อัตราการไหลที่มีผลต่อประสิทธิภาพเครื่องกลั่นน้ำพลังแสงแดดแบบไหลต่อเนื่องฟิล์มบาง

Flow Rates Affecting on Efficiency of Solar Still using Thin Continuous Water Film

บรรณชา ขันเขียว และ ทวิช จิตรสมบูรณ์*
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000 โทร 0-4422-4410 โทรสาร 0-4422-4411
E-mail: khun39@hotmail.com,tabon@sut.ac.th

Buncha Khunkhieo and Tawit Chitsomboon*
School of Mechanical Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology
Muang District, Nakorn Ratchasima 30000 Thailand Tel: 0-4422-4410 Fax: 0-4422-4411
E-mail: khun39@hotmail.com,tabon@sut.ac.th

บทคัดย่อ

เครื่องกลั่นน้ำพลังแสงแดดแบบไหลต่อเนื่องฟิล์มบางเป็นเครื่องกลั่นน้ำที่มีแตกต่างจากเครื่องกลั่นน้ำทั่วไปกล่าวคือ ด้านบนของหลังคากระจกมีการปล่อยน้ำให้ไหลเป็นฟิล์มบางอย่างต่อเนื่อง น้ำที่ปล่อยลงมาตามกระจกเอียงจะทำให้อุณหภูมิของกระจกลดต่ำกว่าปกติ ส่งผลให้ไอน้ำในห้องกลั่นควบแน่นเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลผลิตและประสิทธิภาพมากกว่าปกติด้วย งานวิจัยนี้ทดลองหาผลกระทบของอัตราการไหลของน้ำต่อเครื่องกลั่นน้ำแบบ 1 ชั้น ที่มุมหลังคาคงที่เท่ากับ 10 องศา เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ในการสร้างเครื่องกลั่นแบบ 2 ชั้นและ 3 ชั้น ต่อไป โดยจะเปลี่ยนค่าอัตราการไหลของน้ำในช่วง 1 ลิตรต่อชั่วโมง ถึง 5 ลิตรต่อชั่วโมง จากผลการทดลองพบว่าอัตราไหลที่ 2 ลิตรต่อชั่วโมง ให้ผลผลิตรวมและประสิทธิภาพเฉลี่ยของเครื่องกลั่นน้ำสูงที่สุดเท่ากับ 2.42 ลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน และร้อยละ 41.47 ตามลำดับ

คำสำคัญ: เครื่องกลั่นน้ำพลังแสงแดดแบบฟิล์มบาง; เครื่องกลั่นน้ำพลังแสงแดด ; การกลั่นน้ำด้วยแสงแดด

Abstract

This article presents the solar still using continuous flow of water film are difference from to another general conventional used, namely will be release water is flow continuously with a thin film on the top glass cover. This helps reducing the glass temperature and, consequently, increasing the rate of water condensation in the condensing chamber. Accordingly the productivity and efficiency of the system should be increased. The objective of this study was to investigate experimentally the optimum flow rate to supply the water film. The experimental setup is a solar still with 1 stage of water film on the 10 degree slant glass cover. The flow rate was varied from 1 to 5 l/hr with 1 l/hr step. It was found that the optimum mass flow rate is at 2 l/hr which provides the maximum a total productivity and average efficiency is 2.42 l/m^2/day and 41.47 % respectively. This finding will serve to set up test cases for this type of solar still with 2 stages and 3 stages of water film.

Keyword: solar still using film flow; Solar distillation; solar stills; solar energy

1. บทนำ

เครื่องกลั่นน้ำพลังแสงแดดเป็นเครื่องมือที่เปลี่ยนน้ำเค็มหรือน้ำกร่อยให้เป็นน้ำจืดโดยไม่ต้องใช้พลังงานอื่นนอกจากพลังงานจากแสงแดด โดยเครื่องมือชนิดนี้จะมีประโยชน์มากในพื้นที่ห่างไกลและแห้งแล้งหรือบริเวณที่เป็นเกาะหรือติดทะเล บริเวณพื้นที่ที่มีน้ำใต้ดินเป็นน้ำกร่อย

ได้มีการพัฒนาเครื่องกลั่นมาอย่างต่อเนื่องจากสมัยกรีกโบราณเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาและสร้างโรงกลั่นขนาดใหญ่ (Solar distillation plant) หลายแห่งโดยระหว่างปี 1957 และ 1970 ได้มีการสร้างโรงกลั่นน้ำขนาดใหญ่ขึ้น 4 โรงที่ประเทศกรีก [2] มีกำลังการผลิตอยู่ในช่วง 2,044 ถึง 8,640 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน หลังจากนั้นก็มีการสร้างโรงกลั่นที่ประเทศต่าง ๆ อีกมากมาย

