

## การผลิตน้ำร้อนด้วยแผงโซลาร์ฮีทไปป์ร่วมกับฮีทปั๊ม

### Hot Water Production by Using Heat Pipe Solar Panels with Cascading Heat Pump

ปิยะ ณ ลำพูน<sup>1\*</sup>, วิทยา ยงเจริญ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ภาควิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย piyanalampun@gmail.com

<sup>2</sup> ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย yongchareon@gmail.com

#### บทคัดย่อ

อาคารโรงแรมในประเทศไทยส่วนใหญ่นิยมผลิตน้ำร้อนโดยใช้ระบบฮีทปั๊มเนื่องจากเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูงและใช้พลังงานต่ำส่งผลให้การลดพลังงานในส่วนนี้ทำได้ยาก การเพิ่มอุณหภูมิน้ำก่อนเติมเข้าระบบของฮีทปั๊มโดยฮีทไปป์จึงเป็นที่มาของงานวิจัยครั้งนี้ งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษการผลิตน้ำร้อนร่วมกับฮีทปั๊มเฉพาะชั้น High zone จากชั้นที่ 30 ถึง ชั้นที่ 34 เท่านั้น โดยมีปริมาณการใช้น้ำร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 2,000 ลิตรต่อวัน ได้ติดตั้งแผงโซลาร์ฮีทไปป์ซึ่งมีพื้นที่รับแสง  $A_c = 1.89 \text{ m}^2/\text{แผง}$  จำนวนทั้งหมด 8 แผง ฮีทไปป์ผลิตน้ำร้อนเฉลี่ย 10 ชั่วโมงต่อวัน เริ่มตั้งแต่ 7.00 น. - 17.00 น. ในช่วงเวลากลางวัน น้ำร้อนได้ถูกนำไปเก็บไว้ในถังเก็บน้ำร้อนขนาด 2,000 ลิตร และในช่วงเวลากลางคืนได้นำน้ำร้อนไปป้อนให้กับระบบฮีทปั๊ม พลังงานน้ำร้อนได้แปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยใช้ค่า COP ของฮีทปั๊ม จึงสามารถประหยัดพลังงานได้ 19,827 บาท ต่อปี และเมื่อประมาณอายุการใช้งานของระบบทำน้ำร้อนเป็น 20 ปี จึงประเมินโครงการด้านเศรษฐศาสตร์ได้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ระยะคืนทุน (PB) เท่ากับ 244,237 บาท 7.63% และ 10.54 ปีตามลำดับ

**คำสำคัญ :** โซลาร์ฮีทไปป์ , ฮีทปั๊ม

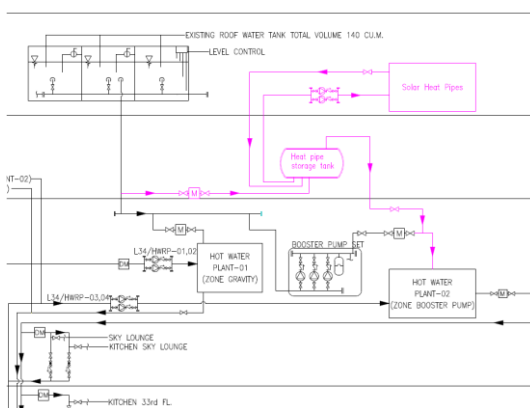
#### Abstract

Hotel in Thailand prefers producing hot water system by using the heat pump system because it is high efficiency and low energy input, so too difficult to reduce energy consumption for this system, increasing the temperature of the makeup water for the heat pump system with solar heat pipe was a purpose of this study. This system would be covered only the high zone, which started from the 30<sup>th</sup> floor to the 34<sup>th</sup> floor. The average hot water consumption was 2000 liters/day. The 8 panels of solar heat pipe with  $A_c = 1.89 \text{ m}^2/\text{panel}$  were installed. The heat pipe operated from 7:00 a.m. to 5:00 p.m. and the hot water was stored in the 2000 liters of hot water storage tank during the daytime. At nighttime, the hot water was sent to the heat pump system. The hot water energy was converted to electrical energy by using the COP of the heat pump. A total annual energy cost savings of 19,827 baht was obtained. Also, the estimated life of the heat pipe system was 20 years. For an economic point of view, the net present value (NPV), the internal rate of return (IRR), and the payback period were 244,237 baht, 7.63%, and 10.54 years respectively.

