

## การศึกษาเชิงทดสอบสมรรถนะการกลั่นน้ำทะเลด้วยรังสีอาทิตย์แบบมีแผ่นสะท้อนรังสี

จากรุวัฒน์ เจริญจิต <sup>1)</sup> และบัญญัติ นิยมवास <sup>1)</sup>

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาเชิงทดลองสมรรถนะการกลั่นน้ำทะเลด้วยรังสีอาทิตย์แบบมีแผ่นสะท้อนรังสี ซึ่งพัฒนาจากเครื่องกลั่นน้ำแบบอ่างขนาด 600 มิลลิเมตร x 600 มิลลิเมตร ครอบด้วยกระจกใสหนา 3 มิลลิเมตร กระจกเอียงด้านเดียว ทำมุม 15 องศา กับแนวราบ โดยออกแบบระบบให้มีการดูดซับรังสีอาทิตย์ บริเวณอ่างของเครื่องกลั่นให้มากขึ้น โดยติดตั้งแผ่นสะท้อนรังสีทำด้วยกระจกเงาทั้ง 4 ด้าน ทำมุม 30 องศา กับแนวตั้ง ทำหน้าที่สะท้อนรังสีอาทิตย์ให้ตกบนพื้นดูดซับ ในช่วงเวลาเที่ยงวันให้มากที่สุด และสะท้อนรังสีอาทิตย์ให้อยู่ในกระจกใสที่ครอบเครื่องกลั่น เพื่อเพิ่มอุณหภูมิในเครื่องกลั่นโดยอาศัยหลักการสภาวะเรือนกระจก ในช่วงเวลาที่ไม่สามารถรวมแสงให้ตกบนพื้นที่ตั้งกล่าวได้ทั้งหมด บริเวณอ่างของเครื่องกลั่นเป็นสังกะสีดำด้าน มีลักษณะเป็นลอนสี่เหลี่ยม เพื่อเพิ่มพื้นที่การถ่ายเทความร้อนให้แก่ สารละลาย (น้ำทะเล) โดยมีพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้นจาก 0.36 ตารางเมตร กรณีแผ่นราบ เป็น 0.474 ตารางเมตร เมื่อทำเป็นลอน สี่เหลี่ยม โดยมีพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนเพิ่มขึ้นประมาณ 30% โดยออกแบบ และสร้างเครื่องกลั่นจำนวน 2 เครื่อง เพื่อสามารถทดสอบเปรียบเทียบสมรรถนะการกลั่นที่เงื่อนไขต่างๆ ได้ในสภาวะเดียวกัน ในช่วงเวลา 09.00 –15.00 น. โดยเงื่อนไขที่ใช้ในการทดสอบ ประกอบด้วย เงื่อนไขแรก คือการเปรียบเทียบสมรรถนะการกลั่นที่ระดับน้ำ ในเครื่องกลั่นปกติที่ไม่มีแผ่นสะท้อนรังสี 3 ระดับคือ 19 มิลลิเมตร (เท่าความสูงลอนสี่เหลี่ยม ส่งผลให้พื้นที่ระเหยลดลง 0.15 ตารางเมตร), 20 มิลลิเมตร และ 30 มิลลิเมตร ตามลำดับ เงื่อนไขที่สอง นำระดับน้ำที่ดีที่สุดมาเปรียบเทียบระบบกลั่นแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง เพื่อเลือกเงื่อนไขระบบกลั่นที่ดีที่สุดตามข้างต้น มาทดสอบสมรรถนะการกลั่นกรณีที่มีแผ่นสะท้อนรังสี เปรียบเทียบกับกรณีไม่มีแผ่นสะท้อนรังสี ตามลำดับ จากการทดสอบพบว่า การกลั่นน้ำทะเลที่ระดับความสูง 20 มิลลิเมตรแบบไม่ต่อเนื่อง ให้สมรรถนะการกลั่นสูงสุด และเมื่อนำเงื่อนไขดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับสมรรถนะการกลั่นกรณีมีแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ และไม่มีแผ่นสะท้อนรังสี พบว่าให้อัตราการกลั่นน้ำอยู่ที่ 2.35 ลิตรต่อตารางเมตร และ 1.93 ลิตรต่อตารางเมตร ตามลำดับ โดยกรณีมีแผ่นสะท้อนรังสีมีสมรรถนะสูงกว่าประมาณ 21.55% แปรผันตามพื้นที่ระเหย และค่ารังสีอาทิตย์ อย่างมีนัยสำคัญ

**คำสำคัญ:** เครื่องกลั่นน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ การกลั่นน้ำทะเล สมรรถนะการกลั่น

<sup>1)</sup> อาจารย์ ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา 90000, Email:j.jaruwat@gmail.com

\* Corresponding Author

## An Experimental Study on Performance Desalination of Solar Still with Sunray-Reflecting Sheets

Jaruwat Jareanjit<sup>\*1)</sup> and Banyat Niyomvas<sup>1)</sup>

### Abstract

This research is an experimental study of desalination of a solar still with sunray-reflecting sheets, which developed from a basin-shaped solar still. The solar still with sunray-reflecting sheets is 600 mm x 600 mm. in size covered with a 3 mm. transparent glass with inclining 15° of angle. To enhance the sunray absorption around the basin, the solar still was designed with an installation of sunray-reflecting mirrors with the inclining angle of 30° in 4 sides. This was to reflect sunray on the absorbing area at noon as much as possible. The sunray was also reflected on the glass covering the solar still to increase the temperature exploiting the effect of a greenhouse effect. To transmit heat to diluents or brine, the square wave zinc sheets painted with black matt paint were placed around the basin with an increased area from 0.36 m<sup>2</sup> with the flat sheets to be 0.474 m<sup>2</sup> or increased heat transfer area 30% with square wave sheets. In this work, two solar still were designed, constructed and performance tested for a subsequent comparison of similar variables collected during the same duration of 09:00 am – 03:00 pm. Two experiment conditions were: 1) to compare the distilled water collected from the normal solar still without reflecting sheets in 3 water levels: 19 mm. (parallel the square wave sheet, a reduced evaporation area of 0.15 m<sup>2</sup>); 20 mm. and 30 mm; 2) to compare 2 desalination systems: continuous desalination system and batch desalination system, using the best water level obtained in 1. To compare the desalination performance, the better desalination system was used with a solar still with sunray-reflecting sheets and a solar still without sunray-reflecting sheets. The result revealed that the batch desalination system at a water level of 20 mm. yielded the best performance. When the best product was used with a solar still with sunray-reflecting sheets and a solar still without sunray-reflecting sheets, the results yielded the distillation rates of 2.35 litre/m<sup>2</sup> and 1.93 litre/m<sup>2</sup> respectively. The product by the solar still with sunray-reflecting sheets was 21.55% higher varying on a evaporation area and sunray values with significant indication.