ต่อมาได้มีการสร้างเครื่องกลั่นน้ำด้วยพลังแสงแดดแบบขนาดเล็กขึ้น เพื่อให้สะดวกต่อการใช้งานในพื้นที่ที่อยู่ห่างไกล เช่น ชนบท ทะเลทราย ฯลฯ จึงได้มีการศึกษาวิจัยเครื่องกลั่นน้ำขนาดเล็กกันอย่างกว้างขวางเพื่อสร้างเครื่องกลั่นน้ำพลังแสงแดดให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยพิจารณาตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่ออัตราการกลั่นน้ำและประสิทธิภาพของเครื่องกลั่น

Hassan E.S. Fath (1996) [4] ได้สร้างเครื่องกลั่นน้ำด้วยแสงแดดที่มีประสิทธิภาพสูงและสามารถกลั่นน้ำได้ถึง 10.7 kg/m^2.d โดยทำเป็นรูปกระโจมแบบมีการกลั่นสองต่อ (double effect) ซึ่งการทำเป็นแบบกลั่นสองต่อนี้แม้ประสิทธิภาพจะดีขึ้นมากแต่เป็นการเพิ่มความ

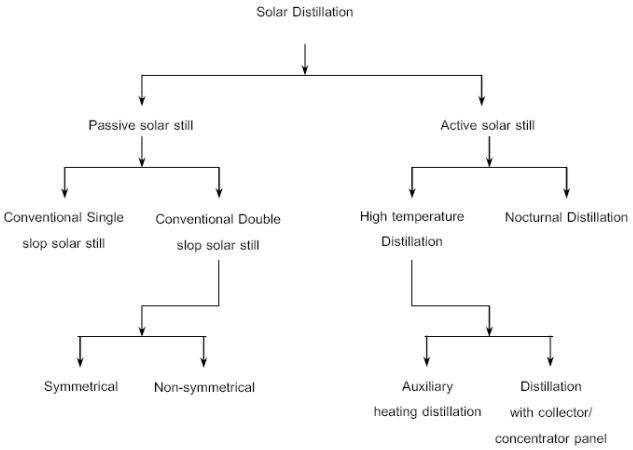
ยุ่งยากและเพิ่มต้นทุนด้วย ปี ค.ศ. 1999, M.A. Hamdan, A.M. Musa, B.A. Jubran [5] ได้สร้างเครื่องกลั่นน้ำและศึกษาผลของจำนวนชั้นของอ่างรับน้ำด้านล่าง โดยที่เครื่องกลั่นน้ำแบบอ่าง 3 ชั้น จะมีประสิทธิภาพ 24% และสามารถกลั่นน้ำได้สูงสุด 4.896 กิโลกรัม/ตารางเมตร/วัน [5] ปี ค.ศ. 2005 Hikmet Ş.Aybar, Fuat Egelioğlu, U. Atikol [6] ได้สร้างเครื่องกลั่นน้ำและศึกษาผลของพื้นเอียงและแผ่นดูดซับแสงแดดโดยใช้ขนแกะปูรองพื้นเพื่อทำให้เกิดการกระจายตัวของน้ำอย่างสม่ำเสมอ ผลปรากฏว่าแผ่นดูดซับแสงแดดที่ใช้ขนแกะรองจะสามารถกลั่นน้ำได้มากกว่าแผ่นที่เปลือยเปล่า 2-3 เท่า ซึ่งเครื่องกลั่นน้ำนี้สามารถกลั่นน้ำได้ 11.195 ลิตร/ตารางเมตร/วัน ผลของความสูงของระดับน้ำในอ่างต่อปริมาณการได้น้ำกลั่นได้รับการศึกษาใน [1] พบว่าปริมาณน้ำกลั่นที่ได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วถ้าน้ำตื้นลง แต่ต้องมีการป้องกันด้วยฉนวนเป็นอย่างดีควบคู่กันไปด้วย