**Keywords:** Solar heat pipe, Heat pump

## 1. บทนำ (Introduction)

การเพิ่มอุณหภูมิน้ำก่อนเติมเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำร้อนหลักชนิดฮีทปั๊ม เป็นอีกวิธีที่สามารถลดอัตราการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตน้ำร้อนได้ ในการวิจัยครั้งนี้ได้มุ่งเน้นการผลิตน้ำร้อนก่อนป้อนเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำร้อนหลัก โดยระบบโซลาร์ฮีทไปป์ จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าการบริหารจัดการและซ่อมบำรุงของระบบฮีทไปป์มีน้อยและไม่ซับซ้อน รวมถึงระบบจะต้องติดตั้งบริเวณพื้นที่โล่งจึงสามารถเข้าถึงได้ง่าย เหมาะสำหรับอาคารประเภทกลุ่มโรงแรมซึ่งมีอัตราการใช้น้ำร้อนที่สูงและต้องเข้าถึงเพื่อซ่อมบำรุงได้อย่างรวดเร็ว รูปแบบจำลองการติดตั้งระบบฮีทไปป์ร่วมกับระบบทำความร้อนแบบฮีทปั๊มแสดงดังภาพที่ 1 และลักษณะฮีทปั๊มที่ผลิตน้ำร้อนหลักใช้งานจริงในปัจจุบันสำหรับชั้น 30 ถึงชั้น 34 (High zone) แสดงตาม ภาพที่ 2



ภาพที่ 1 ลักษณะการเชื่อมต่อโซลาร์ฮีทไปป์กับระบบฮีทปั๊ม



ภาพที่ 2 ระบบฮีทปั๊มซึ่งใช้งานอยู่ปัจจุบัน

งานวิจัยครั้งนี้เป็นกรณีศึกษาสำหรับการลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิตน้ำร้อนด้วยฮีทปั๊มของอาคารโรงแรมคาร์ลตันสุขุมวิทโดยวิธีการการติดตั้งระบบทำความร้อนชนิดฮีทไปป์บริเวณคาดฟ้าชั้น 33 ของโรงแรมและทำการเชื่อมต่อกับระบบผลิตน้ำร้อนหลักที่ใช้ฮีทปั๊ม ซึ่งติดตั้งอยู่บริเวณชั้น 33 โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อผลิตน้ำร้อนด้วยโซลาร์ฮีทไปป์ร่วมกับฮีทปั๊ม ทั้งนี้เพื่อลดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าในการผลิตน้ำร้อนของฮีทปั๊มสำหรับห้องพักแขกและสกายบาร์ชั้น 30 ถึงชั้น 34 และทำการประเมินโครงการโดยวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนเพื่อเสนอเจ้าของโรงแรมในการติดตั้งระบบ การติดตั้งอุปกรณ์ผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ หรือ Solar thermal collector system สามารถลดอัตราการใช้พลังงานของอุปกรณ์ทำความร้อนหลักได้จริง โดย คุณ ธีรภัทร์ อนุชาติ ได้ศึกษาการเลือกขนาดระบบทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์ร่วมกับปั๊มความร้อนสำหรับใช้งานในโรงแรมในประเทศไทยจากงานวิจัยพบว่าอุณหภูมิน้ำซึ่งผ่านกระบวนการทำความร้อนโดยแสงอาทิตย์ก่อนส่งต่อไปยังปั๊มความร้อนนั้น สามารถลดอัตราการป้อนพลังงานไฟฟ้าให้แก่คอมเพรสเซอร์ของปั๊มความร้อนได้ถึง 30% (ธีรภัทร์ อนุชาติ 2549)

## 2. วิธีการวิจัย (Methodology)

ข้อมูลที่ต้องทำการตรวจวัดและบันทึกประกอบไปด้วยปริมาณน้ำร้อนที่ใช้ในอาคาร และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ภายในอาคาร

### 2.1 ปริมาณการใช้น้ำร้อนของอาคาร

ใช้มิเตอร์น้ำเป็นเครื่องมือสำหรับตรวจวัด ทำการจดบันทึกค่าทุกวันในช่วงเวลาระหว่าง 24.00 น – 24.10 น. โดยเริ่มเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม 2564 – 30 กรกฎาคม 2565.

