

# การศึกษาเชิงทดสอบสมรรถนะตัวเก็บรังสีอาทิตย์สำหรับกระบวนการผลิตไบโอดีเซลด้วย ความร้อนรังสีอาทิตย์

## Experimental Study on Performance of Solar Collector in Biodiesel Production Process with Solar Thermal System

จารุวัฒน์ เจริญจิต<sup>1\*</sup> และ สิทธิพร บุญญานูวัตร<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย  
จังหวัดสงขลา 90000

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเชิงทดสอบสมรรถนะทางความร้อนของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบ กรณีใช้ไบโอดีเซลเป็นสารทำงานผ่านระบบความร้อนรังสีอาทิตย์ (Solar Thermal System) เพื่อสนับสนุนให้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงทดแทนที่มีประสิทธิภาพทางพลังงานความร้อนสูงขึ้น โดยใช้พลังงานหมุนเวียนเสริมกระบวนการผลิต และเป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนาในอนาคต โดยทดสอบสมรรถนะตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบตามมาตรฐาน ASHRAE STANDARD 93-2003 และทดสอบศักยภาพเชิงอุณหภูมิของไบโอดีเซลปริมาตร 12 ลิตร ที่ใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบขนาด 2 ตารางเมตร เป็นแหล่งความร้อนของระบบ โดยใช้ไบโอดีเซลเป็นสารทำงานที่อัตราการไหล 2.4 ลิตรต่อวินาที ทดสอบในช่วงเวลา 09:00-15:00 น. ตามลำดับ จากการทดสอบพบว่า สมรรถนะของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบที่ใช้ มีค่า  $FR(\tau\alpha) = 0.958$  และ  $F_R U_L = 15.02 \text{ W/m}^2\text{K}$  ตามลำดับ โดยสามารถเพิ่มอุณหภูมิไบโอดีเซลในระบบความร้อนรังสีอาทิตย์ ให้มีอุณหภูมิเพิ่มจาก 33 องศาเซลเซียส เป็นประมาณ 80-90 องศาเซลเซียส แปรผันตามค่ารังสีอาทิตย์ โดยอุณหภูมิดังกล่าวสามารถประยุกต์ใช้ในการกระบวนการผลิตไบโอดีเซลในรูปแบบแหล่งความร้อนหลัก หรือแหล่งความร้อนเสริมบนตัวแปรที่เหมาะสม ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### Abstract

This experimental research was to test a performance of flat-plate solar collectors using biodiesel as a working solution with a solar thermal system. The purposes were to promote a biodiesel use as an alternative fuel for higher efficient heat energy and as an added renewable energy for a production process and to provide a guideline in education and for development in the future. The experiment was to test a performance of flat sheet solar collectors using ASHRAE STANDARD 93-2003, and to test a thermal potential of 12 litres by volume of biodiesel in a 2 m<sup>2</sup> flat- plate solar collector used as heat source of the system. Thus, biodiesel was used as a working solution with a flow rate of 2.4 litre per minute and the test duration was between 09:00 am. and 03:00 pm. The result revealed the performance values of the flat-plate solar collector used in this experiment as  $FR(\tau\alpha) = 0.958$  and  $FR U_L = 15.02 \text{ W/m}^2\text{K}$ . The temperature of biodiesel in the solar thermal system increased from 33°C to approximately 80-90°C varied with solar radiation values. However; the mentioned degrees could be efficiently applied in biodiesel production process as a main heat source or a supplemental heat source depending on appropriate variables.

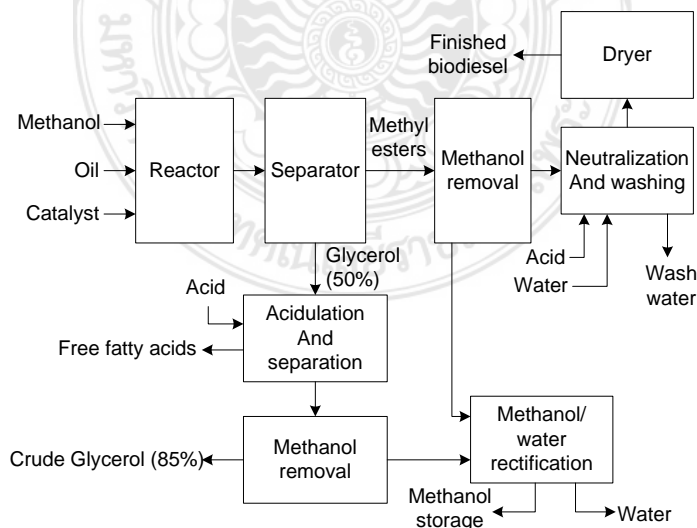
**คำสำคัญ** : ตัวเก็บรังสีรังสีอาทิตย์ ไบโอดีเซล สมรรถนะ

