



# การผลิตไฟฟ้าโดยวัฏจักรแรงจลนสารอินทรีย์จากขยะมูลฝอย กรณีศึกษามหาวิทยาลัยแม่โจ้

## Electrical Generation by Organic Rankine Cycle from Solid Waste Case Study of Maejo University

โดย นางสาวราตรี วิชาจารย์ รหัสนักศึกษา 5715123377  
นางสาวอารยา หาญเสมอ รหัสนักศึกษา 5715123422  
ที่ปรึกษา รศ.ดร. นัฐพร ไชยญาติ

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตไฟฟ้าโดยวัฏจักรแรงจลนสารอินทรีย์จากขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยทำการสำรวจและเก็บข้อมูลทางกายภาพของขยะมูลฝอย ผลจากการศึกษาพบว่าปริมาณขยะที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้มีปริมาณ 1,648.61 kg/day โดยมีสัดส่วนขยะที่สามารถเผาไหม้ได้คิดเป็น 89.49% มีค่าความร้อนต่ำเท่ากับ 19.56 MJ/kg และเชื้อเพลิงขยะที่นำมาศึกษาอันประกอบด้วยเชื้อเพลิงขยะ RDF-1 RDF-3 และ RDF-5 เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาประเมินศักยภาพการผลิตไฟฟ้าโดยใช้วัฏจักรแรงจลนสารอินทรีย์ และประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์จากต้นทุนต่อหน่วยของการผลิตไฟฟ้าของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของวัฏจักรแรงจลนสารอินทรีย์โดยใช้สารทำงาน R-123 ที่น้ำร้อนอุณหภูมิ 120 °C และจากคำนวณแบบจำลองคณิตศาสตร์ศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าพบว่า เชื้อเพลิงขยะ RDF-1 มีศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้า 40.76 kW<sub>e</sub> เชื้อเพลิงขยะ RDF-3 42.69 kW<sub>e</sub> และเชื้อเพลิงขยะ RDF-5 29.30 kW<sub>e</sub> โดยมีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยเท่ากับ 4.05 Baht/kWh 4.74 Baht/kWh และ 13.08 Baht/kWh ตามลำดับ การลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าระบบ ORC พบว่าเชื้อเพลิงขยะ RDF-1 และเชื้อเพลิงขยะ RDF-3 มีความคุ้มค่าต่อการลงทุน ซึ่งเชื้อเพลิงที่เหมาะสมสำหรับนำมาผลิตไฟฟ้าร่วมกับวัฏจักรแรงจลนสารอินทรีย์มากที่สุด คือ เชื้อเพลิงขยะ RDF-1 เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าน้อยที่สุด และเชื้อเพลิงขยะ RDF-5 ไม่มีความคุ้มค่าต่อการลงทุนเนื่องจากปัจจุบันรัฐบาลมีการอุดหนุนการรับซื้อไฟฟ้าจากเอกชนแบบ Feed-in Tariff (FIT) อยู่ที่ 6.34 Baht/kWh สำหรับโรงไฟฟ้าขนาดต่ำกว่า 1 MW

### บทนำ

ปัจจุบันขยะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเพิ่มขึ้นของประชากร และมีการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจอุตสาหกรรมที่เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ทำให้มีการจัดการขยะมูลฝอยกลายเป็นปัญหาหนักที่สุดทุกประเทศต้องเผชิญ ซึ่งสังคมทั่วโลกให้ความสำคัญมากที่สุดและมีการเสนอแนวทางในการจัดการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างคุ้มค่าเพื่อลดปริมาณการใช้ขยะ

ดังนั้นวัฏจักรแรงจลนสารอินทรีย์เป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่น่าสนใจในกานำมาผลิตไฟฟ้าและใช้ความร้อนร่วมการเผาขยะและไม่ทำให้เกิดมลพิษ

ซึ่งวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้ คือ ศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตไฟฟ้าโดยนำเทคโนโลยีไปใช้งานสำหรับการนำขยะมาใช้ประโยชน์เพื่อผลิตเป็นพลังงาน อย่างมีประสิทธิภาพและไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมพร้อมทั้งสามารถนำผลการวิจัยนี้ไปขยายใช้งานได้จริง