### 2.2 พลังงานไฟฟ้า

คำนวณค่าไฟฟ้าแต่ละเดือนโดยเริ่มตั้งแต่เดือน สิงหาคม 2564 - กรกฎาคม 2565 โดยต้นทุนค่าพลังงานจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปแบบ ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย ตามสมการ

$$\text{ต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อหน่วย} = \frac{\text{ค่าไฟฟ้ารวม บาท}}{\text{หน่วยไฟฟ้ารวม kWh}} \quad (1)$$

โดย ค่าไฟฟ้ารวม = ค่าไฟฟ้าสุทธิ ซึ่งรวมกับภาษีมูลค่าเพิ่ม (บาท) , หน่วยไฟฟ้ารวม = ผลรวมหน่วยไฟฟ้าจากบิลเรียกเก็บจากการไฟฟ้านครหลวงแต่ละเดือนซึ่งรวมหน่วยไฟฟ้าใช้งานทั้งสองช่วงคือ ช่วง on-peak และ off-peak (kWh)

### 2.3 อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม และค่าความเข้มแสง

ใช้ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา ค่าความเข้มแสง และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ที่นำมาคำนวณจะเริ่มตั้งแต่ เวลา 7.00 น - 17.00 น. ของทุกวันในแต่ละเดือน

### 2.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 ค่าพลังงานความร้อนที่ผลิตได้จากฮีทไปป์คำนวณได้จาก

$$\dot{Q}_{collector} = I_t A_c \left[ 0.77 - \frac{5.16}{I_t} (T_i - T_a) \right] \quad (2)$$

เมื่อ

$\dot{Q}_{collector}$  พลังงานที่แผงสามารถผลิตได้ (kWh) ,  $I_t$  ค่ารังสีจากแสงอาทิตย์ ( $W/m^2$ ) ,  $A_c$  พื้นที่รับแสงอาทิตย์( $m^2$ ) 0.77 ค่าประสิทธิภาพเชิงเส้นจากผู้ผลิต, 5.16 ค่าการสูญเสียความร้อน จากผู้ผลิต ( $w/m^2 \text{ } ^\circ C$ ) ,  $T_i$  อุณหภูมิน้ำไหลเข้าแผงรับแสงอาทิตย์  $^\circ C$  และ  $T_a$  อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม  $^\circ C$  เมื่อทราบพลังงานที่ฮีทไปป์สามารถผลิตได้แล้วนำมาแทนค่าในสมการประสิทธิภาพฮีทปั๊ม ตามสมการ

$$W_{et} = \frac{\dot{Q}_{collector}}{3.53} \quad (3)$$

เมื่อ

$W_{et}$  ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนเข้าระบบ (kWh) ,  $COP_t = 3.53$  (ประสิทธิภาพฮีทปั๊ม)

สามารถคำนวณค่าพลังงานที่ประหยัดได้จากสมการ

$$E_{ic} = W_{et} (\text{kWh}) \times E_c (\text{บาท/kWh}) \quad (4)$$

เมื่อ  $E_{ic}$  ค่าพลังงานไฟฟ้ารวมที่ประหยัดได้ (บาท) ,  $E_c$  ต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อหน่วย (บาท/kWh)

2.4.2 การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ ใช้ทั้งหมด 3 เกณฑ์ในการวิเคราะห์คือ NPV IRR และ PB

เกณฑ์ที่ 1 คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value : NPV) คำนวณได้ตามสมการ

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{B}{(1+i)^t} - I_0 \quad (5)$$

โดยมีเกณฑ์ในการวิเคราะห์  $NPV < 0$  ไม่ควรลงทุนสำหรับโครงการนี้,  $NPV = 0$  ตัดสินใจลงทุนหรือไม่ลงทุนก็ได้,  $NPV > 0$  ควรลงทุนสำหรับโครงการนี้

เกณฑ์ที่ 2 คืออัตราผลตอบแทนภายในซึ่งได้จากการลงทุนในโครงการ (Internal Rate Return : IRR) ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$I_0 = \sum_{t=1}^n \frac{B}{(1+IRR)^t} \quad (6)$$

โดยมีเกณฑ์ในการวิเคราะห์ถ้า  $IRR <$  ต้นทุนของเงินลงทุน : ไม่ควรลงทุนสำหรับโครงการนี้ ,  $IRR =$  ต้นทุนของเงินลงทุน : ตัดสินใจลงทุนหรือไม่ลงทุนก็ได้,  $IRR >$  ต้นทุนของเงินลงทุน : ควรลงทุนในโครงการนี้