**Keywords** : Solar Collector, Biodiesel, Performance

\*ผู้พิมพ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ [jjaruwat@gmail.com](mailto:jjaruwat@gmail.com) โทร. 08 6685 6747, 0 7431 5185

## 1. บทนำ

ปัจจุบันปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลของโลกมีปริมาณลดลงอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ราคาสูงขึ้น โดยเฉพาะน้ำมันดีเซลซึ่งใช้มากในอุตสาหกรรม การผลิต และการขนส่ง ซึ่งส่งผลกระทบต่อสถานะเศรษฐกิจโดยรวม จากปัญหาดังกล่าวกระทรวงพลังงานจึงจัดทำแผนการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกเพิ่มเป็น 25% ใน 10 ปี (พ.ศ.2555-2565) (Alternative Energy Development Plan: AEDP (2012-2021). 2012) เพื่อกำหนดทิศทางการพัฒนา และส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียนอย่างเป็นรูปธรรม โดยไบโอดีเซล (Biodiesel) เป็นเชื้อเพลิงทางเลือกที่ได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน (Transesterification) (Fukuda et al., 2001; Demiras, 2003) ระหว่างน้ำมันพืช หรือน้ำมันสัตว์ กับเมทานอลหรือเอทานอล โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้ประกอบด้วย เอสเทอร์ของกรดไขมัน (Fatty Acid Ester) หรือไบโอดีเซลที่มีสมบัติสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซล โดยไม่ต้องดัดแปลงเครื่องยนต์ (Poonnakhun et al., 2006; Worapun et al., 2006) และกลีเซอรอล (Glycerol) เป็นผลพลอยได้ นอกจากนี้จากการศึกษาสมมูลพลังงานของไบโอดีเซล (Pimentel et al., 2005) พบว่าไบโอดีเซลมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนต่ำกว่า กล่าวคือพลังงานที่ใส่เข้าไปในกระบวนการผลิตมากกว่า หรือใกล้เคียงกับพลังงานที่ได้จากไบโอดีเซล และเมื่อวิเคราะห์วัฏจักรชีวิต (LCA) ในการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มในประเทศไทย (Pleanjai, et al., 2009) พบว่าพลังงานส่วนใหญ่ใช้ในขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซลมากที่สุด นอกจากนี้พบว่ามีแนวโน้มการประยุกต์ใช้รังสีอาทิตย์มาเป็นแหล่งความร้อนสำหรับประยุกต์ใช้งานในรูปแบบของแหล่งความร้อนโดยตรง (Buapoom et al., 2007. ; Vorayos et al., 2009) ใช้ในกระบวนการกลั่นสารละลาย (Vorayos et al., 2006; Jareanjit et al., 2011; Siangsukone et al. 2008 ; Jareanjit et al., 2009) หรือสำหรับการผลิตไอน้ำ และไฟฟ้าเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตทดแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (Kalogirou, 2003; Hou et al., 2009) อย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น ซึ่งเมื่อนำมาพิจารณาร่วมกับแผนภาพกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (Gerpen, 2005) พบว่าความร้อนจากรังสีอาทิตย์มีศักยภาพในการใช้เป็นแหล่งความร้อนสำหรับประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตผ่านปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันที่อุณหภูมิ 50–60°C ในถังปฏิกิริยา (Reactor) (Chongkhong, 2007) การแยกเมทานอลที่เหลือจากปฏิกิริยาออกจากเมทิลเอสเทอร์เพื่อนำกลับไปใช้ใหม่ (Methanol removal) และการไล่ความชื้นจากไบโอดีเซล (Dryer) ได้ ดังแสดงในรูปที่ 1

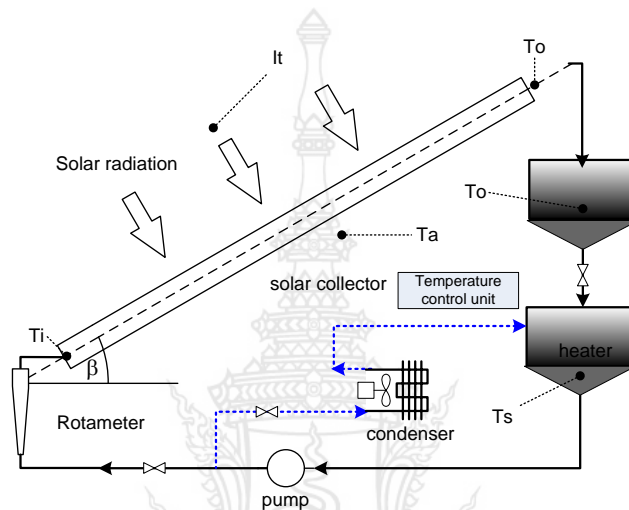


รูปที่ 1 แผนภาพกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (Gerpen, 2005)