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการนำเชื้อเพลิงขยะ RDF-1 RDF-3 และ RDF-5 มาเป็นแหล่งพลังงานความร้อนสำหรับใช้ผลิตไฟฟ้าร่วมกับวัฏจักรแรงจลนสารอินทรีย์
2. เพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของวัฏจักรแรงจลนสารอินทรีย์ร่วมกับเตาเผาขยะ
3. เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์การนำเชื้อเพลิงขยะ RDF-1 RDF-3 และ RDF-5 มาผลิตไฟฟ้า

### วิธีการศึกษา

1. สำรวจและเก็บข้อมูลปริมาณของขยะภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้
2. ประเมินหลักเกณฑ์ทางกายภาพและค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขยะ RDF-1 เพื่อหาองค์ประกอบของขยะ หาค่าความหนาแน่นของขยะ คำนวณหาค่าความร้อน
3. ศึกษาข้อมูลเชิงเทคนิคและค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขยะ RDF-3
4. ศึกษาข้อมูลเชิงเทคนิคและค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขยะ RDF-5
5. สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ แสดงในรูปที่ 1
6. วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์จากการเผาเชื้อเพลิงขยะมาผลิตเป็นไฟฟ้า



รูปที่ 3 การแยกองค์ประกอบของขยะ

- ความหนาแน่นของขยะ

จากผลการดำเนินงานพบว่าขยะที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้มีความหนาแน่นเฉลี่ยประมาณ 101.06 kg/m<sup>3</sup>



รูปที่ 4 การหาความหนาแน่นของขยะภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้

- คำนวณค่าความร้อน

จากผลการคำนวณค่าความร้อนโดยใช้ข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีวิเคราะห์ร่วมกับสมการ Dolong พบว่าปริมาณขยะที่เผาไหม้ได้มีค่าความร้อน 19.56 MJ/kg

**3. ผลการศึกษาเชื้อเพลิงขยะ RDF-3** พบว่ามีปริมาณขยะรวม 1,694.86 kg/day เป็นขยะที่เผาไหม้ได้ 1,514.13 kg/day ปริมาณความร้อนที่ได้จากเชื้อเพลิงขยะมีค่าเท่ากับ 718.02 kW และมีค่าความร้อนอ้างอิงข้อมูลจากงานเทศบาลสมอแฉง โครงการสร้างระบบการจัดการขยะเพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel; RDF) และ ปุ๋ยอินทรีย์ มีค่าความร้อน 20.49 MJ/kg

**4. ผลการศึกษาเชื้อเพลิงขยะ RDF-5** ซึ่งอ้างอิงข้อมูลจากงานวิจัยที่มีการเผยแพร่โดยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พบว่ามีปริมาณขยะรวม 4,280.00 kg/day เป็นขยะที่เผาไหม้ได้ 2,090.00 kg/day จากการประเมินหาเชื้อเพลิงขยะ RDF-5 จากปริมาณเชื้อเพลิงขยะ RDF-1 พบว่ามีปริมาณ 827.63 kg มีค่าความร้อน 25.72 MJ/kg