**Keywords:** solar stills, solar energy, desalination, distillation performance

---

<sup>1)</sup>Lecturer, Department of Mechanical Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkla 90000, Email:j.jaruwat@gmail.com

<sup>\*</sup> Corresponding Author

## 1. บทนำ

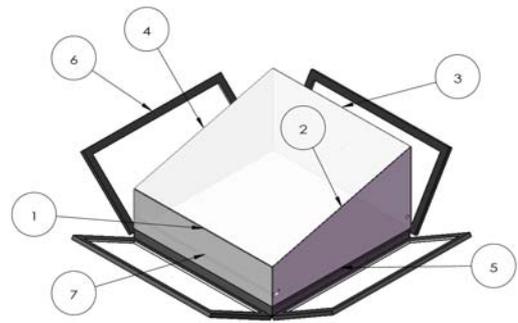
น้ำเป็นสิ่งจำเป็นในการดำเนินชีวิต และมีปริมาณมากคิดเป็นพื้นที่ 3 ใน 4 ของโลก โดยปริมาตรร้อยละ 97 ในส่วนนี้เป็นน้ำทะเล โดยประเทศไทยตั้งอยู่ในคาบมหาสมุทรแปซิฟิก ซึ่งทางภาคใต้ของประเทศไทยนั้นมีพื้นที่ส่วนใหญ่ติดกับทะเลทั้งฝั่งทะเลอันดามันและฝั่งทะเลอ่าวไทย ประกอบกับประเทศไทยมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง โดยค่ารังสีรวมของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศ มีค่าเท่ากับ  $18.2 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{day}$  ดังนั้นจากปัจจัยข้างต้น การใช้เครื่องกลั่นน้ำรังสีอาทิตย์สำหรับกลั่นน้ำทะเล หรือน้ำที่ไม่บริสุทธิ์ ให้เป็นน้ำสะอาดที่สามารถใช้ในการอุปโภค บริโภค ได้อย่างมีคุณภาพ โดยการเปลี่ยนรูปพลังงานรังสีอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนเพื่อใช้ในกระบวนการกลั่น เป็นแนวทางที่ควรศึกษา และพัฒนาอย่างต่อเนื่อง (Tiwari, G.N., et al., 2003) เพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียนให้เกิดประโยชน์ นอกเหนือจากการประยุกต์ใช้ในการอบแห้ง จารูวัฒน์ และคณะ (Jaruwat, et al., 2011); ญัฐพล และคณะ (Natthaphon, et al., 2006) หรือเพิ่มสมรรถนะระบบน้ำร้อนด้วยรังสีอาทิตย์ พิธิษฐ และคณะ, (Pisit, et al., 2009) นอกจากนี้ สามารถใช้หลักการการกลั่น ประยุกต์ใช้งานกลั่นเอทานอลด้วยรังสีอาทิตย์ (Namprakai, P, et al., 1996; Toure S, et al., 1999) สำหรับเพิ่มความเข้มข้นเอทานอลให้สูงขึ้น โดยไม่มีการใช้พลังงานจากภายนอก ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม ลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน และบำรุงรักษา เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการกลั่นด้วยการใช้พลังงาน ในรูปแบบอื่น ๆ นอกจากนี้ยังเหมาะสมกับการใช้งานในพื้นที่ห่างไกล พื้นที่ที่ประสบปัญหาอุทกภัยในช่วงเวลายาวนาน ขาดแคลนน้ำสะอาด ในหลายพื้นที่ในประเทศไทย

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดการพัฒนาเครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยรังสีอาทิตย์ แบบอ่าง ชนิดกระจกเงียงด้านเดียว ซึ่งเป็นระบบที่ไม่ยุ่งยาก ให้มีสมรรถนะการกลั่นสูงขึ้น บนพื้นฐานทฤษฎี ของการถ่ายเทความร้อนและมวล โดยการเพิ่มความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิวระเหย

(ผิวของสารละลายในเครื่องกลั่น) และผิวควบแน่น (ผิวกระจกด้านในเครื่องกลั่น) ตามลำดับ (Namprakai, P, et al., 1996; Zurigat, Y. H., et al., 2004) ซึ่งงานวิจัยนี้จะใช้วิธีการเพิ่มอุณหภูมิบริเวณผิวระเหย ของสารละลายในเครื่องกลั่น โดยออกแบบให้บริเวณอ่างของเครื่องกลั่นมีลักษณะเป็นลอนสี่เหลี่ยม เพื่อเพิ่มพื้นที่ดูดซับ และถ่ายเทความร้อน (Nafey, A.S., et al., 2002) และติดตั้งแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ เพื่อสะท้อนรังสีอาทิตย์ ให้ตกกระทบบนแผ่นดูดซับรังสีอาทิตย์สีดำบริเวณอ่างของเครื่องกลั่น (Tiwari, G.N., et al., 1998) เพื่อเพิ่มความสามารถเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ตามลำดับ

## 2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

### 2.1 ชุดทดลอง

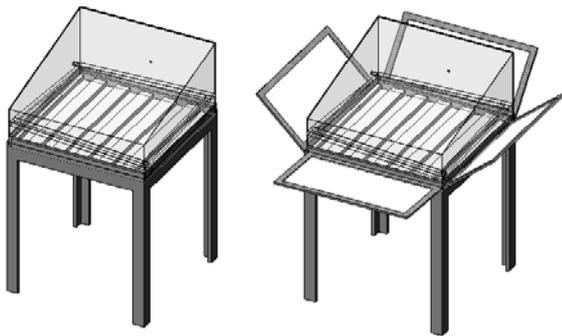


PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	ฝาด้านบน	1
2	ฝาผนังข้าง	2
3	ฝาผนังหลัง	1
4	ฝาด้านบน	1
5	ถาดลอบสี่เหลี่ยม	1
6	แผ่นสะท้อนรังสี	4
7	รางรับน้ำ	4

รูปที่ 1 เครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยรังสีอาทิตย์แบบมีแผ่นสะท้อนรังสี

การทำงานของเครื่องกลั่นน้ำรังสีอาทิตย์ โดยทั่วไป เริ่มจากการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ส่งผ่านไป ยังแผ่นปิดโปร่งแสงซึ่งอยู่ด้านบนที่ทำจากกระจกหรือพลาสติกดังแสดงในรูปที่ 1 รังสีดังกล่าวจะถูกดูดซับด้วยสารละลาย ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้แก่ น้ำทะเล และผิวดูดรังสี บริเวณด้านล่างของเครื่องกลั่น ซึ่งเคลือบสีดำที่มีความสามารถในการดูดความร้อนสูง เป็นการสะสมพลังงานความร้อนภายในเครื่องกลั่น เมื่อสารละลาย

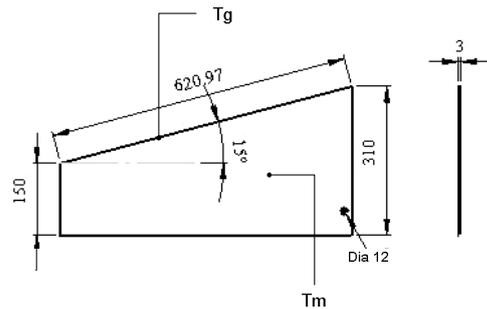
(น้ำทะเล) อุณหภูมิสูงขึ้น ก็จะระเหยตัว เนื่องจากความดันไอที่เพิ่มขึ้น และไอน้ำก็จะระเหยตัวขึ้นไปยังแผ่นปิดด้านบน โดยการพาความร้อนโดยธรรมชาติในภาชนะปิด ซึ่งไอน้ำจะกลั่นตัวบริเวณผิวด้านในของแผ่นปิด ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าผิวระเหย เนื่องจากสามารถระบายความร้อนสู่อากาศผ่านผิวกระจกด้านบน ได้ต่อเนื่อง และไหลไปยังรางน้ำ ออกจากเครื่องกลั่น



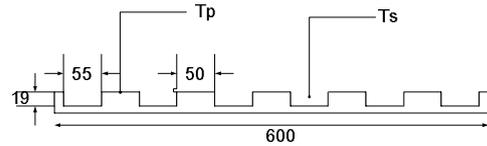
รูปที่ 2 แสดงรายละเอียดเครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยรังสีอาทิตย์แบบไม่มี และมีแผ่นสะท้อนรังสี

รูปที่ 2 แสดงรายละเอียด เครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยรังสีอาทิตย์ที่ใช้ในการทดสอบ เพื่อสามารถทดสอบเปรียบเทียบที่สภาวะเดียวกันได้ ที่ตัวแปรต่างกัน โดยมีรายละเอียดดังนี้ เครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยรังสีอาทิตย์แบบไม่มี แผ่นสะท้อนรังสี บริเวณด้านบนของเครื่องกลั่นใช้ฝาครอบกระจกใสหนา 3 มิลลิเมตร เยื้องลาดด้านเดียวทำมุม 15 องศา (Hamdan, M.A., et al., 1999) ครอบปิดบนแผ่นดูดซับรังสีอาทิตย์แบบลอนสี่เหลี่ยมสีดำ ขนาด 600 มิลลิเมตรx 600 มิลลิเมตร คิดเป็นพื้นที่ภาพฉาย 0.360 ตารางเมตร หุ้มฉนวนกันความร้อนบริเวณด้านล่างของถาดดูดรังสี ดังรูปที่ 3 ใช้ขอบยางหนา 10 มิลลิเมตร เป็นประเก็นกันรั้ว ระหว่างกระจกกับถาดดูดรังสี โดยตัวถาดบรรจุน้ำแบบลอนสี่เหลี่ยมทำจากสังกะสีทาสีดำด้าน ขนาดความกว้างลอน 50 มิลลิเมตร x ความยาวลอน 600 มิลลิเมตรx ความสูงลอน 19 มิลลิเมตร x ความสูงขอบถาด 40 มิลลิเมตร จำนวน 5 ลอน ดังรูปที่ 4 ส่งผลให้มีพื้นที่ผิวถาดดูดรังสีเพิ่มขึ้นเป็น 0.474 ตารางเมตร นอกจากนี้ติดตั้งรางรับน้ำด้านข้างทั้งสี่ด้านของกระจก เพื่อให้ น้ำที่กลั่นไหลสู่ภาชนะบรรจุ ผ่านช่องน้ำไหลออก

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับแบบที่มีแผ่นสะท้อนรังสีออกแบบโดยใช้วัสดุและขนาดเดียวกัน ออกแบบเพิ่มเติมโดยติดตั้งแผ่นสะท้อนรังสีทำด้วยกระจกเงาหนา 3 มิลลิเมตร ขนาด 300 มิลลิเมตร x 600 มิลลิเมตร ทั้ง 4 ด้าน ทำมุม 30 องศา กับแนวตั้ง คงที่ เพื่อดำเนินการทดสอบเครื่องทั้ง 2 เปรียบเทียบตัวแปรต่างๆ ที่สภาวะเดียวกัน



รูปที่ 3 ขนาดของกระจกหน่วยมิลลิเมตร



รูปที่ 4 ขนาดของถาดแบบลอนสี่เหลี่ยมหน่วยมิลลิเมตร

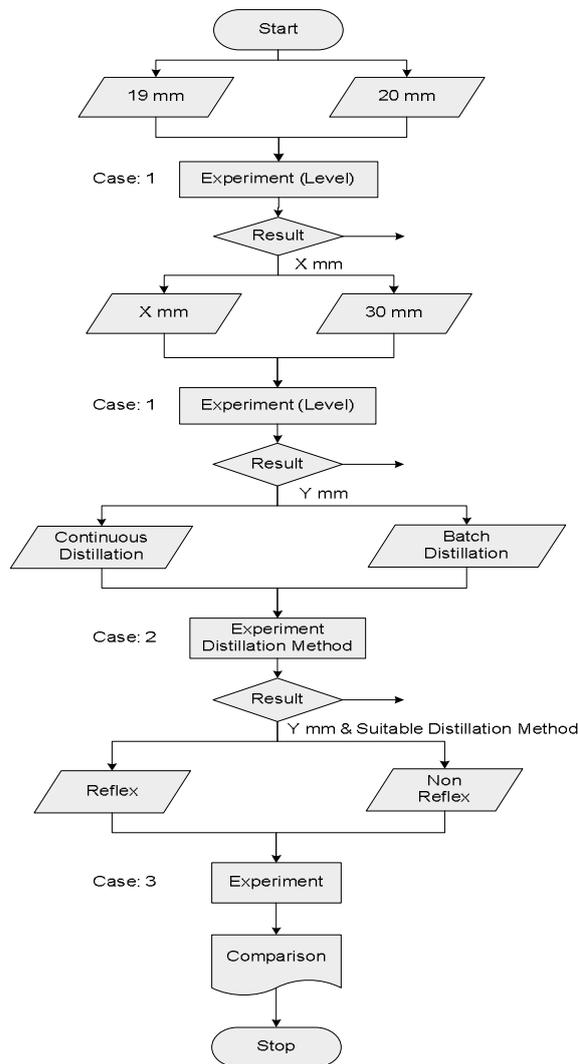
2.2 วิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบการทดลองเป็น 3 ส่วนเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยรังสีอาทิตย์ ในส่วนของการเปรียบเทียบอัตราการกลั่นช่วงเวลา (9.00-15.00) น. ที่สภาวะเดียวกัน แบบไม่มี และมีแผ่นสะท้อนรังสี โดยมีเงื่อนไขการทดสอบดังนี้

กรณีที่ 1 การเปรียบเทียบความสูง (ปริมาณ) ของสารละลาย (น้ำทะเล) ในเครื่องกลั่น และพื้นที่ระเหย (พื้นที่ผิวของสารละลายในเครื่องกลั่น) ต่อสมรรถนะการกลั่นน้ำทะเลด้วยรังสีอาทิตย์แบบไม่มีแผ่นสะท้อนรังสี 3 ค่า คือที่ระดับความสูงน้ำทะเล 19 มิลลิเมตร (เสมอลอนพื้นที่ระเหยหายไป 0.15 ตารางเมตร) เทียบกับ 20 มิลลิเมตร ที่สภาวะเดียวกัน และนำผลที่มีสมรรถนะสูง มาทดสอบ เทียบกับ 30 มิลลิเมตร ที่สภาวะเดียวกัน นำระดับน้ำที่มีสมรรถนะสูงสุด ทดสอบในกรณีที่ 2 ต่อไป

กรณีที่ 2 การเปรียบเทียบลักษณะการกลั่นแบบต่อเนื่อง (Continuous) เทียบกับไม่ต่อเนื่อง (Batch) ที่สภาวะเดียวกัน ต่อสมรรถนะการกลั่นน้ำทะเลด้วยรังสีอาทิตย์แบบไม่มีแผ่นสะท้อนรังสี นำลักษณะการกลั่นที่มีสมรรถนะสูงสุด ทดสอบในกรณีที่ 3 ต่อไป

กรณีที่ 3 การเปรียบเทียบสมรรถนะการกลั่นน้ำทะเลด้วยรังสีอาทิตย์ ในเครื่องกลั่นแบบไม่มีแผ่นสะท้อนรังสีเทียบกับเครื่องกลั่นแบบที่มีแผ่นสะท้อนรังสี ที่สภาวะเดียวกัน



รูปที่ 5 แผนภูมิการศึกษาสมรรถนะการกลั่นน้ำทะเลด้วยรังสีอาทิตย์แบบไม่มี และมีแผ่นสะท้อนรังสีกรณีต่าง ๆ

ดำเนินการทดสอบในช่วงระหว่างเวลา (9.00-15.00) น. เป็นเวลา 6 ชั่วโมงต่อวัน โดยติดตั้งเครื่องทดลองพร้อมกัน ทั้ง 2 เครื่อง หันไปทางทิศใต้ เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะระบบ ทำการวัดค่ารังสีอาทิตย์ด้วย

Pyranometer (Kipp & Zonen) Model CM 11B ความละเอียด +/- 2 W/m<sup>2</sup> วัดอุณหภูมิภายในเครื่องกลั่นที่ตำแหน่งต่าง ๆ คือ อุณหภูมิผิวกระจก(Tg), อุณหภูมิในเครื่องกลั่น(Tm), อุณหภูมิสารละลาย (Ts) และอุณหภูมิผิวคู่อรังสี (Tp) วัดด้วยเทอร์โมคัปเปิลชนิด K ซึ่งมีความละเอียด +/-0.5°C บันทึกข้อมูลค่ารังสีและอุณหภูมิการทดลอง ทุกๆ 1 นาที โดยใช้ Data logger (Yokogawa) Model MW 100 และวัดปริมาณการกลั่นต่อการกลั่น 1 ครั้ง หรือต่อ 6 ชั่วโมง เพื่อนำค่าที่ได้ เปรียบเทียบสมรรถนะการกลั่นของแต่ละกรณี ดังแผนภูมิในรูปที่ 5

### 3. ผลการทดลองและวิจารณ์

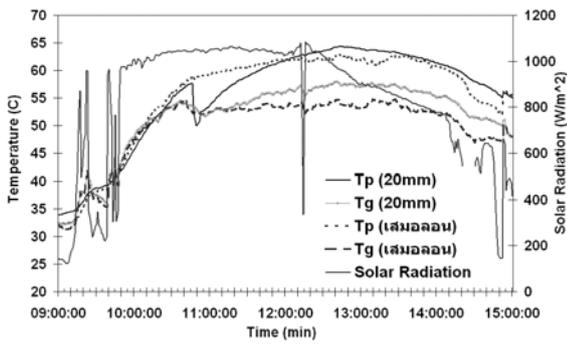
ในงานวิจัยนี้ ได้ทดลองและวิเคราะห์สมรรถนะการกลั่นน้ำทะเลด้วยรังสีอาทิตย์แบบไม่มี และมีแผ่นสะท้อนรังสีกรณีต่าง ๆ โดยติดตั้ง และทดลองกลั่นทั้ง 2 เครื่องพร้อมกันดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งผลจากการศึกษาสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้



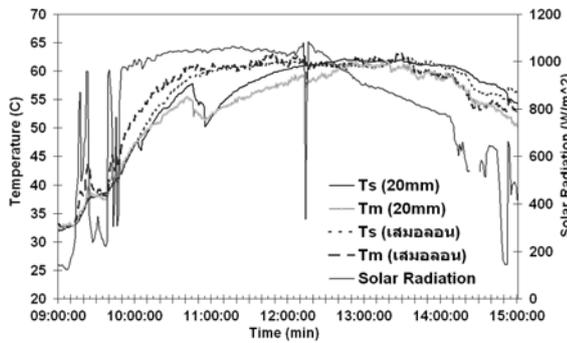
รูปที่ 6 การทดลองกลั่นน้ำทะเลด้วยรังสีอาทิตย์แบบมีแผ่นสะท้อนรังสี และไม่มีแผ่นสะท้อนรังสี

#### 3.1 การเปรียบเทียบความสูง (ปริมาณ) ของสารละลาย และพื้นที่ระเหยต่อสมรรถนะการกลั่นน้ำทะเลด้วยรังสีอาทิตย์แบบไม่มีแผ่นสะท้อนรังสี

การศึกษาในส่วนนี้ ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาถึงผลของปริมาณสารละลาย และพื้นที่ระเหย ที่มีต่อสมรรถนะการกลั่นซึ่งมีรายละเอียดของผลการศึกษาดังนี้

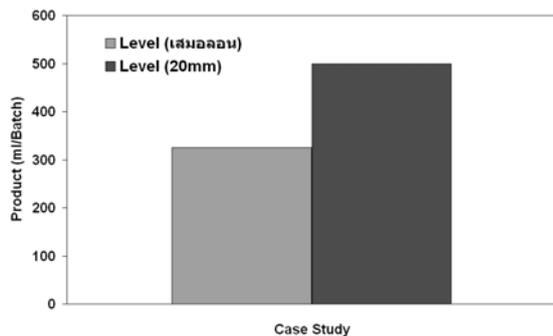


รูปที่ 7 ค่ารังสีอาทิตย์ (Solar Radiation) อุณหภูมิผิวกระจก (Tg) และอุณหภูมิผิวคูดริงส์ (Tp) กรณี (เสมอลอน) เทียบกับ 20 มิลลิเมตร ที่สภาวะเดียวกัน



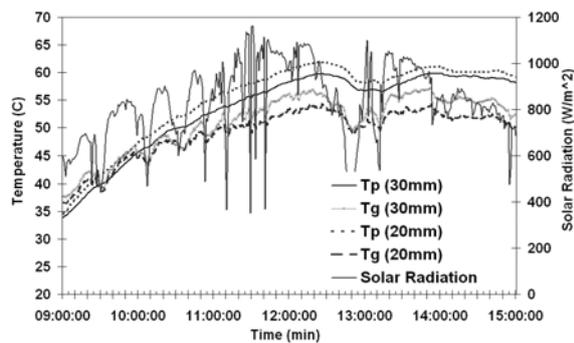
รูปที่ 8 ค่ารังสีอาทิตย์ (Solar Radiation) อุณหภูมิในเครื่องกลั่น (Tm) และอุณหภูมิสารละลาย (Ts) กรณี (เสมอลอน) เทียบกับ 20 มิลลิเมตร ที่สภาวะเดียวกัน

จากรูปที่ 7 และ 8 พบว่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ แปรผันตามค่ารังสีจากดวงอาทิตย์ อย่างช้าๆ จากการสะสมความร้อนของน้ำทะเล โดยอุณหภูมิการกลั่นที่ระดับเสมอลอน (ปริมาตร 4000 มิลลิลิตร) สูงกว่าที่ระดับ 20 มิลลิเมตร (ปริมาตร 5500 มิลลิลิตร) เนื่องจากมีปริมาตรสารละลายในระบบ น้อยกว่า ประมาณ 27%

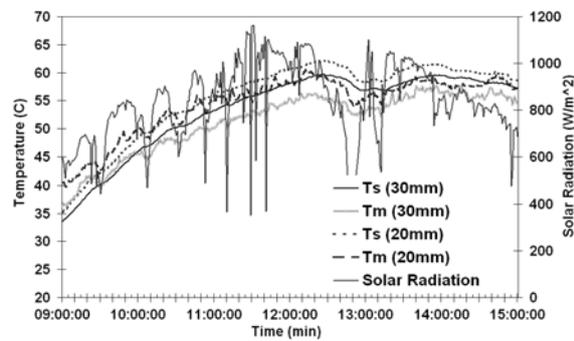


รูปที่ 9 ปริมาณน้ำที่กลั่นได้จากการกลั่น จากตัวแปร ปริมาตร (ความสูง) และพื้นที่ระเหย ของสารละลาย

จากรูปที่ 9 เปรียบเทียบปริมาณน้ำ ที่ได้จากการกลั่น สารละลายที่ระดับ 20 มิลลิเมตร และที่ระดับเสมอลอน มีค่าเท่ากับ 500 มิลลิลิตร หรือ 1.39 ลิตรต่อตารางเมตร และ 325 มิลลิลิตร หรือ 0.9 ลิตรต่อตารางเมตร ตามลำดับ พบว่าปริมาณน้ำที่ได้จากการกลั่นที่ระดับเสมอลอน แปรผกผันกับอุณหภูมิในรูปที่ 7 และ 8 จากรายละเอียดการทดลองดังกล่าว วิเคราะห์ว่าพื้นที่ระเหยเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อสมรรถนะการกลั่นมากกว่า ปริมาตรสารละลาย และอุณหภูมิ เนื่องจาก การทดลองทั้ง 2 แบบ มีพื้นที่ระเหยเท่ากับ 0.36 และ 0.21 ตารางเมตร ตามลำดับ ในกรณีศึกษานี้ จึงเลือกเงื่อนไข การกลั่นที่ระดับน้ำ 20 มิลลิเมตร ทดสอบเทียบกับ การกลั่นที่ระดับ 30 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นระบบที่มีพื้นที่ระเหยเท่ากับ 0.36 ตารางเมตร เท่ากัน ทดลองที่สภาวะเดียวกัน

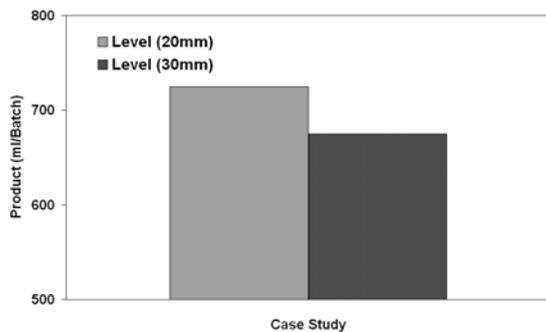


รูปที่ 10 ค่ารังสีอาทิตย์ (Solar Radiation) อุณหภูมิผิวกระจก (Tg) และอุณหภูมิผิวคูดริงส์ (Tp) กรณี 20 มิลลิเมตร เทียบกับ 30 มิลลิเมตร ที่สภาวะเดียวกัน



รูปที่ 11 ค่ารังสีอาทิตย์ (Solar Radiation) อุณหภูมิในเครื่องกลั่น (Tm) และอุณหภูมิสารละลาย (Ts) กรณี 20 มิลลิเมตร เทียบกับ 30 มิลลิเมตร ที่สภาวะเดียวกัน

จากรูปที่ 10 และ 11 พบว่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ของการกลั่นที่ระดับ 20 มิลลิเมตร (ปริมาตร 5500 มิลลิลิตร) สูงกว่าที่ระดับ 30 มิลลิเมตร (ปริมาตร 7000 มิลลิลิตร) เนื่องจากมีปริมาณสารละลายในระบบ น้อยกว่า ประมาณ 20%