ในส่วนของประเทศไทยนั้นจะพบการสร้างเครื่องกลั่นเป็นแบบขนาดเล็กเสียเป็นส่วนใหญ่ โดยมีการศึกษาวิจัยและสร้างเครื่องกลั่นพลังงานแสงแดดขึ้นในปี พ.ศ. 2519 และประสบความสำเร็จในปี พ.ศ. 2523 โดยกองฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์และบริการ [7] เรียกว่า เครื่องกลั่นน้ำด้วยแสงแดดแบบกรมวิทยาศาสตร์แบบ 1 สามารถกลั่นน้ำได้ 2.8 ลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน ต่อมาในปี พ.ศ. 2530 กองฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์และบริการ ได้พัฒนาเครื่องกลั่นน้ำด้วยพลังงานแสงแดดแบบกรมวิทยาศาสตร์แบบ 2 ขึ้น สามารถกลั่นน้ำได้ 3.6 ลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเครื่องกลั่นน้ำแบบ 1 ประมาณร้อยละ 28 ซึ่งในแบบที่ 2 นี้ชี้ให้เห็นว่าปริมาณน้ำดิบ (ระดับน้ำ) ในเครื่องกลั่นน้ำมีผลต่อประสิทธิภาพในการกลั่นน้ำมากกว่าตัวแปรอื่น ๆ พูนศักดิ์ อินทวี และคณะ [8] ได้สร้างเครื่องกลั่นน้ำโดยใช้กระจกทึบแสงเป็นตัวดูดซับพลังงานแสงแดด สามารถกลั่นน้ำได้ เฉลี่ย 4.3 ลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน ประสิทธิภาพเฉลี่ยรายวันเท่ากับ 37 % ปี พ.ศ. 2548 อภิชาติ บุญล้อม และ ชังเซ็ง เลียงจินดาถาวร [9] ได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ของระดับความสูงของน้ำในอ่างกับประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นน้ำแบบอ่าง พบว่าที่ระดับความสูงของน้ำที่ 2.5 เซนติเมตร เครื่องกลั่นจะมีประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 28.9% และกลั่นน้ำได้สูงสุดประมาณ 2.6 ลิตรต่อวัน จะเห็นได้ว่าที่ผ่านมานั้นเครื่องกลั่นน้ำที่ได้ทดลองสร้างขึ้นมาในประเทศไทยนั้นโดยส่วนใหญ่แล้วประสิทธิภาพยังไม่สูงมากนัก โดยทั่วไปแล้วจะกลั่นน้ำได้ไม่เกิน 5 ลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน

จากการวิจัยที่ผ่านมามีการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพและอัตราการกลั่นน้ำหลายตัวแปร ระดับน้ำในอ่างเป็นตัวแปรที่สำคัญมากตัวหนึ่ง พบว่าที่ระดับน้ำยิ่งต่ำมากอัตราการกลั่นน้ำก็จะยิ่งมากตามไปด้วย จึงได้เกิดแนวคิดว่าถ้าสามารถทำให้น้ำไหลเป็นฟิล์มบางได้ ก็จะเสมือนกับว่าเกิดระดับน้ำในอ่างต่ำที่สุด อีกทั้งหากปล่อยให้น้ำไหลกระจายอย่างสม่ำเสมอแบบเป็นฟิล์มบางผ่านกระจกเอียงตั้งแต่หลังคาลงมา โดยผ่านแผ่นกระจกเอียงหลายชั้นก็น่าจะเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับพลังงานแสงแดดได้อีกด้วย ด้วยหลักการดังกล่าวคาดว่าจะทำให้อัตราการกลั่นน้ำเพิ่มขึ้นได้มาก ในการทดลองนี้จะทำการศึกษาเครื่องกลั่นน้ำพลังแสงแดดแบบไหลต่อเนื่องฟิล์มบางแบบ 1 ชั้น ที่มุมเอียงกระจกหลังคา 10 องศา เพื่อหาค่าอัตราการไหลที่เหมาะสมที่ทำให้ผลผลิตรวมและประสิทธิภาพเฉลี่ยของเครื่องกลั่นสูงที่สุด โดยจะนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปสร้างเครื่องต้นแบบของเครื่องกลั่นน้ำแบบไหลต่อเนื่องฟิล์มบางแบบ 2 และ 3 ชั้นต่อไป

2. ชนิดของเครื่องกลั่นน้ำพลังแสงแดด

เครื่องกลั่นน้ำที่มีการศึกษาและใช้งานกันอยู่โดยทั่วไปนั้นสามารถจำแนกออกเป็นได้ 2 จำพวกดังรูปที่ 1 [3] แบบแรกเรียกว่าแบบ Passive solar still มีลักษณะการทำงานโดยไม่ต้องมีอุปกรณ์ช่วย เช่น ปั๊มน้ำ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ฯลฯ สามารถแบ่งออกได้อีกสองประเภท คือ แบบกระจกเอียงด้านเดียวและแบบกระจกเอียงสองด้าน แบบกระจกเอียงสองด้านยังแบ่งได้อีกเป็นแบบสมมาตรและไม่สมมาตร ซึ่งในศึกษาเครื่องกลั่นน้ำพลังแสงแดดแบบไหลต่อเนื่องฟิล์มบางจะจัดอยู่ในกลุ่ม Passive solar still และเป็นแบบกระจกเอียงด้านเดียว