เกณฑ์ที่ 3 ระยะคืนทุน (Payback period :PB) เนื่องจากกระแสเงินสดรับสุทธิในโครงการนี้ไม่เท่ากันทุกเดือนจึงทำการคำนวณกระแสเงินสดสะสม (Cumulative cash flow) ก่อนแทนค่าในสมการ

$$PB = y_{end} + \frac{C_{last}}{C_f} \quad (7)$$

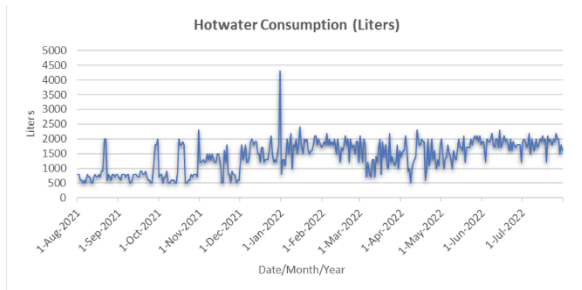
เมื่อ

$y_{end}$  คือ จำนวนปีก่อนที่จะได้ทุนคืนครบ(ปี) ,  $C_{last}$  คือ ส่วนที่ยังได้คืนไม่ครบ ณ ก่อนปีที่ได้ทุนคืน(บาท) ,  $C_f$  คือ กระแสเงินสดสุทธิรับในปีที่ได้ทุนคืน(บาท)

เกณฑ์ในการตัดสินใจ คือ ระยะเวลาคืนทุนจะต้องใช้เวลาไม่เกินอายุของโครงการ

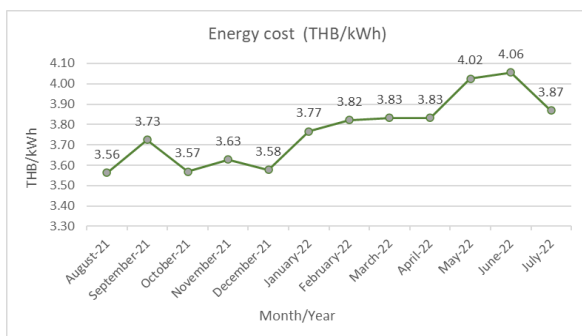
### 3. ผลการวิจัย (Results)

จากการดำเนินการเก็บข้อมูลการใช้จำนวน 12 เดือน พบว่ามีปริมาณใช้น้ำเฉลี่ย 2000 ลิตร/วัน มีเพียง 1 วันที่มีอัตราการใช้น้ำสูงผิดปกติ สาเหตุจากการล้างถังค้ำน้ำร้อน ตามแผนซ่อมบำรุงประจำปี วันโดยรายละเอียดแสดงตาม **ภาพที่ 4**



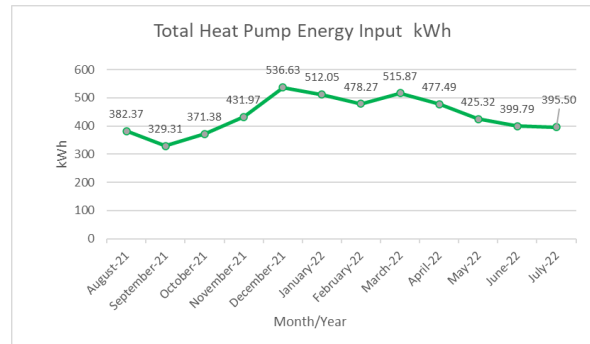
**ภาพที่ 4** ปริมาณการใช้น้ำรายวันของเดือน 1 สิงหาคม 2564 - กรกฎาคม 2565

ต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อหน่วยของทั้ง 12 เดือนค่อนข้างผันผวน สาเหตุหลัก จากการระบาดของโควิด19 มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำในช่วงเดือนสิงหาคม 2564 – ธันวาคม 2564 เนื่องจากมีจำนวนแขกเข้าพักน้อย และค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยเริ่มขยับสูงขึ้นเริ่มตั้งแต่เดือน มกราคม 2565 -กรกฎาคม 2565 เนื่องจากโรงแรมเริ่มมีแขกเข้าพักมากขึ้น รวมถึงมีการใช้เครื่องจักรที่มีโหลดทางไฟฟ้าสูงในช่วง on-peak จึงส่งผลให้ค่ากำลังงานไฟฟ้าสูงสุดของเดือนสูงขึ้นตาม โดยต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อหน่วยสูงสุดคือเดือนมิถุนายน 2565 เท่ากับ 4.06 บาท/kWh สรุปค่าไฟฟ้าต่อหน่วยตาม **ภาพที่ 5**