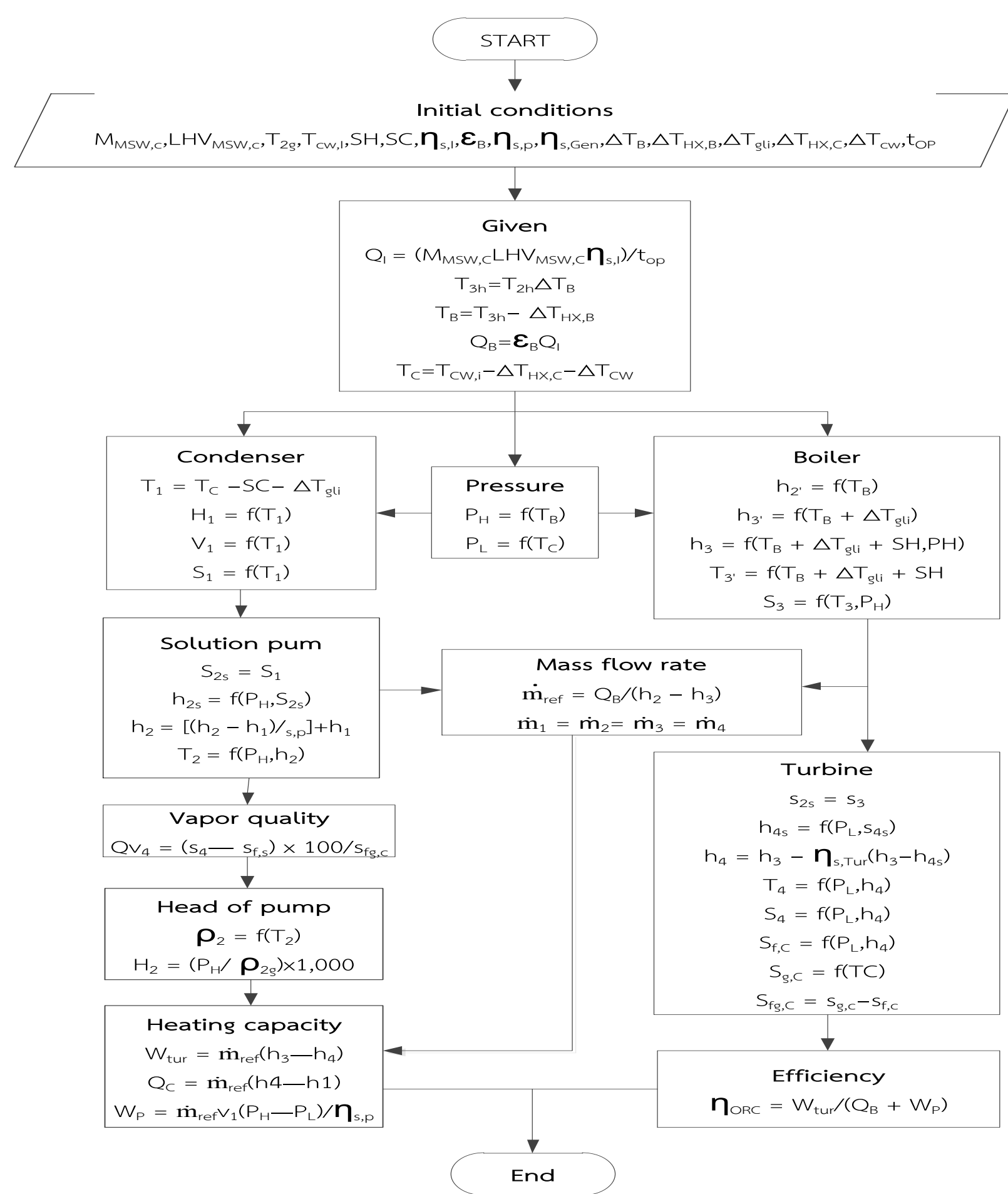
**5. ผลการสร้างแบบจำลองทางด้านคณิตศาสตร์ของวัฏจักรแรงจลนสารอินทรีย์ที่ใช้แหล่งพลังงานความร้อนจากการเผาขยะ**  
เชื้อเพลิงขยะ RDF-1 มีศักยภาพการผลิตไฟฟ้า 40.76 kW<sub>e</sub> เชื้อเพลิงขยะ RDF-3 มีศักยภาพการผลิตไฟฟ้า 42.69 kW<sub>e</sub> และเชื้อเพลิงขยะ RDF-5 มีศักยภาพการผลิตไฟฟ้า 29.30 kW<sub>e</sub> ซึ่งเชื้อเพลิงขยะ RDF-1 สามารถผลิตไฟฟ้าได้ต่อปี 171.71 MWh/year เชื้อเพลิงขยะ RDF-3 179.30 MWh/year และเชื้อเพลิงขยะ RDF-5 123.06 MWh/year รายละเอียดข้อมูล ดังแสดงในตารางที่ 1

### 6. ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงขยะ

เชื้อเพลิงขยะ RDF-1 มีมูลค่าลงทุนโครงการรวม 5,579,280.87 Baht สำหรับเชื้อเพลิงขยะ RDF-3 มีมูลค่าลงทุนโครงการรวม 6,057,972.79 Baht และเชื้อเพลิงขยะ RDF-5 มีมูลค่าลงทุนโครงการรวม 4,594,762.31 Baht และต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้าของเชื้อเพลิงขยะ RDF-1 RDF-3 และ RDF-5 มีค่า 4.05 Baht 4.74 Baht 13.08 Baht ตามลำดับ เชื้อเพลิงขยะ RDF-1 และเชื้อเพลิงขยะ RDF-3 มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เชื้อเพลิงขยะ RDF-5 ไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เนื่องจากรัฐบาลมีการสนับสนุนการรับซื้อไฟฟ้าจากเอกชนแบบ Fit 6.43 Baht ที่ขนาดโรงไฟฟ้าที่มีขนาดต่ำกว่า 6.34 บาท และเชื้อเพลิงขยะที่มีความเหมาะสมสำหรับนำมาผลิตไฟฟ้าร่วมกับวัฏจักรแรงจลนสารอินทรีย์มากที่สุดคือเชื้อเพลิงขยะ RDF-1 เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยน้อยที่สุด

