารถลดภาระต้นทุนพลังงานได้สูงถึง 30–50% ภายในระยะเวลาคืนทุนเฉลี่ย 5–7 ปี ซึ่งคำนวณจากสมการที่ (3)

$$\text{Payback Period} = \frac{\text{Initial Investment (THB)}}{\text{Annual Savings (THB/year)}} \quad (3)$$

เมื่อพิจารณาอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) และมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ภายใต้สมมติฐานต้นทุนติดตั้ง 30,000 บาท/กิโลวัตต์ ระบบขนาด 5 กิโลวัตต์ จะมี IRR อยู่ที่ประมาณ 13.5% และ NPV เป็นบวกเมื่อพิจารณาระยะเวลา 10 ปีที่อัตราคิดลด 7%

6. อภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นความไม่เท่าเทียมกันด้านโครงสร้างพื้นฐานระหว่างเขตเมืองกับชนบท ทั้งในแง่ของเทคโนโลยีและศักยภาพการบริหารจัดการพลังงาน

โดยเฉพาะในกลุ่มวิสาหกิจที่มีกระบวนการผลิตซับซ้อน เช่น การแช่เย็นและแปรรูปผลไม้ ซึ่งใช้พลังงานสูงและมีรูปแบบการใช้ไฟฟ้าแบบ peak load

การออกแบบโมเดล BMC ที่ตอบโจทย์เชิงเศรษฐกิจและสังคม ทำให้เกิดแนวทางใหม่ที่สามารถปรับใช้กับชุมชนในบริบทที่หลากหลาย โดยโมเดลที่ดีต้องมียุทธศาสตร์ประกอบดังนี้

- Value Proposition ที่เน้นการลดต้นทุนพลังงานและสร้างรายได้จากไฟฟ้าส่วนเกิน
- Customer Segments ที่เฉพาะเจาะจง เช่น กลุ่มเกษตรกรแปรรูปในพื้นที่ห่างไกล
- Key Partnerships กับหน่วยงานท้องถิ่น มหาวิทยาลัย และธนาคารรัฐ
- Revenue Streams ที่ครอบคลุมทั้งการประหยัดและรายได้จากการขายไฟ

7. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายและการวิจัยต่อเนื่อง

- การสร้างระบบสนับสนุนด้านเงินทุน ภาครัฐควรจัดตั้งกองทุนพลังงานชุมชนเพื่อสนับสนุนการติดตั้งระบบการวัดพลังงานสุทธิพร้อมให้สินเชื่อดอกเบี้ยต่ำ โดยเฉพาะในกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่มีศักยภาพแต่ขาดเงินทุนเริ่มต้น
- การพัฒนาทักษะและการฝึกอบรม ควรมีการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการแก่ผู้นำชุมชนและสมาชิกวิสาหกิจ เรื่องการดูแลระบบพลังงานและการวางแผนจัดการพลังงาน เพื่อให้สามารถพึ่งพาตนเองได้ในระยะยาว
- การพัฒนา BMC ให้มีความยืดหยุ่น โมเดลควรสามารถปรับใช้กับรูปแบบธุรกิจที่หลากหลาย เช่น แบบรวมกลุ่ม แบบผู้ลงทุนภายนอก หรือแบบบริหารร่วม ซึ่งจะทำให้ชุมชนมีทางเลือกมากขึ้นและไม่ยึดติดกับรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง
- การวิจัยเชิงเปรียบเทียบ ควรมีการศึกษาข้ามภูมิภาค เช่น เปรียบเทียบกับวิสาหกิจชุมชนในภาคเหนือและภาคใต้ เพื่อนำไปสู่การพัฒนานโยบายที่ครอบคลุมระดับประเทศ

- การติดตามและประเมินผลระยะยาว ควรมีระบบติดตามผลกระทบของโมเดลทั้งด้านเศรษฐกิจ เทคโนโลยี และสังคมอย่างเป็นระบบอย่างน้อย 3–5 ปี เพื่อยืนยันความยั่งยืน จะช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือของโมเดลนี้เพิ่มขึ้น

- ความเสี่ยงสำคัญของการพัฒนาระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบการวัดพลังงานสุทธิ คือ ความไม่แน่นอนด้านนโยบายพลังงานในระยะยาว เนื่องจากอัตราซื้อไฟฟ้า เงื่อนไขการเชื่อมต่อ และโควตาซื้ออาจมีการปรับเปลี่ยนตามบริบทเศรษฐกิจและทิศทางของภาครัฐ นอกจากนี้ ความท้าทายทางเทคนิค เช่น การควบคุมแรงดันในระบบสายส่ง การจัดการโหลดที่ไม่สมดุล และการบูรณาการกับระบบโครงข่ายหลัก ยังคงเป็นอุปสรรคต่อการขยายระบบในระดับชุมชน จึงจำเป็นต้องมีแนวทางบริหารจัดการความเสี่ยงเชิงระบบควบคู่

- การนำโมเดลธุรกิจพลังงานชุมชนไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่อื่นจำเป็นต้องพิจารณาความแตกต่างด้านภูมิศาสตร์ นโยบายพลังงานท้องถิ่น และศักยภาพการมีส่วนร่วมของชุมชน โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีโครงสร้างโครงข่ายไฟฟ้าไม่เสถียร หรือยังไม่มีมาตรการสนับสนุนระบบการวัดพลังงานสุทธิอย่างชัดเจน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความคุ้มค่าการลงทุนและความยั่งยืนของระบบในระยะยาว

8. กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ที่ให้งบประมาณสนับสนุนในการตีพิมพ์เผยแพร่งานวิจัย กราบขอบพระคุณ ผู้เชี่ยวชาญทุกท่านและอาจารย์อาทิตย์ คำต่าย ที่ให้คำแนะนำอย่างมีคุณค่าในการพัฒนางานวิจัยฉบับนี้ รวมถึงผู้เชี่ยวชาญด้าน วิสาหกิจชุมชน และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในจังหวัดจันทบุรี ที่เอื้อเพื่อข้อมูลและสละเวลาเข้าร่วมการสัมภาษณ์และกิจกรรมภาคสนาม ตลอดจนครอบครัว ภรรยาที่รักที่คอยแบ่งเบารภาระอื่นๆ แทนและเพื่อนร่วมงานที่ให้อกำลังใจอย่างต่อเนื่อง งานวิจัยนี้จะไม่สำเร็จหากปราศจากการสนับสนุนจากทุกฝ่ายดังกล่าวด้วยความจริงใจ

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] Office of Energy Policy and Planning, Thailand Power Development Plan 2018–2037 (PDP2018 Rev.1), Bangkok, Thailand, Oct. 2020.
- [2] International Energy Agency (IEA), Thailand’s Clean Electricity Transition – Analysis 2023, Paris, France: IEA Publications, 2023.
- [3] S. Tongsopt, Solar PV Business Models and Key Policy Considerations. Singapore: NUS Energy Studies Institute, 2015.
- [4] International Renewable Energy Agency (IRENA), Renewable Power Generation Costs in 2020. Abu Dhabi, UAE: IRENA, 2021.
- [5] Global Solar Atlas. (2024). Thailand Solar Resource Map [Online]. Available: <https://globalsolaratlas.info/map>.
- [6] Department of Agricultural Extension. (2024). Community Enterprise Information System [Online]. Available: <https://smce2023.doe.go.th>.
- [7] National Statistical Office of Thailand. (2024). Ministry of Digital Economy and Society, Household Energy Expenditure [Online]. Available: <https://www.nso.go.th/>.
- [8] A. Kamtai, K. Ruttanawijit, and L. Nakharintr, “The study of thermal efficiency of hot-pot,” *Sci. Eng. J. (SEJ)*, vol. 19, no. 2, pp. 49–55, 2024.
- [9] International Energy Agency (IEA), Renewables 2023: Solar PV Outlook. Paris, France: IEA Publications, 2023.
- [10] M. Wahlund and J. Palm, “The role of energy democracy and energy citizenship for participatory energy transitions: A

- comprehensive review,” *Energy Res. Social Sci.*, vol. 87, p. 102482, May 2022.
- [11] L. L. Delina, “A rural energy collaboratory: Co-production in Thailand’s community energy experiments,” *J. Environ. Stud. Sci.*, vol. 10, no. 1, pp. 83–90, 2020.
- [12] J. W. Creswell and C. N. Poth, *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches*, 4th ed. Thousand Oaks, CA, USA: SAGE Publications, 2023.
- [13] R. K. Yin, *Case Study Research and Applications: Design and Methods*, 6th ed. Thousand Oaks, CA, USA: SAGE Publications, 2018.
- [14] N. Bocken, “Business Models for Sustainability,” Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science, 2023.
- [15] S. White and M. Corbett, *Doing Educational Research in Rural Settings: Methodological Issues, International Perspectives and Practical Solutions*. London, U.K.: Routledge, 2014.
- [16] A.-L. Vernay, C. Sebi and F. Arroyo, “Energy community business models and their impact on the energy transition: Lessons learnt from France,” *Energy Policy*, vol. 175, p. 113473, 2023.
- [17] N. Luangchosiri, T. Ogawa, H. Okumura and K. N. Ishihara, “Success factors for the implementation of community renewable energy in Thailand,” *Energies*, vol. 14, no. 14, p. 4203, 2021.
- [18] Y. Rungcharoennan and W. Phoochinda, “Sustainability indicators for community enterprises producing renewable energy in Thailand,” *Int. J. Sustainable Dev. Planning*, vol. 16, no. 5, pp. 915–923, 2021.
- [19] M. Q. Patton, *Qualitative Research & Evaluation Methods: Integrating Theory and Practice*, 4th ed. Thousand Oaks, CA, USA: SAGE Publications, 2014.
- [20] J. W. Creswell and V. L. Plano Clark, *Designing and Conducting Mixed Methods Research*, 3rd ed. Thousand Oaks, CA, USA: SAGE Publications, 2017.
- [21] Energy Policy and Planning Office (EPPO), Monthly Average Electricity Rates, 2024.
- [22] P. Boros, “Applying a Total Quality Framework to Qualitative Research Design: A Review,” *Qualitative Report*, vol. 23, no. 5, pp. 1169–1180, 2018.
- [23] GlobalPetrolPrices.com. (2025, May 31). Thailand Electricity Prices [Online]. Available: https://www.globalpetrolprices.com/Thailand/electricity_prices/.
- [24] K. L. Olofsson, J. B. Fitzgerald and M. B. Hossain, “Assessing multi-dimensional complexity through sustainability modeling: A whole community approach,” *Environ. Sci. Policy*, vol. 164, p. 104002, 2025.
- [25] H. Shabbir, “Dimensional qualitative research as a paradigmatic shift in qualitative inquiry: An introduction to the special issue,” *Psychol. Marketing*, vol. 28, no. 10, pp. 977–979, 2011.
- [26] L. S. Nowell, J. M. Norris, D. E. White and N. J. Moules, “Thematic Analysis: Striving to Meet the Trustworthiness Criteria,” *Int. J.*

- Qualitative Methods*, vol. 16, no. 1, pp. 1–13, 2017.
- [27] A. Yoshida, P. Manomivibool, T. Tasaki and P. Unroj, “Qualitative study on electricity consumption of urban and rural households in Chiang Rai, Thailand, with a focus on ownership and use of air conditioners,” *Sustainability*, vol. 12, no. 14, p. 5796, 2020.
- [28] H. J. M. Cavite, C. Kerdsriserm and S. Suwanmaneepong, “Strategic guidelines for community enterprise development: A case in rural Thailand,” *J. Entrepreneurship Emerging Econ.*, vol. 17, no. 2, pp. 284–304, 2023.
- [29] P. Payakkamas, A. Bangviwat, C. Menke and P. Trinuruk, “Price determination of electricity supply in Thailand based on externalities, wheeling charges, and losses,” *Sci. Technol. Asia*, vol. 22, no. 3, pp. 49–64, 2017.
- [30] M. Yamashita, “Comparative analysis of community solar projects between Thailand and Japan,” M.S. thesis, Dept. Environ. Eng., Chulalongkorn Univ., Bangkok, Thailand, 2018.