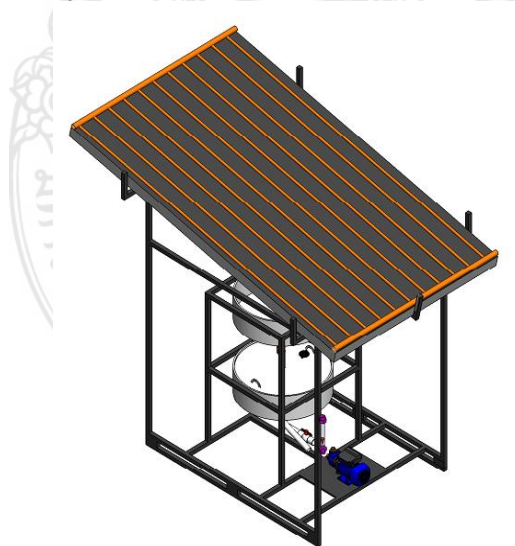
งานวิจัยชิ้นนี้จึงมีแนวคิดในการทดสอบสมรรถนะทางความร้อนของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบ กรณีใช้ไบโอดีเซลเป็นสารทำงานผ่านระบบความร้อนรังสีอาทิตย์ (Solar Thermal System) เพื่อสนับสนุนการใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์เป็นแหล่งความร้อนหลัก หรือเสริมกระบวนการผลิตไบโอดีเซล เพื่อให้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงทดแทนที่มีประสิทธิภาพทางพลังงานความร้อนสูงขึ้น โดยใช้พลังงานหมุนเวียนเสริมกระบวนการผลิตต่อไป

## 2. วิธีการทดลอง

### 2.1 ชุดทดลอง



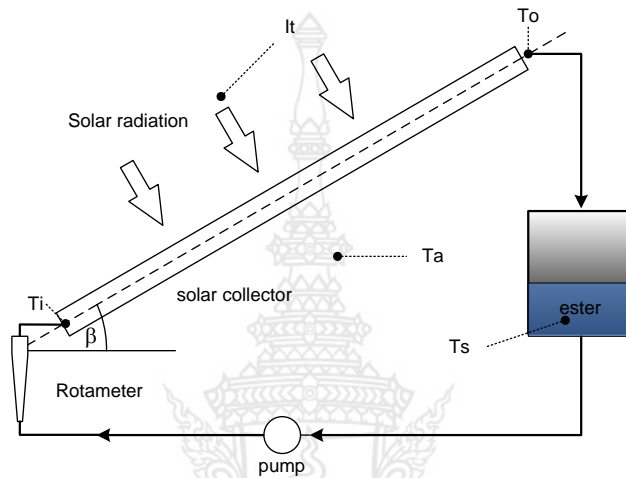
รูปที่ 2 ชุดทดสอบสมรรถนะตัวเก็บรังสีอาทิตย์



รูปที่ 3 แผนภาพรายละเอียดของชุดทดสอบสมรรถนะตัวเก็บรังสีอาทิตย์

การทดสอบสมรรถนะระบบความร้อนรังสีอาทิตย์ กรณีใช้ไบโอดีเซลในระบบ ดำเนินการโดยใช้ไบโอดีเซลจากสถาบันไบโอดีเซล มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ผลิตจากปาล์มน้ำมัน เป็นสารทำงานในระบบเพื่อรับความร้อน ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบ (Flat Plate Solar Collector) ขนาดพื้นที่รับรังสีขนาด  $2 \text{ m}^2$  โดยตรง ซึ่งติดตั้งหันหน้าไปทางทิศใต้เอียงทำมุม 12 องศา กับแนวระดับ (ตามตำแหน่งละติจูดที่ติดตั้ง) เพื่อให้แผงตั้งฉากกับรังสีอาทิตย์

โดยใช้ปั๊มเป็นต้นกำลังในการหมุนเวียนไปโอดีเซลผ่านตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่อัตราการไหล  $0.02\text{kg/s}\cdot\text{m}^2$  จากถังด้านล่างไปออกที่ถังเก็บด้านบน ขนาด 70 ลิตร โดยที่ถังด้านล่างสามารถควบคุมอุณหภูมิโดยชุดควบคุมที่ใช้ ฮีตเตอร์ไฟฟ้าเป็นแหล่งความร้อน และชุดระบายความร้อน สำหรับการควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมในแต่ละเงื่อนไขการทดลองซึ่งดำเนินการทดสอบตามมาตรฐาน ASHRAE (ASHRAE STANDARD 93-2003, 2003) เพื่อทดสอบสมรรถนะตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ดังแสดงรายละเอียด ในรูปที่ 2 และ 3 ตามลำดับ