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ศักยภาพการผลิตการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะและการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์จากการเผาเชื้อเพลิงขยะมาผลิตเป็นไฟฟ้า

รายละเอียด	ข้อมูล			หน่วย
	RDF-1	RDF-3	RDF-5	
สารทำงาน	R-123	R-123	R-123	R-123
ปริมาณเชื้อเพลิงขยะที่เผาไหม้ได้ (M <sub>RDF</sub> )	529.95	529.95	289.67	Ton/year
ค่าความร้อนต่ำของขยะที่เผาไหม้ได้ (LHV <sub>RDF,C</sub> )	19.56	20.49	25.72	MJ/kg
ปริมาณความร้อนจากเชื้อเพลิงขยะ (Q <sub>RDF</sub> )	685.56	718.02	492.75	kW
ประสิทธิภาพของระบบวัฏจักรแรงจลนสารอินทรีย์ (η <sub>ORC</sub> )	10.71	10.71	10.71	%
ศักยภาพการผลิตไฟฟ้า (W <sub>e</sub> )	40.76	42.69	29.30	kW <sub>e</sub>
สามารถผลิตไฟฟ้าผลิตไฟฟ้าต่อปี	171.19	179.3	123.06	MWh/year
มูลค่าการลงทุนโครงการรวม (Inv)	5,579,280.87	6,057,972.79	4,594,762.31	Baht
ค่าใช้จ่ายในการผลิตพลังงานไฟฟ้าต่อปี (PEC)	162,606.03	272,601.51	1,171,981.57	Baht/year
ค่าผลรวมอัตราการผลิตไฟฟ้าตลอดระยะเวลา 20 y	1,796,915.44	1,881,984.13	1,291,526.12	kWh
ค่าต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้า (LEC)	4.05	4.74	13.08	Baht/kWh



รูปที่ 1 แผนภาพจำลองทางคณิตศาสตร์ของวัฏจักรแรงจลนสารอินทรีย์ของเชื้อเพลิงขยะ

### ผลการศึกษา

ผลการศึกษาหลักเกณฑ์ทางกายภาพของเชื้อเพลิงขยะ RDF-1 RDF-3 และ RDF-5 และการนำเชื้อเพลิงขยะมาผลิตไฟฟ้าร่วมกับระบบวัฏจักรแรงจลนสารอินทรีย์พบว่า

1. ผลการศึกษาขยะภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ พบว่ามีปริมาณขยะทั้งหมด 368 bag/day น้ำหนักขยะรวม 1,694.861 kg/day และมีน้ำหนักขยะเฉลี่ย 9.186 kg/bag



รูปที่ 2 ปริมาณขยะภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้

2. ผลการประเมินหาเชื้อเพลิงขยะ RDF-1

- องค์ประกอบของขยะ

พบว่ามีปริมาณขยะรวม 1,694.861 kg/day แบ่งเป็นขยะที่เผาไหม้ได้จากปริมาณขยะทั้งหมดที่เกิดขึ้นมีปริมาณ 1514.13 kg/day คิดเป็น 89.490% และมีขยะที่เผาไหม้ไม่ได้มีปริมาณ 180.93 kg/day คิดเป็น 10.663%

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เนื่องจากความเมตตาของคณาจารย์ และกำลังใจจากบุคคลหลายท่าน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. นัฐพร ไชยญาติ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ เป็นอย่างสูงที่ท่านได้ให้คำแนะนำปรึกษาด้านวิชาการคอยให้การช่วยเหลือ และแก้ไขปัญหาให้กับศิษย์ จนโครงการฉบับนี้สำเร็จลงได้อย่างสมบูรณ์

ขอขอบคุณวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ที่มอบทุนอุดหนุนในโครงการผลิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทน ในกลุ่มประเทศอาเซียนสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี