การศึกษาและหาค่าพารามิเตอร์ดีที่สุดของเครื่องกลั่นน้ำพลังแดดแบบใช้ระบบน้ำหยดบนแผ่นเส้นใย

STUDY AND INVESTIGATED THE BEST PARAMETER OF SOLAR STILL BY USING WATER DRIPPING SYSTEM ON FIBROUS LAMINATE

บรรณชา ขันเขียว[1] และทวิช จิตรสมบูรณ์[2*]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ถ.มหาวิทยาลัย ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
[2] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ถ.มหาวิทยาลัย ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
[1]ติดต่อ: bancha1218@gmail.com ,M5441822@g.sut.ac.th,Tel.0945375909
[*2]ติดต่อ: tabon@g.sut.ac.th, tawit.boon@gmail.com

บทคัดย่อ

ในบทความนี้เป็นการนำเสนอผลการทดสอบเครื่องกลั่นน้ำพลังแดดแบบใช้ระบบน้ำหยดบนแผ่นเส้นใย เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดโดยทำการเปรียบเทียบกับเครื่องกลั่นน้ำพลังแดดแบบทั่วไป ซึ่งเครื่องกลั่นน้ำดังกล่าวได้ใช้วิธีการเอียงถาดน้ำที่ปูด้วยแผ่นเส้นใยและใช้น้ำหยดลงบนแผ่นเส้นใยให้ค่อย ๆ ไหลกระจายทั่วทั้งถาดน้ำ วิธีดังกล่าวจะช่วยให้น้ำเกิดการระเหยตัวได้อย่างรวดเร็วส่งผลให้ผลผลิตเพิ่มตามไปด้วย พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษามีทั้งหมด 3 ค่า คือ มุมเอียงของถาดน้ำ อัตราการไหลของน้ำหยดและชนิดของแผ่นเส้นใย จากการทดสอบพบว่าเครื่องกลั่นน้ำพลังแดดแบบใช้ระบบน้ำหยดบนแผ่นเส้นใยให้ผลผลิตสูงกว่าแบบทั่วไปประมาณร้อยละ 20-25 โดยมีผลผลิตสูงสุดอยู่ที่ 4.1 ลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน และมุมเอียงของถาดน้ำเท่ากับ 5 องศา อัตราการไหลของน้ำหยดเท่ากับ 0.1 ลิตรต่อชั่วโมง และผ้ายืดสีดำ เป็นค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด

คำหลัก: เครื่องกลั่นน้ำพลังแดด, เครื่องกลั่นน้ำพลังแดดแบบพื้นเอียง, พลังงานแสงแดด,ระบบน้ำหยด

Abstract

This article represent results the experimental solar still by using water dripping system on fibrous laminate for investigate the best parameter and comparing with conventional solar still. This solar still type are using the incline basin and lay a cloth on the absorber plat by using water dripping on plat an according to the water are disseminate throughout on the basin. This method water are evaporation rapidly and increasing productivity. Studying three parameter are angle incline basin, flow rate of water dripping, and type of cloth. From the result show that, the solar still by using water dripping system on fibrous laminate type give the productivity more than the conventional solar still about 20-25 % and the maximum is 4.1 liter/m^2-day. The angle of basin is 5^o, flow rate of water dripping is 0.1 liter/hr and the black color stretch cloth are the best parameter for this experimental.

Keywords: Solar still, incline solar still, solar energy, dripping water system.

1. บทนำ

เครื่องกลั่นน้ำพลังแดดเป็นเครื่องมือที่ใช้เปลี่ยนน้ำเค็มหรือน้ำกร่อยให้กลายเป็นน้ำจืด โดยอาศัยพลังงานแดดเป็นแหล่งพลังงานป้อน มนุษย์รู้จักการใช้เครื่องมือชนิดนี้มาตั้งแต่อดีตเพื่อผลิตน้ำจืดไว้ใช้ในยามขาดแคลนหรือใช้เพื่อการดำรงชีวิตให้อยู่รอดในสภาวะที่เลวร้ายของสภาพอากาศที่ร้อนและแห้งแล้ง ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่มักจะอยู่ในบริเวณที่เป็นเกาะหรือทะเลทรายและพื้นที่ทุรกันดารอยู่ห่างไกลจากแหล่งน้ำจืด โดยทั่วไปการใช้น้ำของมนุษย์ พบว่าร้อยละ 70 ถูกใช้ในด้านการเกษตร ร้อยละ 20 ถูกใช้ในด้านอุตสาหกรรม และอีกเพียงร้อยละ 10 เท่านั้นที่ใช้ในการอุปโภค-บริโภค [10] การใช้น้ำในการอุปโภค-บริโภคถึงแม้จะมีสัดส่วนที่น้อยกว่าด้านอื่น ๆ แต่ก็มีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ เนื่องจากน้ำที่ใช้เพื่อการอุปโภค-บริโภคนั้น จะต้องเป็นน้ำที่สะอาด ถูกสุขลักษณะและมีความปลอดภัยจากเชื้อโรคและสารปนเปื้อนต่าง ๆ เพื่อป้องกันการเกิดโรค

เครื่องกลั่นน้ำพลังแดดแบบที่ใช้กันทั่วไป (Conventional solar still) มักจะให้ผลผลิตและประสิทธิภาพต่ำ โดยทั่วไปแล้วให้ผลผลิตเฉลี่ย 2 ลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน (ในฤดูหนาว) ถึง 5.5 ลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน (ในฤดูร้อน) [1] นักวิจัยในอดีตได้มีการศึกษาและพัฒนาเครื่องกลั่นน้ำพลังแดดมาอย่างต่อเนื่องโดยประยุกต์ใช้เทคนิคและวิธีการต่าง ๆ เพื่อเพิ่มผลผลิตและประสิทธิภาพให้มากขึ้น โดยให้ความสนใจศึกษาเครื่องกลั่นน้ำพลังแดดแบบอ่าง (basin solar still type) และแบบพื้นเอียง (Incline solar still type) เนื่องจากมีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อนและเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย และจากการศึกษาของนักวิจัยที่ผ่านมาพบว่าเครื่องกลั่นน้ำแบบพื้นเอียงให้ผลผลิตและประสิทธิภาพสูงกว่าเครื่องกลั่นน้ำแบบอ่างอย่างชัดเจน [2] ดังนั้นงานวิจัยส่วนใหญ่ในปัจจุบันนี้จึงได้มุ่งเน้นการพัฒนาเครื่องกลั่นน้ำแบบพื้นเอียง (Incline solar still type) มากขึ้น ทั้งในด้านทฤษฎีและการทดลองเพื่อศึกษาหาค่าตัวแปรที่มีผลกระทบต่อผลผลิตและประสิทธิภาพ

Muftah และคณะ [9] ได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์ตัวแปรที่มีผลกระทบต่อผลผลิตของเครื่องกลั่นน้ำพลังแดด โดยรวบรวมผลงานวิจัยจากทั่วโลก จากการวิเคราะห์พบว่าตัวแปรที่สำคัญสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มดังนี้คือ ตัวแปรภายนอกเครื่องกลั่น เช่น อุณหภูมิบรรยากาศ ความเข้มแสงแดด ความเร็วลม ฝุ่นและเมฆ ตัวแปรภายในของเครื่องกลั่น เช่น ความลึกของน้ำ ความเค็มของน้ำ อุณหภูมิภายในของน้ำ และตัวแปรของการออกแบบเครื่องกลั่น เช่น เครื่องกลั่นน้ำแบบแอคทีฟหรือแบบพาสซีฟ (active/passive solar still) มุมเอียงของกระจกหลังคา การเลือกวัสดุ วัสดุดูดซับความร้อน แผ่นสะท้อนแสง ฉนวน ระยะห่างระหว่างน้ำและกระจก และระบบหมุนปรับตามดวงอาทิตย์ ตัวแปรต่าง ๆ ที่กล่าวมาเราสามารถควบคุมได้แค่สองกลุ่มเท่านั้นคือ ตัวแปรภายในและตัวแปรของการออกแบบ ส่วนตัวแปรภายนอกนั้นไม่สามารถควบคุมได้ ดังนั้นหากปรับเปลี่ยนตัวแปรของทั้ง 2 กลุ่มให้มีความเหมาะสมจะสามารถเพิ่มผลผลิตได้มากกว่า 70-100% Murugavel และคณะ [11] ได้ทำการศึกษาและรวบรวมเทคนิควิธีการต่าง ๆ ในการเพิ่มผลผลิตของเครื่องกลั่นน้ำแบบพื้นเอียง พบว่าโดยทั่วไปแล้วเครื่องกลั่นน้ำแบบพื้นเอียงจะให้ผลผลิตสูงกว่าแบบอ่างที่ใช้ทั่วไป (Conventional solar still) ซึ่งสามารถสรุปปัจจัยที่ทำให้ผลผลิตเพิ่มดังนี้ มุมเอียงของพื้นอ่างทำให้สามารถรับแสงแดดได้เพิ่มขึ้น อัตราการไหลของน้ำป้อนที่เหมาะสมสอดคล้องกับมุมเอียงของพื้นอ่าง ความเค็มของน้ำที่ลดลง การติดตั้งแผ่นสะท้อนแสงแดดหรือแผ่นรวมแสง การใช้แผ่นเส้นใยวางรองที่พื้นอ่างจะทำให้ผลผลิตเพิ่ม 1-3 เท่า Ziabari และคณะ [2] ได้ทำการปรับปรุงเครื่องกลั่นน้ำแบบขั้นบันโดยปรับระดับความสูงของทำนบ (weir) กั้นน้ำให้มีระดับที่ 7 มิลลิเมตร พบว่าผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 6.7 ลิตรต่อตารางเมตรต่อวันเพิ่มขึ้น 26%

จากเครื่องกลั่นน้ำแบบขั้นบันไดที่ไม่มีทำนบ Tanaka [3-4] ศึกษาทฤษฎีการใช้แผ่นสะท้อนเอียงติดตั้งไว้ด้านนอกตัวเครื่องกลั่นแบบที่ใช้ทั่วไป (conventional solar still) และเครื่องกลั่นน้ำแบบพื้นเอียง (tilted-wick solar still) พบว่ามุมของแผ่นสะท้อนควรอยู่ในช่วง 10-25° เทียบกับแนวดิ่งและสามารถเพิ่มผลผลิตได้ 7-12% สำหรับเครื่องกลั่นน้ำแบบที่ใช้ทั่วไป และพบว่ามุมเอียงของแผ่นสะท้อนและมุมของพื้นเอียงเท่ากับ 15° จะช่วยเพิ่มผลผลิตได้ประมาณ 15% สำหรับเครื่องกลั่นน้ำแบบพื้นเอียง khalifa และ Ibrahim [5] ทำการทดลองเพื่อหาผลกระทบของแผ่นสะท้อนด้านในและด้านนอกต่อผลผลิตของเครื่องกลั่นน้ำแบบที่ใช้ทั่วไปในฤดูกาลต่าง ๆ พบว่ามุมเอียงของแผ่นสะท้อนภายนอกที่เหมาะสมคือ 20° เทียบกับแนวดิ่งและช่วยเพิ่มผลผลิต 34.8% สำหรับในฤดูหนาวค่าที่ได้สอดคล้องกับทฤษฎีของ Tanaka [3] เป็นอย่างดียกเว้นในฤดูร้อน Abdullah [6] ทำการทดลองเพื่อเพิ่มผลผลิตของเครื่องกลั่นน้ำแบบขั้นบันไดโดยใช้อากาศร้อนเป่าเข้าไปใต้แผ่นดูดซับความร้อนที่ทำเป็นขั้นบันได ความร้อนดังกล่าวจะช่วยให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นช่วยให้อัตราการระเหยตัวเร็วขึ้น พบว่าวิธีการดังกล่าวช่วยเพิ่มผลผลิต 112% เทียบกับเครื่องกลั่นน้ำแบบที่ใช้ทั่วไป Omara *et al.* [7] ทำการเพิ่มผลผลิตให้กับเครื่องกลั่นน้ำน้ำแบบขั้นบันไดโดยใช้แผ่นสะท้อนติดตั้งไว้ด้านนอกและด้านในของเครื่องกลั่น พบว่าสามารถเพิ่มผลผลิตได้ 125 % เมื่อเทียบกับเครื่องกลั่นน้ำแบบอ่างที่ใช้ทั่วไป El-Samadony และ Kabeel [8] ทำการศึกษาเชิงทฤษฎีถึงผลกระทบของน้ำที่ไหลเป็นฟิล์มบางบนกระจกหลังคาต่อผลผลิตของเครื่องกลั่นน้ำแบบขั้นบันได พบว่าความหนาของฟิล์มน้ำเท่ากับ 2.5×10^{-4} ถึง 5.5×10^{-4} เมตร ปริมาตรการไหลเท่ากับ 4.5×10^{-5} ถึง 8.5×10^{-5} ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และความยาวของกระจกหลังคาเท่ากับ 2-2.8 เมตร เป็นค่าที่ดีที่สุด

จากงานวิจัยที่ผ่านมาเราพบว่าเครื่องกลั่นน้ำพลังแดดแบบพื้นเอียงให้ผลผลิตที่สูงกว่าแบบอ่าง ซึ่งมีตัวแปรที่สำคัญก็คือมุมเอียงของพื้นอ่าง อัตราการไหลของน้ำและชนิดของแผ่นเส้นใย ในบทความนี้เป็นการทดลองเครื่องกลั่นน้ำพลังแดดแบบพื้นเอียงโดยใช้ระบบน้ำหยดบนแผ่นเส้นใย (incline solar still using dripping water system on fibrous laminate) เปรียบเทียบกับเครื่องกลั่นน้ำพลังแดดแบบทั่วไป (conventional solar still) เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด โดยทำการศึกษาค่าพารามิเตอร์ทั้งหมด 3 ค่า คือ มุมเอียงของถาดน้ำ อัตราการไหลของน้ำหยดและชนิดของแผ่นเส้นใย ซึ่งในการทดลองจะใช้เครื่องกลั่นน้ำแบบพื้นเอียงปูด้วยแผ่นเส้นใยที่เหมาะสมคลุมให้ทั่วบริเวณแผ่นดูดซับความร้อนซึ่งเอียงทำมุมกับแนวระดับ จากนั้นใช้น้ำหยดลงบนแผ่นเส้นใยเพื่อให้น้ำค่อย ๆ ไหลและกระจ่ายไปทั่วทั้งแผ่น ด้วยวิธีการดังกล่าวจะช่วยให้น้ำเกิดการระเหยตัวได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากน้ำถูกดูดซับและกระจายตัวอยู่ที่ผิวของเส้นใยทำให้แรงตึงผิวของน้ำลดลง และเหตุผลที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือมุมเอียงของพื้นอ่างจะทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิบนแผ่นดูดซับความร้อน ณ จุดต่าง ๆ ไม่เท่ากัน เนื่องจากบริเวณที่ต่ำจะมีน้ำขังทำให้บริเวณดังกล่าวมีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณอื่น ๆ ซึ่งเราคาดว่าจะทำให้เกิดความชันของอุณหภูมิ (temperature gradient) บนแผ่นดูดซับความร้อนขึ้นส่งผลให้การระเหยตัวของน้ำในแต่ละจุดบนแผ่นเส้นใยไม่เท่ากันเป็นผลให้เกิดการไหลวนของไอน้ำภายในห้องกลั่นและทำให้อัตราการระเหยตัวและการควบแน่นของน้ำเพิ่มขึ้นส่งผลให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ซึ่งไปสอดคล้องกับการผลการทดลองของ Taamneh และ Taamneh [12] ซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดลองครั้งนี้จะนำไปสร้างเครื่องกลั่นน้ำแบบพื้นเอียงโดยใช้ระบบน้ำหยดบนแผ่นเส้นใยต่อไป

2. การติดตั้งอุปกรณ์และขั้นตอนการทดลอง

2.1 รายละเอียดของอุปกรณ์และเครื่องกลั่นน้ำ

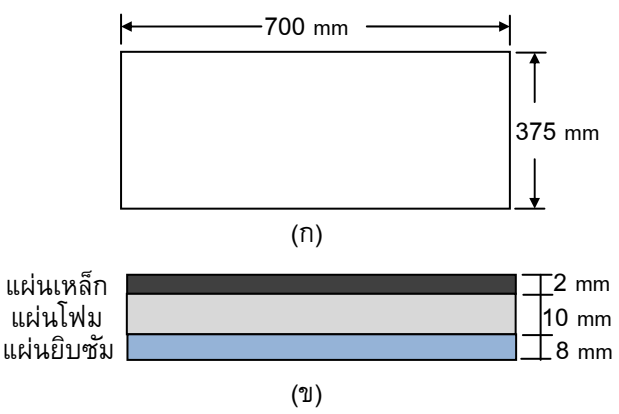
ในการทดลองครั้งนี้ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องกลั่นน้ำพลังแดดแบบอ่างจำนวน 5 เครื่อง

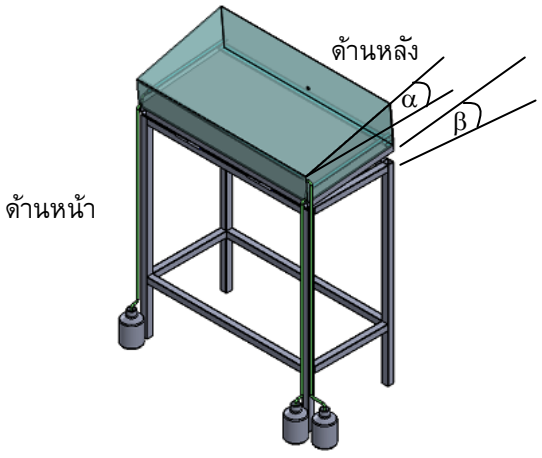
โดยแต่ละเครื่องจะมีขนาดพื้นที่รับแสงเท่ากับ 0.25 ตารางเมตร และสามารถปรับพื้นอ่างให้เอียงทำมุม β กับแนวระดับได้ โครงสร้างฐานใช้เหล็กกล่องขนาด 1x1 ตารางนิ้ว มีความสูง 50 เซนติเมตรและมีสกรูอยู่บริเวณด้านล่างของขาตั้งทั้ง 4 ขา สามารถปรับระดับสูงต่ำได้ พื้นอ่างประกอบด้วยวัสดุ 3 ชนิด คือ แผ่นเหล็กหนา 2 มิลลิเมตรขนาด 0.7x0.37 ตารางเมตร พ่นสีดำด้านเคลือบทั้งแผ่นเพื่อใช้เป็นวัสดุดูดซับความร้อน ตรงกลางเป็นแผ่นโฟม หนา 10 มิลลิเมตรเป็นฉนวนเพื่อป้องกันความร้อนที่สูญเสียไปทางด้านล่างของอ่าง วัสดุด้านล่างสุดเป็นแผ่นยิปซัมเรียบหนา 8 มิลลิเมตรเพื่อรองรับน้ำหนักของตัวเครื่องกลั่นน้ำและยังป้องกันการโก่งตัวของแผ่นโฟมได้อีกด้วย โดยที่โฟมและแผ่นยิปซัมมีขนาดเดียวกันกับแผ่นเหล็ก ใช้กาวซิลิโคนเป็นตัวเชื่อมประสานวัสดุทั้งสามเข้าด้วยกันและใช้แผ่นน้ำหนักกดทับไว้ 1 คืน เพื่อประสิทธิภาพการประสานตัวของกาวซิลิโคนและให้มั่นใจว่าจะไม่เกิดช่องว่างบริเวณผิวสัมผัสระหว่างแผ่นโฟมกับแผ่นเหล็ก รายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 1 ส่วนผนังด้านข้างทั้ง 4 ด้านของเครื่องกลั่นน้ำใช้กระจกโปร่งใสที่มีขายกันทั่วไปตามท้องตลาด มีความหนา 3 มิลลิเมตร ด้านหน้าสูง 20 เซนติเมตร เพื่อให้แสงแดดสามารถส่องผ่านเข้าไปยังบริเวณแผ่นดูดซับความร้อนที่อยู่ภายในห้องกลั่นได้ในทุกทิศทุกทาง หลังคาใช้กระจกใสหนา 3 มิลลิเมตร เอียงทำมุมกับแนวระนาบ α=14° ทั้ง 5 เครื่อง

รูปที่ 1 (ก) แสดงขนาดของแผ่นดูดซับความร้อน (ข) องค์ประกอบของพื้นอ่างของเครื่องกลั่นน้ำพลังแดด

บริเวณภายในห้องกลั่นด้านหน้า ด้านหลังและด้านข้างจะมีรางน้ำสำหรับรองรับน้ำจืดที่ควบแน่นเป็นหยดน้ำแล้วไหลมารวมกันไปยังขวดกักเก็บที่อยู่ด้านนอกเครื่องกลั่น บริเวณด้านหลังของเครื่องกลั่นน้ำแบบพื้นเอียงจำนวน 4 เครื่อง ทำการเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร เพื่อใช้เป็นทางเข้าของน้ำสู่ภายในของห้องกลั่น โดยน้ำจะไหลไปตามรางอลูมิเนียมที่มีผ้าจุมอยู่ตลอดแนวและน้ำจะถูกดูดออกไปด้วยเส้นใยของผ้าไหลลงสู่ที่ต่ำด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกและกระจายตัวไปทั่วแผ่นดูดซับความร้อนแล้วไหลไปรวมกันอยู่บริเวณด้านที่ต่ำกว่าโดยไม่มีการระบายน้ำออกสู่ภายนอกเครื่องกลั่น รายละเอียดดังแสดงแบบจำลองของเครื่องกลั่นน้ำพลังแดดในรูปที่ 2

ระบบน้ำหยดประกอบด้วยถังน้ำขนาดบรรจุ 50 ลิตร ภายในบรรจุน้ำประปาจำนวน 20 ลิตร ใช้ปั๊มน้ำไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 25 วัตต์ เป็นตัวจ่ายน้ำไปตามท่อผ่านท่อพีวีซี (PVC) ขนาด 4 หุนและถูกลดขนาดลงเป็นท่อพลาสติกใสขนาด 3 มิลลิเมตร เพื่อแยกเข้าไปยังเครื่องกลั่น ณ ตำแหน่งต่าง ๆ โดยก่อนที่น้ำจะเข้าเครื่องกลั่นจะมีวาล์วพลาสติกเพื่อควบคุมอัตราการไหลอีกครั้งหนึ่ง





รูปที่ 2 แสดงรูปจำลองของเครื่องกลั่นน้ำพลังแดดที่สามารถปรับมุมของพื้นอ่างได้

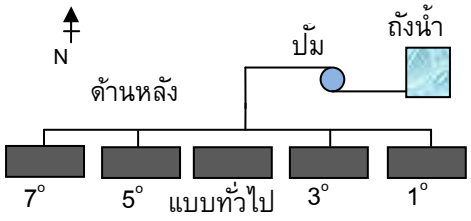
2.2 ขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์

การติดตั้งเครื่องกลั่นน้ำเริ่มต้นจากการแบ่งเครื่องกลั่นน้ำทั้ง 5 เครื่อง แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ เครื่องกลั่นน้ำแบบที่ใช้ทั่วไป (conventional solar still) จำนวน 1 เครื่อง และเครื่องกลั่นน้ำแบบพื้นเอียงโดยใช้ระบบน้ำหยดบนแผ่นเส้นใย (incline solar still using dripping water system on fibrous laminate) จำนวน 4 เครื่อง การจัดวางตำแหน่งของเครื่องกลั่นเพื่อใช้ในการทดสอบครั้งนี้เป็นไปตามรูปที่ 3 โดยหันด้านหน้าไปทางทิศใต้เหมือนกันทุกเครื่อง เนื่องเส้นทางเดินของดวงอาทิตย์โคจรจากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตกโดยอ้อมไปทางใต้เล็กน้อย ทำให้เครื่องกลั่นน้ำได้รับแสงแดดอย่างเต็มที่ [13] จากนั้นทำการปรับระดับพื้นของเครื่องกลั่นน้ำด้วยด้วยการวางลูกน้ำบนฐานแล้วหมุนสกูลที่อยู่ด้านล่างของขาตั้งทั้ง 4 ขา ให้ได้ระดับทั้ง 5 เครื่อง

การปรับค่ามุมเอียงของถาดด้านล่างจำนวน 4 เครื่อง ใช้แผ่นโลหะแข็งเรียบที่มีความหนาขนาดต่าง ๆ สอดเข้าไปใต้อ่างน้ำด้านล่างของแต่ละเครื่องจนทำให้ได้ค่ามุมของถาด 1° 3° 5° และ 7° ตามลำดับ

จากนั้นปรับอัตราการไหลของน้ำ โดยการหมุนปรับวาล์วพลาสติกและทำการตวงปริมาตรของน้ำลงในบีกเกอร์แล้วทำการจับเวลาเพื่อวัดปริมาตรการไหล แล้วทำซ้ำจนกว่าค่าที่ได้จะใกล้เคียงกับค่าที่เราต้องการให้มากที่สุด และเมื่อได้ค่าที่เราต้องการแล้วจะต้องทำการทดสอบเปรียบวัดอัตราการไหลของแต่ละค่า ภายในช่วงเวลาที่เรากำหนดและทำการวัดค่าอีกครั้ง เพื่อให้มั่นใจว่าเมื่อทำการทดสอบตลอดทั้งวันอัตราการไหลจะมีค่าใกล้เคียงตามที่เราต้องการมากที่สุด เนื่องจากว่าอัตราการไหลจะมีผลอย่างมากต่อผลผลิตและตัวแปรอื่น ๆ สำหรับเครื่องกลั่นน้ำแบบทั่วไปเตรียมค่าเริ่มต้นโดยการปล่อยน้ำเข้าเครื่องกลั่นให้ได้ระดับน้ำ 2 เซนติเมตร ซึ่งเป็นค่าความลึกของน้ำที่ทำให้ได้ผลผลิตดีที่สุด [14] และไม่มีการเติมน้ำในช่วงเวลาการทดลอง แผ่นดูดซับความร้อนที่อยู่ภายในเครื่องกลั่นจะไม่มีแผ่นเส้นใยปิดทับเหมือนเครื่องกลั่นน้ำแบบใช้ระบบน้ำหยด

การติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ รวมทั้งการเตรียมการอื่น ๆ จะต้องทำให้เสร็จก่อนวันทดลองจริง 1 วัน เนื่องจากจะต้องมีการบันทึกผลตั้งแต่เวลา 06.00 น. เป็นต้นไป หลังจากติดตั้งเสร็จแล้วทำการทดสอบจริงในเช้าของวันถัดไป รายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 3



(ข)

(ก)

รูปที่ 3 (ก) แสดงตำแหน่งการจัดวางเครื่องกลั่นน้ำทั้ง 5 เครื่อง (ข) การทำงานของเครื่องกลั่นน้ำขณะทำการสดสอบ

2.3 ขั้นตอนการทดลอง

การทดลองแบ่งออกเป็น 3 กรณี คือ

1) การทดทองเพื่อหาค่ามุมเอียงของถาดน้ำโดยทดสอบจากค่ามุม 4 ค่า คือ 1° 3° 5° และ 7° กำหนดอัตราการไหลคงที่เท่ากับ 0.25 ลิตรต่อชั่วโมง และใช้ผ้าฝ้ายดิบเป็นแผ่นเส้นใย ทำการสด

สอบในช่วงวันที่ 9 สิงหาคม 2556 และวันที่ 10 สิงหาคม 2556

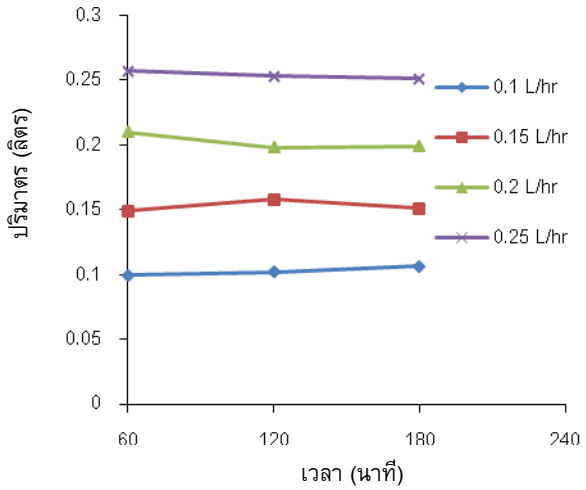
2) การทดลองเพื่อหาค่าอัตราการไหลที่เหมาะสมโดยทำการทดสอบที่อัตราการไหลเท่ากับ 0.1 0.15 และ 0.2 ลิตรต่อชั่วโมง ใช้ค่ามุมเอียงที่ได้จากการทดลองในกรณีที่ 1 และใช้ผ้าฝ้ายดิบเป็นแผ่นเส้นใย ทำการสดสอบในช่วงวันที่ 5 พฤศจิกายน 2556 ถึง วันที่ 6 พฤศจิกายน 2556

3) การทดลองเพื่อหาชนิดของแผ่นเส้นใยที่เหมาะสม จำนวน 4 ชนิด คือ ผ้าฝ้ายดิบ ผ้าซับใน ผ้าโซลอน และผ้ายืด ผ้าแต่ละชนิดมี 4 สี คือ สีดำ สีขาว สีแดง และสีน้ำเงิน โดยใช้ค่ามุมเอียงที่ได้จากการทดลองในกรณีที่ 1 และค่าอัตราการไหลที่ได้จากการทดลองในกรณีที่ 2 ทำการสดสอบในช่วงวันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2557 ถึง วันที่ 12 มีนาคม 2557

การทดลองในแต่ละกรณีจะทำซ้ำสองครั้งแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย และทำการวัดความเข้มแสงแดดด้วย Solar Meter และเก็บผลผลิตแล้วนำไปชั่งด้วยเครื่องชั่วดิจิตอลทศนิยม 4 ตำแหน่ง โดยเริ่มวัดและเก็บข้อมูลตั้งแต่เวลา 06.00 น. ถึง 18.00 น. และบันทึกค่าทุก ๆ 1 ชั่วโมง

3. ผลการทดลองและการอภิปราย

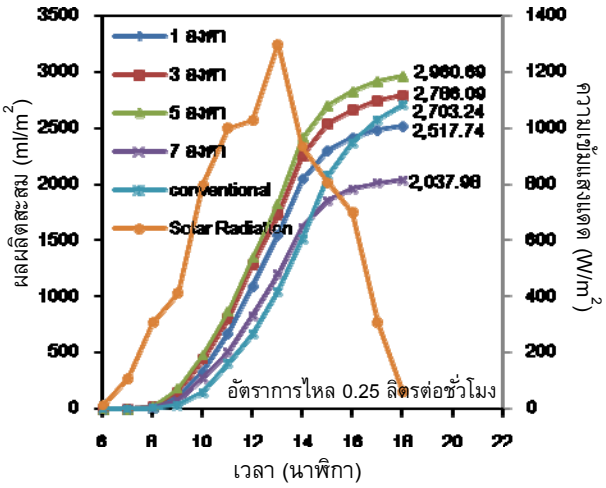
การเปรียบวัดอัตราการไหลของน้ำหยดในแต่ละค่า คือ 0.1 0.15 0.2 และ 0.25 ลิตรต่อชั่วโมง ซึ่งจะต้องทำก่อนการเริ่มทดลองในแต่ละครั้ง จากรูปที่ 4 พบว่าค่าอัตราการไหลทั้ง 4 มีค่าไม่คงที่ในแต่ละช่วงเวลา โดยมีการแกว่งตัวเล็กน้อยเนื่องจากความผิดพลาดที่เกิดจากการเก็บข้อมูลและการระเหยตัวของน้ำที่ไม่เท่ากันในแต่ละช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ แต่ก็ถือว่าอยู่ในย่านที่เรายอมรับได้และสามารถใช้สำหรับการทดสอบเครื่องกลั่นน้ำในแต่ละกรณีต่อไปได้



รูปที่ 4 แสดงการเปรียบวัดอัตราการไหลของน้ำหยดที่อัตราการไหลต่าง ๆ

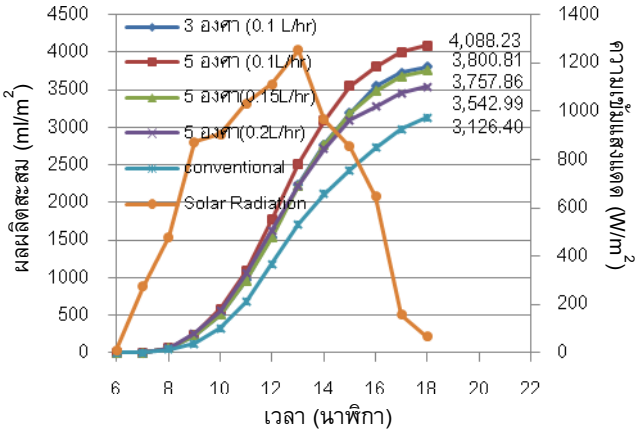
รูปที่ 5 เป็นผลการทดลองในกรณีที่ 1 เพื่อหาค่ามุมเอียงของถาดที่เหมาะสมที่สุด พบว่าเมื่อมุมเอียงของถาดเพิ่มขึ้นผลผลิตมีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย และมีค่าผลผลิตสูงสุดที่มุมเอียงเท่ากับ 5° ส่วนค่ามุม 7° จะให้ค่าผลผลิตน้อยที่สุด ซึ่งเป็นมุมที่มากเกินไปสำหรับอัตราการไหลที่ 0.25 ลิตรต่อชั่วโมง จึงทำให้น้ำไหลผ่านผ้าเส้นใยไปอย่างรวดเร็วเนื่องจากมีความชันมากกว่ามุมอื่น ๆ ทำให้การกระจายตัวของน้ำในแนวนอนออกไปสู่แผ่นดูดซับความร้อนทำได้ไม่ดีเท่ากับค่ามุมที่น้อยกว่า พิจารณาผลผลิตสะสมระหว่างเครื่องกลั่นน้ำแบบทั่วไปและแบบพื้นเอียงโดยใช้ระบบน้ำหยดบนแผ่นเส้นใย พบว่าเครื่องกลั่นน้ำแบบพื้นเอียงจะมีอัตราการให้ผลผลิตที่สูงกว่าโดยเฉพาะในช่วงเวลาตั้งแต่ 06.00 น. ถึง เวลาประมาณ 14.00 น. แต่หลังจากเวลา 14.00 น. เป็นต้นไปค่าผลผลิตมีแนวโน้มที่ตรงกันข้ามกันใน

ช่วงเวลาแรก โดยสังเกตจากความชันของกราฟผลผลิตสะสมของเครื่องกลั่นแบบพื้นเอียงที่มีค่ามากกว่าในช่วงแรก (ก่อน 14.00 น.) และมีค่าน้อยกว่าในช่วงเวลาหลัง (หลัง 14.00 น.) เพราะว่าเครื่องกลั่นน้ำแบบทั่วไปมีปริมาณน้ำขังอยู่บริเวณด้านล่างของอ่างมากกว่าแบบพื้นเอียง ดังนั้นการระเหยตัวของน้ำของเครื่องกลั่นแบบทั่วไปจึงช้ากว่าเครื่องกลั่นน้ำแบบพื้นเอียง แต่ในช่วงเวลาหลังจาก 14.00 น. การเก็บสะสมพลังงานความร้อนของเครื่องกลั่นน้ำแบบทั่วไปจะมีมากกว่าแบบพื้นเอียงทำให้ช่วงเวลาดังกล่าวผลผลิตของเครื่องกลั่นน้ำแบบทั่วไปสูงกว่าแบบพื้นเอียงอย่างเห็นได้อย่างชัดเจน



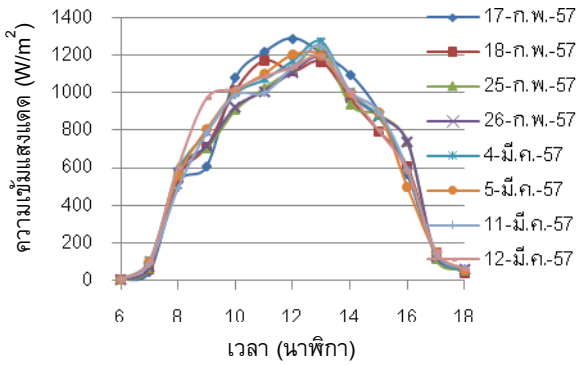
รูปที่ 5 แสดงผลผลิตสะสมที่มุมถาดเอียงต่าง ๆ และทดสอบที่อัตราการไหล 0.25 ลิตรต่อชั่วโมงเทียบกับผลผลิตสะสมของเครื่องกลั่นน้ำแบบทั่วไป

รูปที่ 6 เป็นผลการทดลองในกรณีที่ 2 เพื่อหาค่าอัตราการไหลที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้ค่ามุมเอียงของถาดจากการทดลองในกรณีที่ 1 แต่เนื่องจากค่าผลผลิตในกรณีที่ 1 ระหว่างค่ามุม 3° และ 5° มีค่าที่ใกล้เคียงกันมาก ผู้วิจัยจึงทำการทดสอบที่มุม 3° ในกรณีที่ 2 ด้วยเพื่อเป็นการยืนยันและเปรียบเทียบระหว่าง มุม 3° และ 5° อีกครั้งหนึ่ง จากผลการทดลองพบว่าอัตราการไหลที่ลดลงจะทำให้ค่าผลผลิตของเครื่องกลั่นน้ำแบบพื้นเอียงมีค่าเพิ่มขึ้น โดยที่อัตราการไหลเท่ากับ 0.1 ลิตรต่อชั่วโมง ที่มุมเอียงของถาด 5° ให้ผลผลิตสูงสุดอยู่ที่ 4.08 ลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน ส่วนอัตราการไหลที่ 0.1 ลิตรต่อชั่วโมงที่มุมเอียงของถาด 3° ให้ให้ผลผลิตเท่ากับ 3.80 ลิตรต่อชั่วโมง ซึ่งน้อยกว่ามุม 5° ดังนั้นเราจึงสามารถสรุปได้ว่ามุมเอียงที่เหมาะสมที่สุดคือ 5° ส่วนที่อัตราการไหล 0.15 และ 0.2 ลิตรต่อชั่วโมงที่มุม 5° ให้ผลผลิตที่ต่ำกว่าที่อัตราการไหล 0.1 ลิตรต่อชั่วโมงที่มุมเอียงเท่ากัน ดังนั้นเราสามารถสรุปได้ว่าอัตราการไหลที่เหมาะสมที่สุดคือ 0.1 ลิตรต่อชั่วโมง

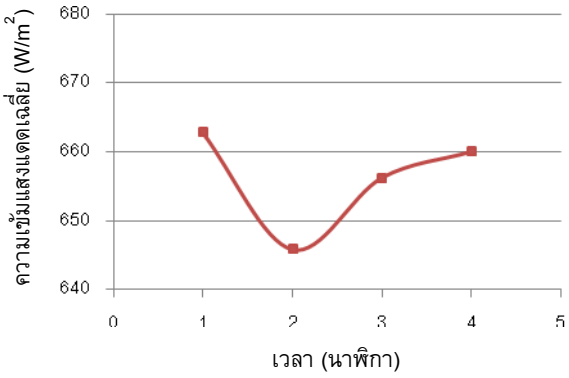


รูปที่ 6 แสดงผลผลิตสะสมที่มุมถาดเอียง 3° และ 5° ทดสอบที่อัตราการไหล 0.1 0.15 และ 0.2 ลิตรต่อชั่วโมง เทียบกับผลผลิตสะสมของเครื่องกลั่นน้ำแบบทั่วไป

รูปที่ 7 เป็นการแสดงค่าความเข้มแสงแดดของแต่ละวันในการทดลองกรณีที่ 3 พบว่าค่าความเข้มแสงแดดทั้ง 8 วัน มีค่าอยู่ในย่านที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงรอยต่อระหว่างฤดูหนาวเข้าสู่ฤดูร้อนทำให้ท้องฟ้าเปิดมีเมฆน้อยและไม่มีฝนตก ดังนั้นเราจึงสามารถอนุมานได้ว่าการทดสอบเพื่อหาชนิดของผ้าที่เหมาะสมกระทำการทดลองภายใต้ค่าความเข้มแสงเดียวกัน โดยสามารถหาค่าเฉลี่ยด้วยการจับคู่ของวันที่ทำการทดลองทั้ง 8 ได้ทั้งหมด 4 คู่ ดังแสดงในรูปที่ 8

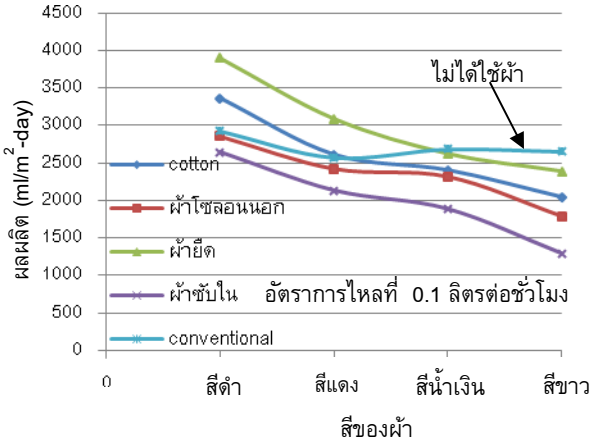


รูปที่ 7 แสดงความเข้มแสงแดดของแต่ละวันของการทดลองกรณีที่ 3



รูปที่ 8 แสดงความเข้มแสงแดดเฉลี่ยสำหรับการทดสอบในกรณีที่ 3

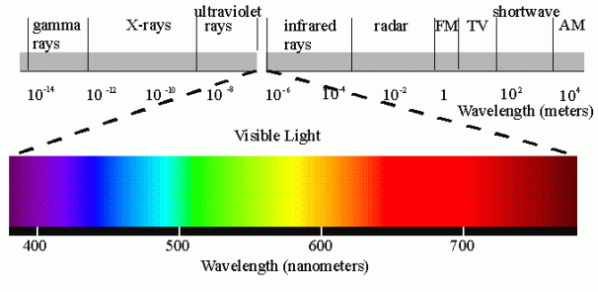
รูปที่ 9 แสดงค่าผลผลิตเฉลี่ยของเครื่องกลั่นน้ำเมื่อชนิดของผ้าและสีที่แตกต่างกัน จากผลการทดลองพบว่าชนิดของผ้าและสีที่แตกต่างกันมีผลทำให้ค่าผลผลิตของเครื่องกลั่นน้ำแตกต่างกันไปด้วย ซึ่งพบว่าผ้ายืดสีดำจะให้ค่าผลผลิตที่สูงที่สุด เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างเครื่องกลั่นน้ำแบบทั่วไปและแบบพื้นเอียงในกรณีที่เปลี่ยนชนิดของผ้าและสี พบว่าผ้าสีดำและสีแดงของผ้าฝ้ายและฝ้ายยืดจะให้ค่าผลผลิตที่สูงกว่าเครื่องกลั่นน้ำแบบทั่วไป ส่วนผ้าโซล่อนนอกและผ้าซับในจะให้ค่าผลผลิตที่ต่ำกว่าเครื่องกลั่นน้ำแบบทั่วไป ค่าผลผลิตที่เปลี่ยนไปเมื่อเปลี่ยนชนิดของผ้าและสีเป็นผลมาจากสองปัจจัยก็คือ คุณสมบัติของเส้นใยและความสามารถในการดูดกลืนพลังงานแสงแดดที่แตกต่างกัน สำหรับผ้าฝ้ายเป็นเส้นใยธรรมชาติที่มีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำและระบายความชื้นได้ดีมาก จึงทำให้สามารถช่วยกระจายน้ำและทำให้น้ำระเหยตัวได้ดีด้วย ส่วนผ้ายืดนั้นเป็นเส้นใยสังเคราะห์ผสมกับผ้าฝ้ายซึ่งเป็นเส้นใยธรรมชาติจึงมีคุณสมบัติที่สามารถดูดซับน้ำได้ดีพอประมาณและระบายความชื้นได้ดีกว่าผ้าฝ้าย เนื่องจากเส้นใยสังเคราะห์จะมีคุณสมบัติที่ไม่ดูดซับน้ำจึงช่วยลดแรงตึงผิวของน้ำได้เป็นผลให้น้ำระเหยได้ดีขึ้น



รูปที่ 9 แสดงผลผลิตระหว่างเครื่องกลั่นน้ำแบบทั่วไปกับแบบพื้นเอียงเมื่อชนิดของผ้าและสีเปลี่ยนไป

ปัจจัยข้อที่ 2 คือ ความสามารถในการดูดกลืนพลังงานจากแสงแดดของสีที่แตกต่างกัน จากรูปที่ 10 เป็นการแสดงสเปคตรัมพลังงานของแสงขาว (Visible Light) ในช่วงคลื่นต่าง ๆ จะเห็นได้ว่าแสงสีน้ำเงินจะมีความยาวคลื่นที่สั้นกว่าแสงสีแดงหรือกล่าวได้ว่าแสงสีน้ำเงินจะมีพลังงานสูงกว่าแสงสีแดงนั้นเอง และจากหลักการสะท้อนและดูดกลืนสีของวัตถุจะพบว่าวัตถุจะดูดกลืนสีที่ไม่ใช่สีของตัวเอง เช่น วัตถุสีน้ำเงินจะสะท้อนสีน้ำเงินออกมาและดูดกลืนสีอื่น ๆ เก็บไว้ภายในตัวเอง ด้วยเหตุผลนี้จึงอธิบายได้ว่าผ้าสีแดงจะดูดกลืนแสงสีอื่น ๆ ที่ไม่ใช่สีแดงเอาไว้ซึ่งเป็น

ช่วงความยาวคลื่นที่สั้นกว่าสีแดง ส่วนผ้าสีน้ำเงินก็จะสะท้อนสีน้ำเงินออกมาและดูดกลืนแสงสีอื่น ๆ เอาไว้ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ผ้าสีแดงมีพลังงานสะสมที่มากกว่าสีน้ำเงินเนื่องจากผ้าสีแดงดูดกลืนสีที่มีความยาวคลื่นสั้นกว่าสีแดง ดังนั้นจึงทำให้ผ้าสีแดงร้อนเร็วกว่าผ้าสีน้ำเงิน ส่งผลให้เครื่องกลั่นน้ำที่ใช้ผ้าแดงมีผลผลิตที่สูงกว่าใช้ผ้าสีน้ำเงิน ส่วนผ้าสีดำจะสามารถดูดกลืนทุกสีทำให้สะสมพลังงานได้ดีกว่าทุก ๆ สี ซึ่งตรงกันข้ามกับผ้าสีขาวที่จะสะท้อนสีทุกสีออกจากตัวเองทำให้ผ้าสีขาวสะสมพลังงานได้น้อยกว่าผ้าสีอื่น ๆ และเป็นผลให้เครื่องกลั่นน้ำที่ใช้ผ้าสีขาวมีผลผลิตน้อยกว่าเครื่องกลั่นน้ำที่ใช้ผ้าสีอื่น



รูปที่ 10 แสดงสเปรคตรัมของแสงขาวในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ [15]

4. สรุปผลการทดลอง

การทดลองนี้เป็นการใช้เทคนิควิธีการเพื่อเพิ่มผลผลิตของเครื่องกลั่นน้ำโดยการทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดสำหรับเครื่องกลั่นน้ำแบบบพื้นเอียงโดยใช้ระบบน้ำหยดบนแผ่นเส้นใย ซึ่งเราพบว่าเทคนิคดังกล่าวสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตได้ประมาณร้อยละ 20-25 เมื่อเทียบกับเครื่องกลั่นน้ำแบบทั่วไป และสามารถให้มีผลผลิตสูงสุดประมาณ 4.1 ลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน และมุมเอียงของถาดน้ำเท่ากับ 5 องศา อัตราการไหลของน้ำหยดเท่ากับ 0.1 ลิตรต่อชั่วโมง และผ้ายึดสีดำ เป็นค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือวัดและฝ่ายอาคารสถานที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานให้ความอนุเคราะห์สถานที่เพื่อใช้ในการทดสอบเครื่องกลั่นน้ำพลังแดดและอำนวยความสะดวกอื่น ๆ

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Sampathkumar, K., and Senthilkumar. (2012). Utilization of solar water heater in a single basin solar still-An experimental study, ***Desalination***, Vol.297, April 2012, pp. 8-19.

[2] Fatemeh, B.Z., et al. (2012). Theoretical and experimental study of cascade solar stills, ***Solar Energy***, Vol.90, December 2012, pp.205-211.

[3] Tanaka, H. (2009). Effect of inclination of external reflector of basin type still in summer, ***Desalination***, Vol.242, Aril 2008, pp.205-214.

[4] Tanaka, H., Nakatake, Y. (2009). Increase in distillate productivity by inclining the flat plate external reflector of a tiled-wick solar still in winter, ***Solar Energy***, Vol.83, December 2008, pp.785-789.

[5] Khalifa, A.J.N., and Ibrahim, H.A. (2009). Effect of inclination of the external reflector on the performance of a basin type solar still at various seasons, ***Energy for Sustainable Development***, Vol.13, September 2009, pp.244-249.

[6] Abdullah, A.S. (2013). Improving the performance of stepped solar still, ***Desalination***, Vol.319, April 2013, pp.60-65.

[7] Omara, Z.M., Kabeel, A.E., and Younes, M.M. (2014). Enhancing the stepped solar still performance using internal and external reflectors,

Energy Conversion and Management, Vol.78, October 2013, pp.876-881.

[8] El-Samadony, Y.A.F., and Kabeel, A.E. (2014). Theoretical estimation of the optimum glass cover water film cooling parameters combinations of a stepped solar still, ***Energy***, Vol.-, January 2014, pp.1-7.

[9] Muftah, A.F., et al. (2014). Factors affecting basin solar still productivity: A detailed review, *Renewable and Sustainable* ***Energy Reviews***, Vol.32, December 2013, pp.430-447.

[10] Kalogirou, S. (2009). ***Solar energy engineering: processes and systems.*** ISBN: 978-0-12-374501-9, Academic press is an imprint of Elsevier.

[11] Murugavel, K.K., et al. (2013). Progresses in inclined type solar stills, ***Renewable and Sustainable Energy Reviews***, Vol.20, October 2012, pp.364-377.

[12] Taamneh, Y., and Taamneh, M.M. (2012). Performance of pyramid–shaped solar still: Experimental study, ***Desalination***, Vol.291, January 2012, pp.65-68.

[13] กรมอุตุนิยมวิทยา (2557). *ความรู้อุตุนิยมวิทยา/ฤดูกาล*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=23, เข้าดูเมื่อวันที่ 30/05/2557.

[14] Nafey. A.S., et al. (2000). Parameters affecting solar still productivity, ***Energy Conversgion & Management***, Vol.41, December 1999, pp.1797-1809.

[15] ไทยกู๊ดวิวดอทคอม (2547-2557). *การสะท้อนของแสง*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://thaigoodview.com/node/75491, เข้าดูเมื่อวันที่ 30/05/2557