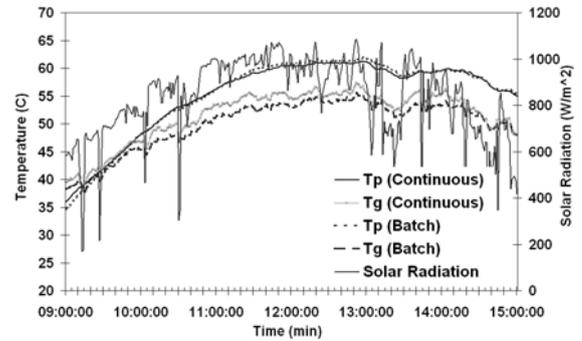


รูปที่ 12 ปริมาณน้ำที่กลั่นได้จากการกลั่นจากตัวแปร ปริมาตร (ความสูง) ของสารละลาย

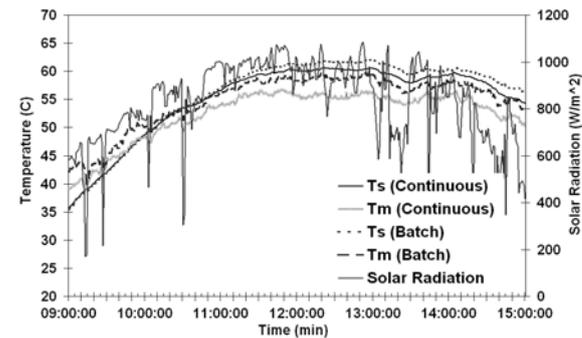
จากรูปที่ 12 เปรียบเทียบปริมาณน้ำ ที่ได้จากการกลั่นสารละลายที่ระดับ 20 มิลลิเมตร และที่ระดับ 30 มิลลิเมตร มีค่าเท่ากับ 725 มิลลิลิตร หรือ 2.01 ลิตรต่อตารางเมตร และ 675 มิลลิลิตร หรือ 1.87 ลิตรต่อตารางเมตร ตามลำดับ พบว่าทั้ง 2 กรณี แปรผันกับอุณหภูมิในรูปที่ 10 และ 11 จากรายละเอียดการทดลองดังกล่าววิเคราะห์หว่ากรณี มีพื้นที่ระเหย 0.36 ตารางเมตร เท่ากัน ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อสมรรถนะการกลั่นเหลือเพียงตัวแปรของอุณหภูมิ ซึ่งขึ้นกับปริมาณสารละลาย ตามลำดับจากการทดลอง พบว่าปริมาณสารละลายในระบบต่ำส่งผลให้มีอุณหภูมิสูงกว่าตามคุณสมบัติ ค่าความจุความร้อน ซึ่งขึ้นกับมวลของสารละลาย โดยอุณหภูมิสูงจะให้อัตราการถ่ายเทมวลสูงกว่าอุณหภูมิต่ำ เนื่องจากมี แรงขับ (Driving Force) ในกลไกการถ่ายโอนความร้อน และมวลมากกว่า ในกรณีศึกษา นี้ จึงเลือกเงื่อนไข การกลั่นที่ระดับน้ำ 20 มิลลิเมตร เป็นตัวแปรคงที่ในการศึกษากรณี ที่ 2 ต่อไป

### 3.2 การเปรียบเทียบลักษณะการกลั่นแบบต่อเนื่อง (Continuous) เทียบกับไม่ต่อเนื่อง (Batch) ต่อสมรรถนะการกลั่นน้ำทะเลด้วยรังสีอาทิตย์แบบไม่มีแผ่นสะท้อนรังสี

การศึกษาในส่วนนี้ ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาถึงผลของลักษณะการกลั่น ที่มีต่อสมรรถนะการกลั่นซึ่งมีรายละเอียดของผลการศึกษา ดังนี้

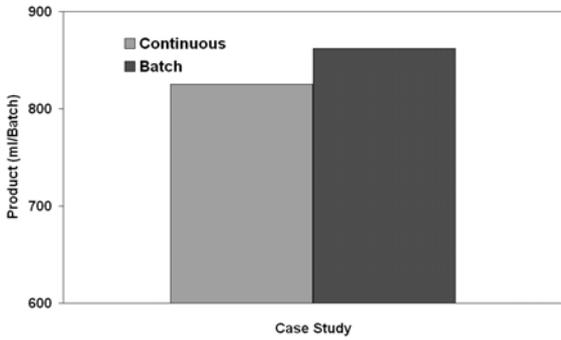


รูปที่ 13 ค่ารังสีอาทิตย์ อุณหภูมิผิวกระจก (Tg) และอุณหภูมิผิวตู้ตรงสี่ (Tp) กรณีกลั่นแบบต่อเนื่อง เทียบกับไม่ต่อเนื่อง ที่สภาวะเดียวกัน



รูปที่ 14 ค่ารังสีอาทิตย์ อุณหภูมิในเครื่องกลั่น (Tm) และอุณหภูมิสารละลาย (Ts) กรณีกลั่นแบบต่อเนื่อง เทียบกับไม่ต่อเนื่อง ที่สภาวะเดียวกัน

จากรูปที่ 13 และ 14 พบว่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ของการกลั่นแบบไม่ต่อเนื่อง ที่ระดับ 20 มิลลิเมตร สูงกว่า การกลั่นแบบต่อเนื่องที่ระดับ 20 มิลลิเมตร เล็กน้อย เนื่องจากการกลั่นแบบไม่ต่อเนื่อง ไม่มีสารละลายเพิ่มเติมในระบบ ปริมาณสารละลายตลอดการทดลอง จึงน้อยกว่า เมื่อเทียบกับแบบต่อเนื่อง ซึ่งมีมวลเข้าระบบเท่ากับมวลที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง อีกทั้งไม่เป็นการสูญเสียศักยภาพทางความร้อน เพื่ออุ่นสารทำงานใหม่ที่เพิ่มเข้ามา เท่ากับปริมาณที่กลั่นไป เพื่อรักษาระดับให้คงที่ ที่ระดับ 20 มิลลิเมตร

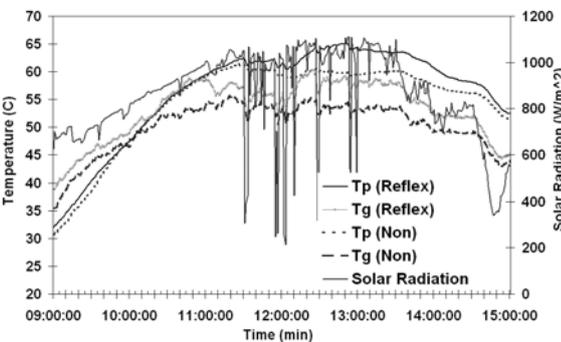


รูปที่ 15 ปริมาณน้ำที่กลั่นได้จากการกลั่น จากตัวแปร ลักษณะการกลั่นแบบต่อเนื่อง (Continuous) เทียบกับไม่ต่อเนื่อง (Batch)

จากรูปที่ 15 เปรียบเทียบปริมาณน้ำ ที่ได้จากการกลั่นสารละลายแบบไม่ต่อเนื่อง และแบบต่อเนื่อง ที่ระดับ 20 มิลลิเมตร มีค่าเท่ากับ 862 มิลลิลิตร หรือ 2.39 ลิตรต่อตารางเมตร และ 825 มิลลิลิตร หรือ 2.29 ลิตรต่อตารางเมตร ตามลำดับ แปรผันกับอุณหภูมิ ในกรณีศึกษา นี้ จึงเลือกเงื่อนไข การกลั่นที่ระดับน้ำ 20 มิลลิเมตร แบบไม่ต่อเนื่อง เป็นตัวแปรคงที่ ในการศึกษากรณีที่ 3 ต่อไป