รูปที่ 4 ระบบความร้อนรังสีอาทิตย์ กรณีใช้ไบโอดีเซลเป็นสารทำงาน

ในขณะที่การทดสอบศักยภาพเชิงอุณหภูมิของระบบ ดำเนินการโดยหมุนเวียนไบโอดีเซลผ่านตัวเก็บรังสีอาทิตย์ แบบต่อเนื่อง ตลอดการทดสอบในช่วงเวลา 6 ชั่วโมง โดยใช้ถังทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35x42 เซนติเมตร ปริมาตร 12 ลิตร (Jareanjit, 2004) เป็นถังสะสมความร้อนของระบบ จากหลักการทำงานดังกล่าวส่งผลให้ไบโอดีเซลในระบบอุณหภูมิสูงขึ้น ดังแสดงรายละเอียดการทำงานในรูปที่ 4

## 2.2 วิธีการออกแบบการทดสอบ

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบการทดสอบออกเป็น 2 ส่วน คือ การทดสอบสมรรถนะตัวเก็บรังสีอาทิตย์ และ ศักยภาพเชิงอุณหภูมิระบบความร้อนรังสีอาทิตย์กรณีใช้ไบโอดีเซล เป็นสารทำงานตามลำดับ

2.2.1 การทดสอบสมรรถนะตัวเก็บรังสีตามมาตรฐาน ASHRAE STANDARD 93-2003 ดำเนินการทดสอบตามเงื่อนไข ดังนี้

1. ทดสอบในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส ค่าความเข้มของรังสีอาทิตย์ในขณะที่ทำการทดสอบไม่น้อยกว่า  $790\text{ W/m}^2$  และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมไม่น้อยกว่า  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  ทำการทดสอบตั้งแต่เวลา 10:00-14:00 น.
2. อัตราการไหลเข้าสู่ตัวเก็บรังสีในอัตราการไหลที่คงที่ ที่  $0.02\text{kg/s}\cdot\text{m}^2$
3. ควบคุมให้อุณหภูมิน้ำที่เข้าตัวเก็บรังสีมีค่าคงที่ตลอดการทดสอบ ทำการบันทึกค่าเมื่อระบบอยู่ในสภาวะสมดุล (Steady State) หรือรอประมาณ 15 นาที ต่อ 1 ค่าอุณหภูมิ
4. วัดค่าความเข้มของรังสีอาทิตย์ บนระนาบตัวเก็บรังสี วัดอุณหภูมิของสารทำงานบริเวณทางเข้า-ออกตัวเก็บรังสี และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม
5. ทำการอุ่นอุณหภูมิไบโอดีเซลให้สูงขึ้นจากเดิม ก่อนเข้าตัวเก็บรังสี โดยควบคุมอุณหภูมิไบโอดีเซลเข้าตัวเก็บรังสี ที่ประมาณ 33, 47, 61,  $75\text{ }^{\circ}\text{C}$  ตามลำดับ
6. ทำตามข้อ 1 - 5 เมื่อได้อุณหภูมิตามที่ต้องการแล้วให้ทำซ้ำที่อุณหภูมิเดิมหรือใกล้เคียง

2.2.2 การทดสอบศักยภาพเชิงอุณหภูมิตำเนินการทดสอบโดยใช้ปั๊มเป็นต้นกำลังในการหมุนเวียนไปโอดีเซลในถังสะสมความร้อนปริมาตร 12 ลิตร ผ่านตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่อัตราการไหล  $0.02\text{kg/s-m}^2$  แบบต่อเนื่อง ตลอดการทดสอบในช่วงเวลา (9:00-15:00) น. วัดค่าความเข้มของรังสีอาทิตย์ บนระนาบตัวเก็บรังสี วัดอุณหภูมิของสารทำงานบริเวณทางเข้า-ออกตัวเก็บรังสีและอุณหภูมิไปโอดีเซลในถังสะสมความร้อน ตามลำดับ

การทดสอบสมรรถนะระบบความร้อนรังสีอาทิตย์ กรณีใช้ไปโอดีเซลเป็นสารทำงานในระบบ ทำการวัดค่ารังสีอาทิตย์ด้วย Pyranometer (Kipp & Zonen) Model CM 11B ความละเอียด  $\pm 2\text{ W/m}^2$  วัดอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ วัดด้วยเทอร์โมคัปเปิลชนิด K ซึ่งมีค่าความละเอียด  $\pm 0.5^\circ\text{C}$  บันทึกข้อมูลค่ารังสีและอุณหภูมิการทดลอง ทุกๆ 1 นาที โดยใช้ Data logger (Yokogawa) Model MW 100 เพื่อนำค่าที่ได้ มาวิเคราะห์สมรรถนะระบบความร้อนรังสีอาทิตย์ต่อไป

โดยการวิเคราะห์สมรรถนะตัวเก็บรังสีอาทิตย์ จะพิจารณาการถ่ายโอนความร้อนที่สภาวะคงตัว (Steady state) โดยใช้สมการของ Hottel-Willier-Bliss ในการห้อัตราความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์จากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (Duffie and Beckman, 1991) ดังสมการต่อไปนี้

$$Q_c = A_c F_R [I_T (\tau\alpha) - U_L (T_i - T_a)] \quad (1)$$

โดยที่  $Q_c$  คืออัตราความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์ของสารทำงาน คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$Q_c = m C_p (T_o - T_i) \quad (2)$$

เมื่อ  $Q_c$  คืออัตราความร้อนที่ได้จากตัวเก็บรังสี (W),  $F_R$  คือแฟกเตอร์การนำความร้อนมาใช้ของตัวเก็บรังสี,  $A_c$  คือพื้นที่แผ่นดูดกลืนรังสี (absorber area,  $\text{m}^2$ ),  $I_T$  คือ ค่ารังสีอาทิตย์ ( $\text{W/m}^2$ ),  $\tau\alpha$  คือผลคูณประสิทธิภาพค่าส่งผ่านและดูดกลืนของตัวเก็บรังสี,  $U_L$  คือค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนรวมจากแผ่นดูดกลืนรังสี ( $\text{W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$ ),  $T_a$  คืออุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ( $^\circ\text{C}$ ),  $m$  คืออัตราการไหล ( $\text{kg/s}$ ),  $C_p$  คือค่าความจุความร้อนจำเพาะมีค่าเท่ากับ ( $2.30\text{ kJ/kg }^\circ\text{C}$ ) ข้อมูลจากสถาบันไปโอดีเซล มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์,  $T_i$  คืออุณหภูมิของสารตัวกลางเข้าตัวเก็บรังสี ( $^\circ\text{C}$ ) และ  $T_o$  คืออุณหภูมิของสารตัวกลางออกตัวเก็บรังสี ( $^\circ\text{C}$ ) ตามลำดับ

ดังนั้นค่าประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีคำนวณจากสมการ

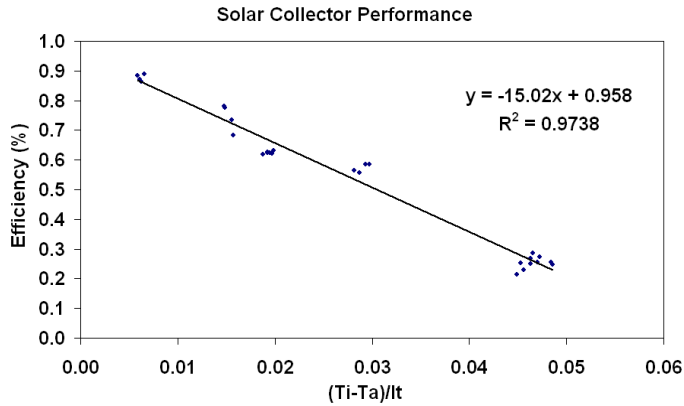
$$\eta_{th} = \frac{Q_c}{I_T A_c} = F_R (\tau\alpha) - \frac{F_R U_L (T_i - T_a)}{I_T} \quad (3)$$

เมื่อนำข้อมูลสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง  $\eta_{th}$  และ  $(T_i - T_a)/I_T$  กราฟที่ได้ สามารถวิเคราะห์เป็นสมการเส้นตรงที่ได้จากการ (fit curve) โดยที่จุดตัดบนแกนประสิทธิภาพ  $\eta_{th}$  แสดงสมรรถนะเชิงรังสีได้แก่ค่าการส่งผ่านดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของตัวเก็บรังสี  $F_R (\tau\alpha)$  และค่าความชันของเส้นกราฟ จะแสดงค่าการสูญเสียความร้อน  $-F_R U_L$  ของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดต่างๆ ตามลำดับ ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญในการเปรียบเทียบสมรรถนะตัวเก็บรังสีแบบต่างๆ โดยประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์ จะแปรผกผันตามค่าการสูญเสียความร้อน ที่ช่วงอุณหภูมิที่สูงขึ้น โดยตัวเก็บรังสีแต่ละชนิดจะมีคุณลักษณะของเส้นกราฟแตกต่างกัน

### 3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

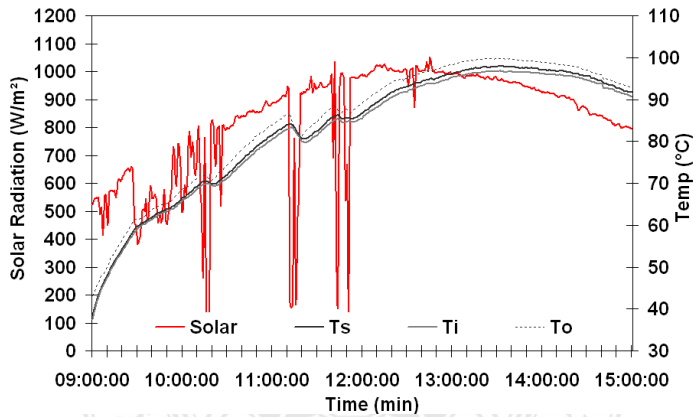
สมรรถนะของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบ ในสภาวะคงตัว กรณีใช้ไปโอดีเซลเป็นสารทำงาน ได้ค่า  $F_R (\tau\alpha) = 0.958$  และ  $F_R U_L = 15.02\text{ W/m}^2\text{K}$  ตามลำดับ ที่  $R^2 = 0.973$  โดยมีประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 95.8% ที่อุณหภูมิไปโอดีเซลเข้าตัวเก็บรังสีอาทิตย์ประมาณ  $33^\circ\text{C}$  ดังแสดงในรูปที่ 5 แสดงความเป็นไปได้ที่กระบวนการผลิตไป

โอดีเซลสามารถทำงานร่วมกับตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ทำงานที่ประสิทธิภาพสูง ในกรณีอุณหภูมิโอดีเซลให้มีอุณหภูมิ 50–60°C สำหรับการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยไม่ต้องใช้แหล่งความร้อนจากภายนอก เมื่อมีปริมาตรที่เหมาะสม

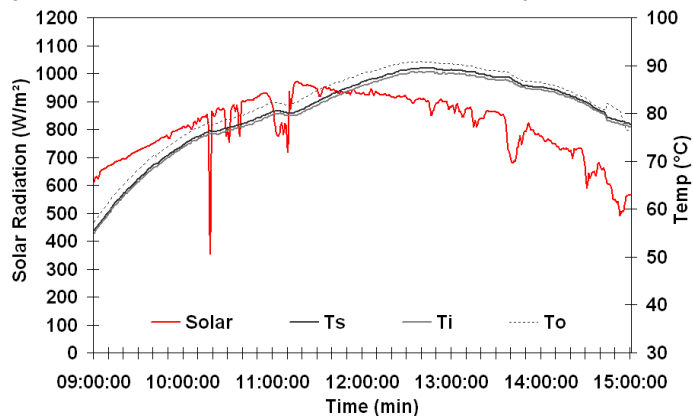


รูปที่ 5 ประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบ กรณีโอดีเซลเป็นสารทำงาน

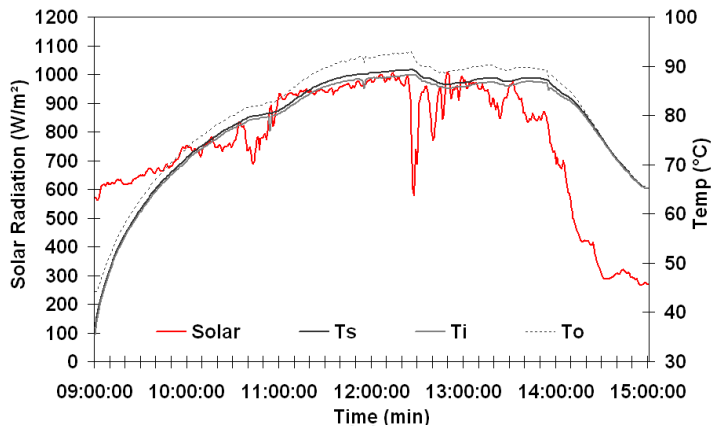
จากการทดลองการศึกษภาพเชิงอุณหภูมิต่อระบบความร้อนรังสีอาทิตย์กรณีใช้โอดีเซลเป็นสารทำงาน ความจุ 12 ลิตร ในช่วงเวลา 9:00-15:00 น. ที่อัตราการไหล 2.4 L/min ซึ่งผลจากการศึกษาสามารถแสดงผลได้ดังนี้



รูปที่ 6 ค่ารังสีอาทิตย์ ( $17.84 MJ/m^2 day$ ) และอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ



รูปที่ 7 ค่ารังสีอาทิตย์ ( $17.61 MJ/m^2 day$ ) และอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ



รูปที่ 8 ค่ารังสีอาทิตย์ ( $16.53 \text{ MJ/m}^2 \text{ day}$ ) และอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ

จากรูปที่ 6, 7 และ 8 พบว่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ แปรผันตามค่ารังสีอาทิตย์ อย่างช้าๆ จากการสะสมความร้อนของไบโอดีเซล โดยอุณหภูมิสารละลายในถังสะสมความร้อนอยู่ที่ประมาณ  $80-90^\circ\text{C}$  ที่ค่ารังสีอาทิตย์ ( $16.53-17.84 \text{ MJ/m}^2 \text{ day}$ ) ในช่วงเวลา 11:00-15:00น. ตามลำดับ โดยพบว่าอุณหภูมิที่ได้จากระบบสามารถประยุกต์ใช้ในการอุ่นไบโอดีเซลให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น จนถึงช่วงอุณหภูมิ  $50-60^\circ\text{C}$  ซึ่งเหมาะสมในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล ได้อย่างมีประสิทธิภาพในระยะเวลาอันสั้น ประมาณ 1 ชั่วโมง หลังจากเดินระบบ โดยแปรผันตามค่ารังสีอาทิตย์ ซึ่งอุณหภูมิเฉลี่ยที่ได้จากระบบสูงกว่าค่าที่ต้องการเมื่อระบบทำงานอย่างต่อเนื่อง ( $>50-60^\circ\text{C}$ ) ซึ่งแสดงสมรรถนะของระบบในการเพิ่มปริมาณของไบโอดีเซลในถังสะสมความร้อนให้สูงกว่า 12 ลิตร หรือสามารถเพิ่มอัตราการไหลให้สูงกว่า  $2.4 \text{ L/min}$  ได้ ซึ่งจากผลดังกล่าวส่งผลต่อการเพิ่มกำลังการผลิตให้สูงขึ้นได้ ในขณะที่ใช้จำนวนตัวเก็บรังสีอาทิตย์เท่าเดิม นอกจากนี้เมื่อพิจารณาช่วงอุณหภูมิประมาณ  $80-90^\circ\text{C}$  พบว่าสูงกว่าจุดเดือดของเมทานอล  $64.7^\circ\text{C}$  ส่งผลให้สามารถประยุกต์ใช้ในการแยกเมทานอลที่เหลือจากปฏิกิริยาออกจากเมทิลเอสเทอร์เพื่อนำกลับไปใช้ใหม่ (Methanol removal) และการไล่ความชื้นจากไบโอดีเซล (Dryer) โดยกระบวนการระเหยความชื้นออกจากไบโอดีเซลได้ ตามลำดับ

#### 4. สรุป

จากการทดสอบสมรรถนะระบบความร้อนรังสีอาทิตย์ กรณีใช้ไบโอดีเซลเป็นสารทำงาน เมื่อพิจารณาจากสมรรถนะของตัวเก็บรังสี, ช่วงอุณหภูมิที่ผลิตได้ และช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการ พบว่าระบบมีศักยภาพสำหรับประยุกต์ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิไบโอดีเซลให้มีค่าที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันที่เหมาะสมได้ และมีแนวทางในการนำไปใช้ในการแยกเมทานอลส่วนเกินออกจากไบโอดีเซล, แยกเมทานอลออกจากกลีเซอรอลดิบ, แยกเมทานอลออกจากน้ำ และแยกน้ำออกจากกระบวนการล้างไบโอดีเซลด้วยน้ำในขั้นตอนสุดท้ายในการผลิตไบโอดีเซลสำเร็จรูป จึงควรมีการศึกษาและพัฒนาการผลิตตัวเก็บรังสีแบบแผ่นราบให้ผลิตอุณหภูมิได้สูงขึ้นมีคุณสมบัติดูดกลืนรังสี, ลดการสูญเสียความร้อน และมีราคาต่อหน่วยลดลง หรือ พัฒนาแนวทางของการใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ 2 ชนิดทำงานร่วมกันในลักษณะ (combine cycle) รูปแบบต่างๆ โดยสามารถเป็นแหล่งความร้อนหลัก หรือความร้อนเสริม ที่เหมาะสมกับกระบวนการความร้อนต่างๆ เพื่อสนับสนุนให้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงทดแทนที่มีประสิทธิภาพทางพลังงานความร้อนสูงขึ้น โดยใช้พลังงานหมุนเวียนเสริมกระบวนการผลิตต่อไป

## 5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัย

## 6. เอกสารอ้างอิง

- Alternative Energy Development Plan: AEDP (2012-2021) [Internet]. 2012 [cited 2012 Feb 16]. Available from: URL: <http://www.dede.go.th/dede/images/stories/aedp25.pdf>
- ASHRAE, Standard 93-2003. 2003. **Methods of Testing to Determine the Thermal Performance of Solar Collectors**. Atlanta: American Society of Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineers
- Buapoom W, Thepa S, Sudaprasert K. 2007. **Solar Energy Assisted in Biodiesel Production**. In: Proceedings of the 1<sup>st</sup> Energy, Environment and Materials; 2007 Aug 31; Twin Tower Hotel Bangkok, Thailand. p. 1-9. (In Thai).
- Chongkhong S, Tongurai C, Chetpattaranondth P, Bunyakan C. 2007. Biodiesel production by esterification of palm fatty acid distillate. **Biomass and Bioenergy**. 31: 563-568.
- Demiras A. 2003. Biodiesel Fuels from Vegetable Oils via Catalytic and Non-Catalytic Supercritical Alcohol Transesterifications and Other Method: a Survey. **Energy Conversion and Management**. 44: 2093-2109.
- Duffie, J.A. & Beckman, W.A. 1991. **Solar Engineering and Thermal Process**. (2<sup>nd</sup> ed). New York: John Willey & Sons.
- Fukuda H, Kondo A, Noda H. 2001. Biodiesel Fuel Production by Transesterification of Oils. **Journal of Bioscience and Bioengineering**. 92(5): 405-416.
- Gerpen JV. 2005. Biodiesel processing and production. **Fuel Processing Technology**. 86: 1097-1107.
- Hou Z, Zheng D. 2009. Solar utility and renewability evaluation for biodiesel production process. **Applied Thermal Engineering**. 29(3): 3169-3174.
- Jareanjit J, Niyomvas B. 2011. An Experimental Study on Performance Desalination of Solar Still with Sunray-Reflecting. **KKU Engineering Journal**. 38 (3): 265 -274. (In Thai).
- Jareanjit J, Siangsukone P, Therdyothin A, Tia W, Wongwailikit K, Tiansuwan J. 2009. **Modification of Thai Local Brewery Tank for a Large Scale Solar Ethanol Distillation Plant**. Proceedings of the International Workshop on Advanced Material for New and Renewable Energy 2009; 2009 June 9-11; Putri Duyung Cottage Ancol, Jakarta. Indonesia.
- Jareanjit J, Tiansuwan J, Amornkitbamrung M, Kiatsiriroat T. 2004. **Comparison study on ethanol distillation performance using evacuated-heat pipe and flat-plate solar collectors**. 3<sup>rd</sup> CMU Annual Conference on Heat & Mass Transfer; 2004 August 21-22, Chiang Mai, Thailand; p. 5 – 10. (In Thai).
- Kalogirou SA. 2003. The potential of solar industrial process heat applications. **Apply Energy**. 76: 337-61.



- Pimentel D, Patzek TW. 2005. Ethanol Production Using Corn, Switchgrass, and Wood; Biodiesel Production Using Soybean and Sunflower. **Natural Resources Research**. 14(1): 65-76.
- Pleanjai S, Gheewala SH. 2009. Full chain energy analysis of biodiesel production from palm oil in Thailand. **Applied Energy**. 86: S209–S214.
- Poonnakhun W, Suntivarakorn P, Theragulpisut S, Sookkumnerd C. 2006. The Effect of Biodiesel on Diesel Engine Performance. **KKU Engineering Journal**. 33(3): 193-208. (In Thai).
- Siangsukone P, Jareanjit J, Therdyothin A, Tia W, Wongwailikit K, Tiansuwan J. 2008. **The Development of Solar Ethanol Distillation for Thai Local Community**. Proceedings of The 8<sup>th</sup> Asean Science and Technology Week Scientific and Technical Conferences; 2008 July 3 – 4; Hotel Sofitel, Pasay City. Philippines.
- Vorayos N, Kiatsiriroat T, Vorayos N. 2006. Performance analysis of solar ethanol distillation. **Renewable Energy**. 31: 2543–2554.
- Vorayos N, Wongsuwan W, Kiatsiriroat T. 2009. Development of Solar Hot Water Systems in Thailand. **Eng.J.CMU**. 16 (2): 55-69. (In Thai).
- Worapun I, Pianthong K, Pongstabodee S, Soodphakdee D. 2006. Performance and Emission Characteristics in Diesel Engine Using Biodiesel from Waste Cooking Oil –Ethanol blend as a Fuel. **KKU Engineering Journal**. 33(6): 691 – 705. (In Thai).