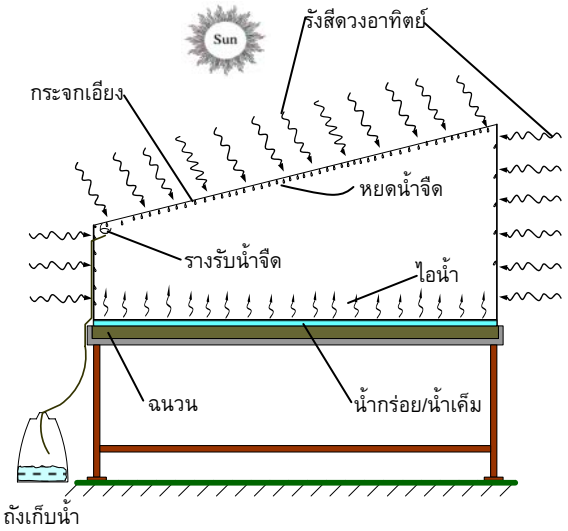
รูปที่ 1 แสดงการจำแนกเครื่องกลั่นน้ำพลังแสงแดดที่ใช้กันโดยทั่วไป

ส่วนแบบที่สองนั้นจะเป็นแบบ Active solar still ลักษณะการทำงานของเครื่องกลั่นจะต้องมีอุปกรณ์เสริมในการทำงานเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ และช่วยให้เครื่องทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ได้ เช่น ปั๊มน้ำ ในแบบที่สองนี้จะมีประสิทธิภาพดีกว่าแบบแรกเนื่องจากมีอุปกรณ์เสริม แต่อย่างไรก็ตามถึงแม้จะมีประสิทธิภาพดีกว่าแต่ก็ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มในการติดตั้งอุปกรณ์เสริมและต้องมีแหล่งพลังงานอื่นเพื่อป้อนให้กับอุปกรณ์เสริมเหล่านั้นด้วย ดังนั้นเครื่องกลั่นน้ำแบบที่สองนี้จึงไม่เหมาะที่จะนำไปติดตั้งในพื้นที่ห่างไกล

3. หลักการของเครื่องกลั่นน้ำด้วยพลังแสงแดดอย่างง่าย

โดยทั่วไปเครื่องกลั่นน้ำด้วยพลังแสงแดดอย่างง่ายจะประกอบด้วยถาดใส่น้ำดิบอยู่ข้างล่างซึ่งทำด้วยแผ่นโลหะบางพับขึ้นรูปเป็นถาด โดยส่วนใหญ่จะใช้อลูมิเนียมเพราะไม่เป็นสนิม ตรงบริเวณพื้นล่างจะมีวัสดุดำอาจจะเป็นแกลบเผาหรือผงถ่านกัมมันต์ (Activated charcoal) หรือทาสีดำด้าน เพื่อทำหน้าที่ดูดซับพลังงานความร้อนซึ่งจะทำให้น้ำในถาดมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นและระเหยตัวได้เร็วขึ้น ในชั้นล่างสุดจะเป็นฉนวนกันความร้อนเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนจากวัสดุดำที่เก็บ

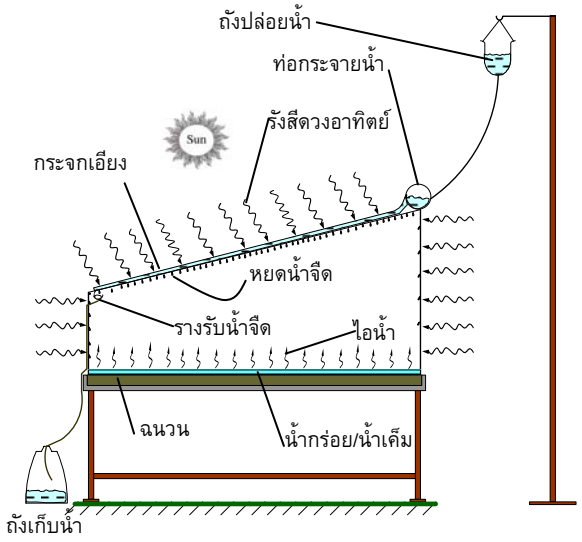
สะสมความร้อนไว้ไม่ให้สูญเสียไปด้านนอกของเครื่องกลั่น ผนังด้านข้างทั้ง 4 จะทำด้วยกระจกใสยึดกันด้วยซิลิโคนหรือทำด้วยฉนวนความร้อนเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนภายในห้องกลั่น ในรูปที่ 2 จะเป็นแบบกระจกใสทั้งสี่ด้านซึ่งแสงแดดสามารถส่องผ่านไปยังน้ำในอ่างได้ทั้งสี่ด้าน ส่วนด้านบนเป็นหลังคาทำด้วยวัสดุที่โปร่งแสง เช่น กระจก แผ่นพลาสติกอะคลิลิค เพื่อให้แสงแดดส่องผ่านทะลุไปยังวัสดุดำและน้ำที่อ่างด้านล่างได้ โดยทำมุมเอียงกับแนวระดับประมาณ 10-20 องศา [6] ขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศและตำแหน่งที่ตั้งของประเทศนั้น ๆ ด้วย ที่ขอบด้านล่างของหลังคาจะมีรางรับน้ำที่กลั่นตัวจากผนังด้านล่างของหลังคาเพื่อส่งออกไปเก็บในถังพักต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ภาพแสดงเครื่องกลั่นน้ำพลังแสงแดดอย่างง่าย

3. หลักการทำงานเครื่องกลั่นน้ำแบบไหลต่อเนื่องฟิล์มบาง

เครื่องกลั่นน้ำพลังแสงแดดแบบไหลต่อเนื่องฟิล์มบาง จะมีลักษณะแตกต่างจากจากเครื่องกลั่นน้ำที่พบเห็นโดยทั่วๆ ไป โ ด ย มีหลักการทำงานดังนี้ น้ำดิบ (น้ำกร่อย/น้ำเค็ม) จะถูกป้อนเข้าเครื่องกลั่นจากด้านบนของกระจกหลังคาที่ท่อกระจายน้ำที่วางตัวทอดยาวอยู่ด้านบนสุดของกระจก (ในเครื่องกลั่นน้ำพลังแสงแดดปกติน้ำดิบจะถูกขังอยู่ในอ่างด้านล่าง) หลังจากนั้นน้ำจะถูกทำให้กระจายตัวโดยผ่านรูเล็กที่เจาะไปตามแนวยาวของท่อกระจายน้ำและไหลกระจายตัวลงมาจากด้านบนของกระจกหลังคา เป็นแบบเป็นฟิล์มบางผ่านกระจกเอียงและไหลลงสู่อ่างน้ำด้านล่าง น้ำที่ไหลลงมาตามกระจกหลังคาจะรับพลังงานความร้อนจากแสงแดดที่ตกกระทบกระจกเอียงทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นเป็นการอุ่นน้ำก่อนที่จะไหลสู่อ่างน้ำด้านล่าง ซึ่งจะช่วยในการระเหยตัวของน้ำได้ดียิ่งขึ้น และน้ำที่ไหลลงมาตามกระจกหลังคายังเป็นตัวช่วยทำให้กระจกหลังคามีอุณหภูมิต่ำลง ซึ่งจะทำให้เกิดการควบแน่นในห้องกลั่นเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลผลิตรวมและประสิทธิภาพเฉลี่ยของเครื่องกลั่นน้ำเพิ่มขึ้นด้วย ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 เครื่องกลั่นน้ำพลังแสงแดดแบบไหลต่อเนื่องฟิล์มบางแบบ 1 ชั้น

จากรูปที่ 2 และรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่าข้อแตกต่างของเครื่องกลั่นน้ำทั้งสองแบบมีข้อแตกต่างกันตรงที่เครื่องกลั่นน้ำแบบไหลต่อเนื่องฟิล์มบางจะมีการปล่อยน้ำดิบให้ไหลผ่านกระจกหลังคา ซึ่งในแบบธรรมดาจะไม่มี เทคนิคตรงนี้จะทำให้เครื่องกลั่นน้ำแบบไหลต่อเนื่องฟิล์มบางมีข้อได้เปรียบกว่าแบบธรรมดาดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

4. รายละเอียดของเครื่องกลั่นน้ำและการติดตั้งอุปกรณ์

ในการทดลองนี้จะใช้เครื่องกลั่นน้ำพลังแสงแดดแบบไหลต่อเนื่องฟิล์มบางแบบ 1 ชั้น รายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 3 ประกอบด้วยอุปกรณ์หลักดังนี้ ด้านบนสุดเป็นท่อพีวีซีขนาด 4 หุน เจาะรูขนาด 1 มิลลิเมตร ระยะห่าง 5 มิลลิเมตร ตลอดความยาว ตรงกลางของท่อเจาะรูเพื่อเป็นทางน้ำเข้าจากท่อส่งน้ำจากถังปล่อยน้ำด้านบนและปิดหัวท้ายเพื่อป้องกันน้ำไหลออก ท่อน้ำเข้าเป็นท่อพลาสติกใสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร โดยจะมีวาล์วที่สามารถปรับอัตราการไหลได้ กระจกหลังคาเป็นกระจกโปร่งแสงมีความหนา 3 มิลลิเมตร ทำมุมเอียงกับแนวระนาบ 10 องศา ผนังด้านข้างทั้ง 4 ด้าน เป็นกระจกโปร่งแสงมีความหนา 3 มิลลิเมตร ด้านล่างเป็นอ่างน้ำทำจากสังกะสีหนา 2 มิลลิเมตร ขนาด 50x50x3 เซนติเมตร ทาสีดำด้านเพื่อเป็นตัวเก็บสะสมความร้อน เจาะรูระบายน้ำทิ้งในกรณีที่น้ำเกินระดับที่ตั้งไว้ ในที่นี้จะตั้งที่ดักน้ำไว้ที่ระดับ 2 เซนติเมตร ชั้นล่างสุดเป็นฉนวนกันความร้อนทำจากโฟมและไม้อัดหนา 10 มิลลิเมตร วางสลับกันและเชื่อมประสานด้วยกาวยางน้ำ ส่วนฐานทำด้วยเหล็กฉากขนาด 1x1 นิ้ว หนา 2.5 มิลลิเมตร ฐานล่างมีสกูลปรับระดับที่ขาทั้ง 4 ด้านตัวเครื่องกลั่นประกอบกันด้วยซิลิโคนและกาวตราช้าง

ในการติดตั้งอุปกรณ์จะทำให้เสร็จก่อนวันทดลองจริง 1 วัน โดยจะทำการทดสอบเครื่องกลั่นน้ำแบบไหลต่อเนื่องฟิล์มบางแบบ 1 ชั้น เทียบกับเครื่องกลั่นน้ำอย่างง่าย ซึ่งมีรายละเอียดของโครงสร้างที่เหมือนกันเกือบทุกจุดจะต่างกันตรงที่ไม่มีการปล่อยน้ำจากหลังคาด้านบนในเครื่องกลั่นน้ำอย่างง่าย โดยจะทำความสะอาดทั้งภายนอกและภายในของตัวเครื่องกลั่นทั้งสองเครื่อง เพื่อให้แสงผ่านกระจกได้

อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นการทดสอบการรั่วซึมของอ่างน้ำด้วย หลังจากทำความสะอาดเสร็จแล้ว ทำการติดตั้งเครื่องกลั่นน้ำทั้งสองให้อยู่ในบริเวณและหันหน้าไปในทิศตะวันออกเฉียงใต้เหมือนกัน เนื่องจากเส้นทางเดินของดวงอาทิตย์จะโคจรจากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตกโดยอ้อมทางทิศใต้ ทำให้เครื่องกลั่นน้ำได้รับแสงแดดอย่างเต็มที่ ปรับระดับด้วยลูกน้ำโดยปรับสกูลที่อยู่ด้านล่างของขาตั้งทั้ง 4 ด้าน ให้ได้ระดับและเติมน้ำเข้าไปในอ่างน้ำให้ได้ระดับ 2 เซนติเมตร (เฉพาะเครื่องกลั่นอย่างง่าย) หลังจากติดตั้งเสร็จแล้วทำการทดสอบเครื่องกลั่นน้ำในวันถัดไป คือวันที่ 1 พฤษภาคม 2551 ถึงวันที่ 10 พฤษภาคม 2551 ตั้งแต่เวลา 06.00 น. ไปจนถึงเวลา 18.00 น. โดยทำการทดลองอัตราการไหลละ 2 วัน แล้วนำค่ามาเฉลี่ยกัน ทำการวัดค่าอุณหภูมิ ผลผลิตของเครื่องกลั่นและความเข้มแสงแดด ใช้เครื่องมือวัดความเข้มแสงแดด (Pyranometer) Kipp and Zonen c220 วัดค่าความเข้มแสงแดดในแต่ละช่วงเวลา และใช้ Thermocouple Type K ใช้วัดอุณหภูมิบรรยากาศและอุณหภูมิน้ำในอ่าง ใช้เครื่องชั่งละเอียดในการชั่งน้ำหนักของน้ำที่กลั่นได้ โดยจะเริ่มวัดค่าต่าง ๆ เมื่อเวลา 06.00 น. ถึง 18.00 น. และบันทึกค่าทุก ๆ 1 ชั่วโมง

รูปที่ 4 เครื่องกลั่นน้ำพลังแสงแดดทั้งสองแบบที่ทำการติดตั้งและกำลังทำงาน

4. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

จากการวัดค่าตัวแปรต่าง ๆ และผลทดสอบเครื่องกลั่นน้ำ นำผลที่ได้มาคำนวณหาประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นโดยจะพิจารณาในสภาวะคงตัว (Steady State) ในแต่ละอัตราการไหลได้ดังนี้ [5]

$$\eta = \frac{\dot{m} \times L \times 100}{q_o \times A} \qquad (1)$$

เมื่อ η คือ ประสิทธิภาพของเครื่องกลั่น (ร้อยละ)

$\dot{m}$ คือ ผลผลิตต่อหน่วยเวลา (kg/hr)

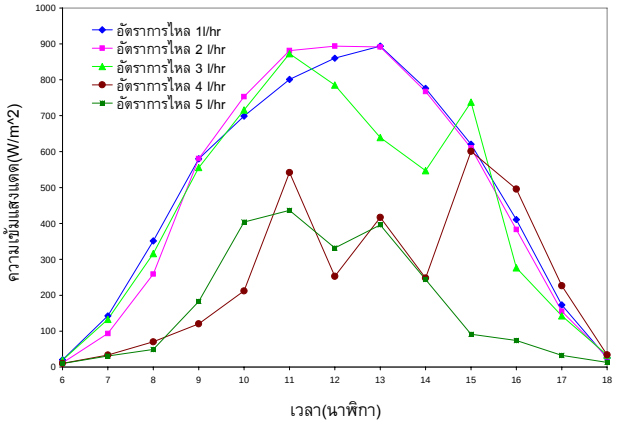
L คือ ความร้อนแฝงของการระเหยของน้ำ (2257.1 kJ/kg)

q_o คือ ความเข้มของแสงแดดต่อหน่วยเวลา (kJ/m^2/hr)

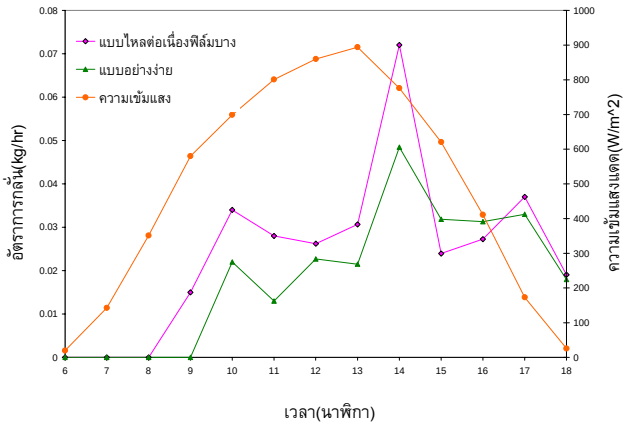
A คือ พื้นที่รับแสงของตัวกักเก็บความร้อน (0.25 m^2)

นำค่าที่ได้มาเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและผลผลิต ความเข้มแสงและประสิทธิภาพ ที่อัตราการไหลต่าง ๆ ทั้ง 5 ค่า ซึ่งผลที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยของทั้งสองวันที่อัตราการไหลเดียวกัน ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงด้วยกราฟในรูปที่ 5-17

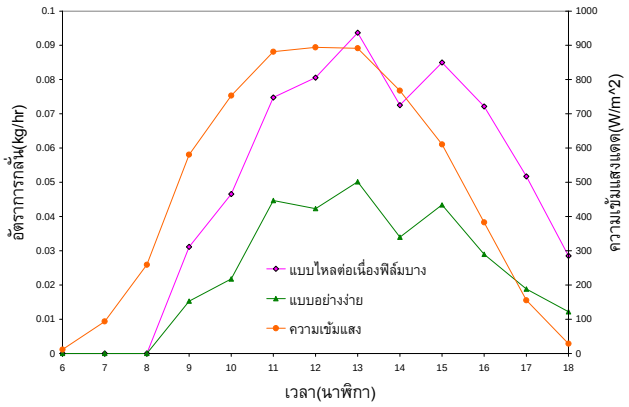
จากรูปที่ 5 แสดงค่าความเข้มแสงเฉลี่ย ณ เวลาต่าง ๆ จะเห็นได้ว่าที่อัตราการไหลที่ 1 และ 2 ความเข้มแสงมีค่าใกล้เคียงกันซึ่งมีค่าสูงสุดอยู่ที่ 894 W/m^2 ที่เวลา 13.00 น. ที่อัตราการไหลที่ 3 มีค่าใกล้เคียงกับอัตราการไหลที่ 1 และ 2 เฉพาะในช่วงเช้าเท่านั้นแต่ในช่วงบ่ายความเข้มแสงที่วัดได้มีค่าลดลงเนื่องจากมีฝนตกท้องฟ้าไม่แจ่มใส ส่วนอัตราการไหลที่ 4 และ 5 ในช่วงของวันที่ทำการทดลองท้องฟ้ามีเมฆมากตั้งแต่ตอนเช้าและมีฝนตกลงมาเกือบตลอดทั้งวัน โดยเฉพาะช่วงบ่าย ทำให้ค่าความเข้มแสงที่วัดได้มีค่าน้อย