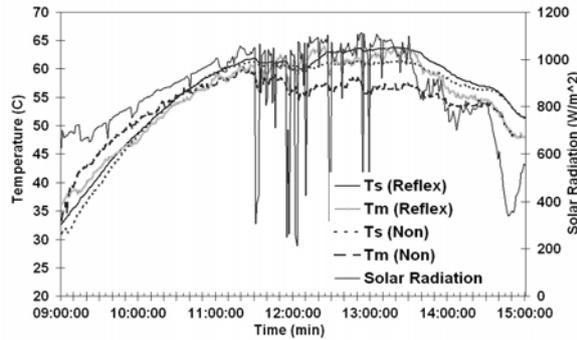
3.3 การเปรียบเทียบการกลั่นแบบไม่มีแผ่นสะท้อนรังสี เทียบกับเครื่องกลั่นแบบที่มีแผ่นสะท้อนรังสี ต่อสมรรถนะการกลั่นน้ำทะเลด้วยรังสีอาทิตย์

การศึกษาในส่วนนี้ ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาถึงผลของการติดตั้งแผ่นสะท้อนรังสี ที่มีต่อสมรรถนะการกลั่น ซึ่งมีรายละเอียดของผลการศึกษาดังนี้



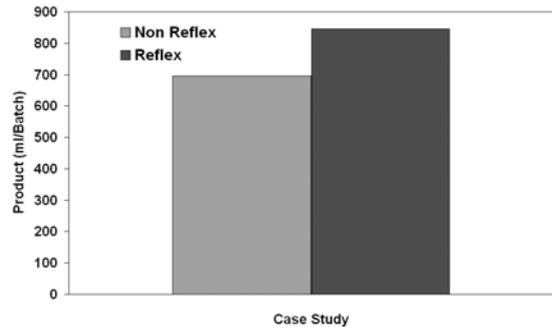
รูปที่ 16 ค่ารังสีอาทิตย์ อุณหภูมิผิวกระจก (Tg) และ อุณหภูมิผิวตู้ดรู้งี (Tp) กรณีกลั่นแบบต่อเนื่อง เทียบกับไม่ต่อเนื่อง ที่สภาวะเดียวกัน

จากผลการทดลอง พบว่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ของระบบกลั่นแบบไม่ต่อเนื่อง ที่ระดับ 20 มิลลิเมตร ที่



รูปที่ 17 ค่ารังสีอาทิตย์ อุณหภูมิในเครื่องกลั่น (Tm) และ อุณหภูมิสารละลาย (Ts) กรณีกลั่นแบบต่อเนื่อง เทียบกับไม่ต่อเนื่อง ที่สภาวะเดียวกัน

ติดตั้งแผ่นสะท้อนรังสี สูงกว่า ระบบที่ไม่ติดตั้งแผ่นสะท้อนรังสี ดังแสดงในรูปที่ 16 และ 17 ตามลำดับ เนื่องจากในช่วงเวลา 11.00-13.00 น แผ่นสะท้อนรังสี ทำการรวมรังสีอาทิตย์ให้สะท้อนลงบริเวณภาคตู้ดรู้งี ส่งผลให้อุณหภูมิระบบสูงขึ้น โดยนอกเหนือช่วงเวลาดังกล่าว แผ่นสะท้อนรังสี จะช่วยรวมและสะท้อนรังสีอาทิตย์ ให้ผ่านกระจกที่ครอบเครื่องกลั่น ทำให้รังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์ ผ่านกระจกเปลี่ยนเป็นรังสีคลื่นยาว ไม่สามารถทะลุผ่านกระจกออกมาได้ ทำให้เกิดสภาวะเรือนกระจกในเครื่องกลั่นมากขึ้น ส่งผลให้อุณหภูมิระบบสูงขึ้นตามลำดับ



รูปที่ 18 ปริมาณน้ำที่กลั่นได้จากการกลั่นตัวแปรระบบกลั่นที่ไม่มีแผ่นสะท้อนรังสี เทียบกับ มีแผ่นสะท้อนรังสี

จากรูปที่ 18 เปรียบเทียบปริมาณน้ำ ที่ได้จากการกลั่นสารละลายในเครื่องกลั่นที่มีแผ่นสะท้อนรังสี เทียบกับเครื่องกลั่นแบบที่ไม่มีแผ่นสะท้อนรังสี ในการกลั่นแบบไม่ต่อเนื่อง ที่ระดับ 20 มิลลิเมตร มีค่าเท่ากับ 846 มิลลิลิตร หรือ 2.35 ลิตรต่อตารางเมตร และ 696 มิลลิลิตร หรือ 1.93 ลิตรต่อตารางเมตร ตามลำดับ แปรผันกับอุณหภูมิ

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะ

Case Study	Distillation Product (ml.)		% Different
Case:1	19mm	20mm*	(20mm)>(19mm)
		325	500
			53.85
	(20mm)*	20mm*	30mm
			(20mm)>(30mm)
		725	675
			7.41
Case:2 (20mm)*	Continuous	Batch*	(Batch)>(Continuous)
		825	862
			4.48
Case:3 (Batch)*	Non	Reflex*	(Reflex)>(Non)
		696	846
			21.55

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ทดสอบเปรียบเทียบสมรรถนะการกลั่นน้ำทะเลที่ระดับต่างๆ พบว่าระดับน้ำ 20 มิลลิเมตร มีอัตราการกลั่นสูงกว่าที่ระดับน้ำ 19 มิลลิเมตร (เสมอลอน) ประมาณ 50 % ในขณะที่มีพื้นที่ระเหยมากกว่าประมาณ 40% และปริมาณสารละลายในระบบมากกว่าประมาณ 27% ตามลำดับ เนื่องจากพื้นที่ระเหยเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อสมรรถนะการกลั่น กรณีพื้นที่ระเหยต่างกัน โดยพื้นที่มากจะให้อัตราการกลั่นสูงกว่าสามารถพิจารณาจากตัวแปร อัตราการถ่ายเทมวลสุทธิ ( $\text{kg/m}^2\text{s}$ ) ในสมการการถ่ายเทมวลตามลำดับ

ในขณะที่อัตราการกลั่นน้ำทะเลที่ระดับน้ำ 20 มิลลิเมตรสูงกว่าที่ระดับน้ำ 30 มิลลิเมตร ประมาณ 7% ที่พื้นที่ระเหยเท่ากัน และปริมาณสารละลายในระบบ น้อยกว่าประมาณ 20% กรณีพื้นที่ระเหยเท่ากัน อัตราการกลั่นจะแปรผันตามอุณหภูมิสารละลาย ซึ่งส่งผลทางอ้อมในการเพิ่มค่า แรงขับ (Driving Force) ในกลไกการถ่ายโอนความร้อน และมวล ในสมการการถ่ายเทมวล ตามลำดับ

2. ทดสอบเปรียบเทียบสมรรถนะการกลั่น แบบไม่ต่อเนื่อง เทียบกับ ระบบกลั่นแบบต่อเนื่อง ที่ระดับน้ำ 20 มิลลิเมตร พบว่าการกลั่นแบบไม่ต่อเนื่องมีอัตราการกลั่นสูงกว่าประมาณ 4% ที่พื้นที่ระเหยเท่ากัน และปริมาณสารละลายในระบบน้อยกว่า ประมาณ 16% เนื่องจากต้องการรักษาระดับสารละลายในระบบกลั่นแบบต่อเนื่องให้คงที่ ที่ 20 มิลลิเมตร ส่งผลให้มีปริมาณสารละลายมากกว่า และสูญเสียความร้อนบางส่วนในการเพิ่ม

อุณหภูมิให้สารใหม่ จึงมีอุณหภูมิต่ำกว่าส่งผลให้อัตราการกลั่นต่ำกว่าแบบไม่ต่อเนื่อง

3. ทดสอบเปรียบเทียบสมรรถนะการกลั่นแบบไม่ต่อเนื่อง กรณีมีแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ และไม่มีแผ่นสะท้อนรังสี พบว่าการกลั่นกรณีมีแผ่นสะท้อนรังสี มีอัตราการกลั่นสูงกว่าประมาณ 21.55% ที่พื้นที่ระเหยและปริมาณสารละลายในระบบเท่ากัน เนื่องจากการติดตั้งแผ่นสะท้อนรังสี เป็นการเพิ่มค่า แรงขับ (Driving Force) ในกลไกการถ่ายโอนความร้อน และมวล โดยแผ่นสะท้อนรังสี ช่วยสะท้อนรังสีอาทิตย์ให้ตกลงบริเวณภาชนะรังสีให้เข้มข้นมากขึ้น อีกทั้งเพิ่มการเกิดสภาวะเรือนกระจกมากขึ้น ส่งผลให้อุณหภูมิระบบสูงขึ้น ตามลำดับ

#### 4. สรุป

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเชิงทดสอบ สมรรถนะการกลั่นน้ำทะเลด้วยรังสีอาทิตย์แบบมีแผ่นสะท้อนรังสี เปรียบเทียบกับ การกลั่นน้ำทะเลด้วยรังสีอาทิตย์แบบไม่มีแผ่นสะท้อนรังสี ที่มีกรอกแบบอย่างหรือผิวดูรังสี ให้มีลักษณะเป็นลอนสี่เหลี่ยม เพื่อเพิ่มพื้นที่ถ่ายเทความร้อนระหว่างสารละลายกับผิวดูรังสี ที่สภาวะเดียวกัน พบว่า การกลั่นน้ำทะเลด้วยรังสีอาทิตย์แบบมีแผ่นสะท้อนรังสี มีอัตราการกลั่นสูงกว่าประมาณ 20% จากปัจจัยของอุณหภูมิโดยตรง ดังนั้นจากข้อมูลการทดสอบที่เงื่อนไขต่างๆ พบว่าสมรรถนะการกลั่นเป็นตัวแปรที่ขึ้นกับ พื้นที่ระเหย และอุณหภูมิ ตามลำดับ โดยเมื่อกำหนดให้ พื้นที่ระเหยคงที่ สมรรถนะของระบบกลั่นจะแปรผันตาม อุณหภูมิ โดยการเพิ่มอุณหภูมิ และความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวระเหยกับ ผิวควบแน่น ซึ่งเป็นปัจจัยในการเพิ่มความดันไอของสารละลาย และ แรงขับ (Driving Force) ในกลไกการถ่ายโอนความร้อน และมวล ในเครื่องกลั่นตามลำดับ

ดังนั้นการเพิ่มพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน, ปริมาณสารละลาย, กระบวนการกลั่นแบบต่อเนื่อง หรือไม่ต่อเนื่อง และการติดตั้งแผ่นสะท้อนหรือรวมรังสี เป็นแนวทางหนึ่งที่เหมาะสม และไม่ยุ่งยากในการเพิ่มอุณหภูมิระบบกลั่น เพื่อเพิ่มสมรรถนะการกลั่นของระบบ โดยจากตัวแปรที่ศึกษา พบว่าสามารถเพิ่มสมรรถนะระบบกลั่นโดยออกแบบระบบให้มีพื้นที่ผิวที่สารละลาย

สามารถระเหยได้มากที่สุด และกำหนดปัจจัยระบบที่สามารถถ่ายเทความร้อน ดูดซับความร้อน เพื่อเพิ่มอุณหภูมิสารละลายได้มากที่สุด ตามลำดับ

### 5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัย

### 6. เอกสารอ้างอิง

- Jarawat Jareanjit, Yafad Dusamoh, Supat Detsopha and Suriya Chuyin. (2011). A Solar Dryer & Moisture Condensing Cabinet with Thermosyphon Heat Flow, *KKU Engineering Journal*, Vol.38, No.1, 35-42 (In Thai).
- Natthaphon Roonprasang, Pichai Namprakai and Naris Pratinthong. (2006). Mathematical model and Optimum sizing for a Solar Banana dryer Combined with Parabolic Trough and Phase Change Energy Storage System in Thailand, *KKU Engineering Journal*, Vol. 33, No .5, 495-510 (In Thai).
- Pisit Techarungpaisan, Asoke Shithongtum, Bancha Buddadee and Songsupa Pumchumpol. (2009). Performance Improvement of Thermosyphon Solar Water Heater: Minimizing Water Flow Rate in Some Risers of the Solar Collector, *KKU Res J*, Vol. 14, No .1, 41 – 53 (In Thai).
- Bloemer, J.W. (1965). Factors affecting Solar-Still Performance, *ASME Paper 65-WA/SOL-1*, 8 pp.
- Hamdan, M.A., Musa A.M. and Jubran, B.A. (1999). Performance of solar still under Jordanian climate. *Energy Conversion and Management*. Vol.40, 495-503.
- Nafey, A.S., Abdelkader, M., Abdelmotalip, A. and Mabrouk, A.A. (2002). Solar still productivity enhancement, *Energy Conversion and Management*. Vol 43, 937-946.
- Namprakai, P., Hirunlabh, J. and Kiatsiriroat, T. (1996). Ethylalcohol distillation in basin solar still. *Renewable Energy*, Vol.11, 169-175.
- Tiwari, G.N. and Sangeeta, S., (1998). Performance evaluation of an inverted absorber solar still, *Energy Conversion and Management*, Vol. 39, 173.
- Tiwari, G.N., Singh, H.N. and Tripathi, R. (2003). Present status of solar distillation. *Solar Energy*. Vol. 75, 367-363.
- Toure S, Salami H, Pierre M. (1999). Theoretical and experimental studies of a solar still type suitable for alcoholic distillation. *Renew Energy*. Vol.16 (1-4), 739-742.
- Zurigat, Y. H. and Abu-Arabi, M. K. (2004). Modeling and performance analysis of a regenerative solar desalination unit. *Applied Thermal Engineering*. Vol. 24, 1061-1072.