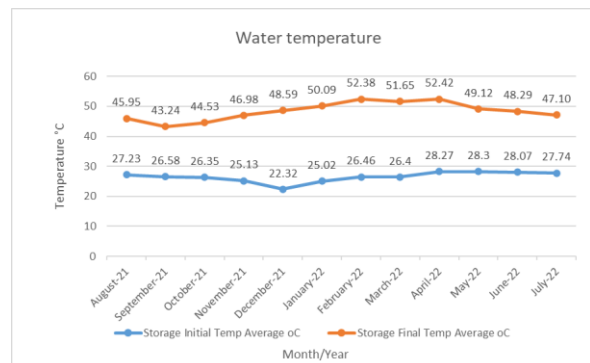
**ภาพที่ 5** ต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้า(บาท/kWh) เดือนสิงหาคม 2564 – กรกฎาคม 2565

ผลการวิเคราะห์ค่าพลังงานความร้อนที่ผลิตได้จากฮีทปั๊ม เมื่อนำค่าพลังงานที่ได้แทนเข้าในสมการประสิทธิภาพของฮีทปั๊ม ( $COP_p$ ) ค่าพลังงานแต่ละเดือนที่ผลิตได้จากฮีทปั๊มแสดงตาม **ภาพที่ 6** ซึ่งค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ในช่วงเดือน ธันวาคม 2564 - เดือนมีนาคม 2565



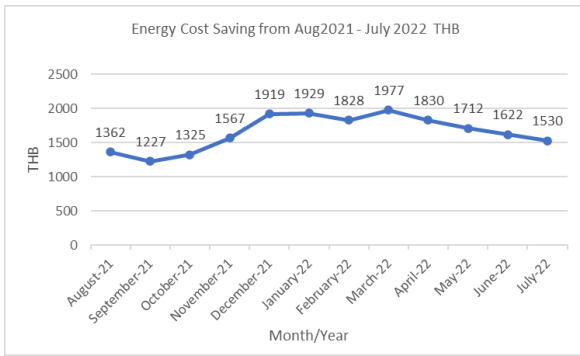
**ภาพที่ 6** ต้นทุนค่าพลังงานที่ประหยัดได้ต่อเดือน

อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำร้อนจากฮีทปั๊มเท่ากับ 26.49 °C และอุณหภูมิน้ำร้อนเฉลี่ยที่สามารถผลิตได้ตลอดปีเท่ากับ 48.36 °C โดยอุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ 43.24°C และอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 52.38 °C รายละเอียดของแต่ละเดือนแสดงตาม**ภาพที่ 7**



**ภาพที่ 7** อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยก่อนและหลังเข้าสู่ระบบผลิตน้ำร้อนโดยโซลาร์ฮีทปั๊ม

เมื่อนำค่าพลังงานสุทธิที่ได้มาคำนวณหาค่าพลังงานรวมที่สามารถประหยัดได้ต่อปีเท่ากับ 19,828 บาท/ปี ช่วงเดือนที่สามารถประหยัดพลังงานเฉลี่ยสูงสุดคือเดือน ธันวาคม 2564 – มีนาคม 2565 โดยรายละเอียดแสดงตาม **ภาพที่ 8**



ภาพที่ 8 ค่าพลังงานที่สามารถประหยัดได้ต่อเดือนตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2564 - กรกฎาคม 2565

ผลการวิเคราะห์การลงทุนพบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) = 244,237.26 บาท ผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) = 7.63% , มีระยะคืนทุน (PB) = 10.54 ปี หรือประมาณ 11 ปี

#### 4. การอภิปราย (Discussion)

ข้อเสนอแนะในการพัฒนา

1. ควรเพิ่มอุณหภูมิน้ำก่อนเข้าแผง โดยนำความร้อนเหลือทิ้งในอาคารมาใช้งานร่วม อาทิเช่น ความร้อนเหลือทิ้งจากคอมพิวเตอร์ระบบทำความเย็น โดยเชื่อมผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน Heat Exchange System.
2. ควรติดตั้งระบบเซ็นเซอร์เพื่อวัดอุณหภูมิแตกต่างของน้ำก่อนเข้าแผงและออกแผงถ้าอุณหภูมิทางเข้าและทางออกเท่ากันหรือต่ำกว่าให้ปั๊มหมุนเวียนหยุดการทำงานก็จะเป็นการช่วยประหยัดพลังงานในระบบได้.
3. ควรควบคุมการทำงานของปั๊มหมุนเวียนผ่านอุปกรณ์วัดความเข้มแสง ในกรณีที่มีค่าความเข้มแสงน้อยเกินไปหรือกรณีฝนตกให้ปั๊มหมุนเวียนหยุดทำงานเพื่อประหยัดพลังงานของปั๊มหมุนเวียน

#### 5. สรุปผล (Conclusion)

เมื่อนำพลังงานความร้อนจากกระบวนการผลิตน้ำร้อนฮีทปั๊มเข้ามาแทนในสมการประสิทธิภาพฮีทปั๊ม (COP) พบว่า สามารถลดค่าไฟฟ้าจากการเดินเครื่องของฮีทปั๊มได้ แต่อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ได้จากกระบวนการผลิต ยังคงมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยต่ำกว่าอุณหภูมิใช้งานจริงในอาคาร ปัจจุบันอุณหภูมิน้ำร้อนใช้งานในอาคารถูกตั้ง Setpoint ไว้ 60°C ส่งผลให้ฮีทปั๊มยังคงต้องทำงานเพื่อคงอุณหภูมิน้ำในระบบให้ได้ตาม Setpoint. ในช่วงเดือนที่มีค่าความเข้มแสง

ต่ำอุณหภูมิของน้ำร้อนก็จะมิติศทางลดลงตาม ส่งผลให้ฮีทปั๊มมีระยะเวลาเดินเครื่องนานขึ้น ในส่วนนี้มีผลกระทบกับอัตราการประหยัดพลังงานไฟฟ้าโดยตรง.

ในด้านผลประโยชน์การลงทุน ผลสรุปการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่า NPV > 0 ซึ่งถือว่าโครงการนี้มีความน่าสนใจในการลงทุน, IRR เท่ากับ 7.63% ซึ่งสูงกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินเพื่อ 3.30% ถือว่าอยู่ในทิศทางที่เป็นบวก, ระยะเวลาคืนทุน PB ใช้เวลาประมาณ 11 ปี เมื่อเปรียบเทียบกับอายุโครงการซึ่งสามารถใช้งานได้ 20 ปี ถือว่ามีความคุ้มค่าในการลงทุน.

#### 6. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บริษัท ทริปเปิ้ล อี เอ็นเนอร์ยี พลัส จำกัด ที่สนับสนุนข้อมูลและรายละเอียดเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ฮีทปั๊ม , บริษัท เอสจีไอ เทคโนโลยี จำกัด ที่สนับสนุนข้อมูลผลการทดสอบประสิทธิภาพฮีทปั๊ม และ ผู้ที่ช่วยเหลือให้คำปรึกษาทุกด้านสำหรับงานวิจัยฉบับนี้คือ รศ. ดร.วิทยา ยงเจริญ

#### 7. เอกสารอ้างอิง (References)

- [1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กองฝึกอบรม. (1 กันยายน 2547). การใช้ระบบน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์. ทัศนศึกษา 024, หน้า 1-6.
- [2] ตรีนันทรศ เทวรัตน์, และคณะ, 2560. การผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับไฟฟ้าแบบบังคับการไหลเพื่อใช้ทำความสะอาดโรงเรือนปศุสัตว์ทดแทนสารเคมี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- [3] อธิภัทร อนุชาติ, 2549. การเลือกขนาดระบบทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์ร่วมกับปั๊มความร้อนสำหรับการใช้งานในโรงแรมในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [4] นายอภิวัฒน์ สุขภิรมย์, 2562. ศึกษาเปรียบเทียบระบบน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ระหว่างแผ่นเรียบและแบบหลอดแก้วสุญญากาศ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [5] บริษัท เอสจีไอ เทคโนโลยี จำกัด. (ม.ป.ป.). ผลรับรองการทดสอบประสิทธิภาพฮีทปั๊ม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัย