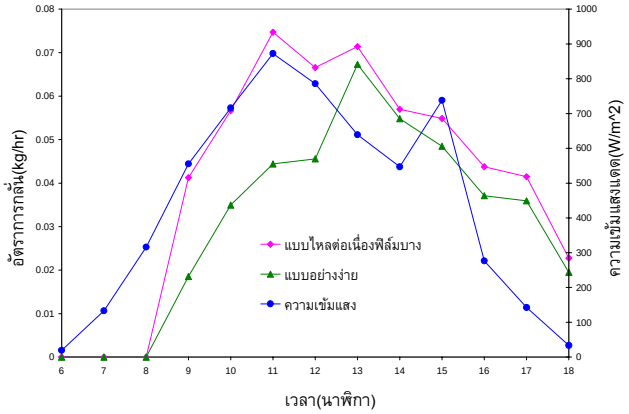
รูปที่ 5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาความเข้มแสงที่อัตราการไหลทั้ง 5 ค่า



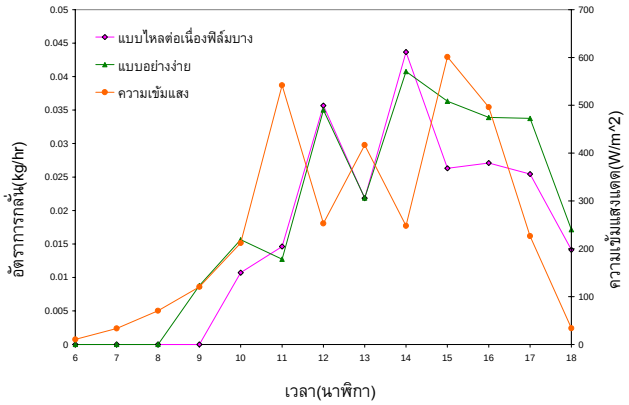
รูปที่ 6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอัตราการกลั่นและความเข้มแสงที่อัตราการไหล 1 L/hr



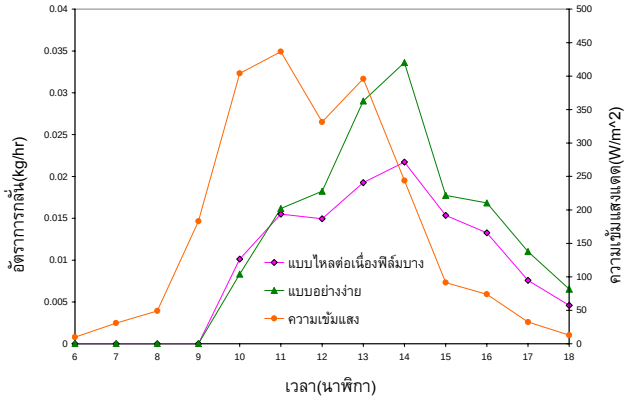
รูปที่ 7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอัตราการกลั่นและความเข้มแสง ที่อัตราการไหล 2 L/hr



รูปที่ 8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอัตราการกลั่นและความเข้มแสง ที่อัตราการไหล 3 L/hr

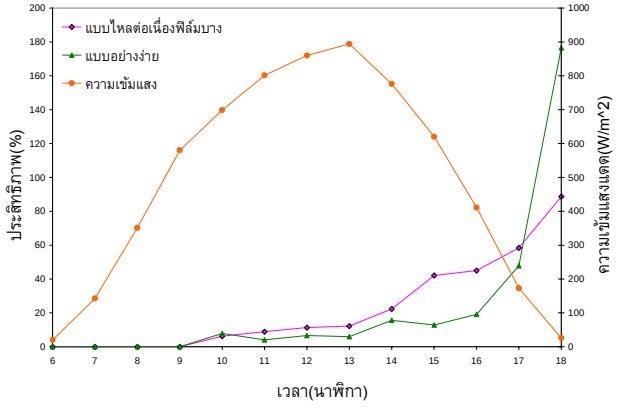


รูปที่ 9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอัตราการกลั่นและความเข้มแสง ที่อัตราการไหล 4 L/hr

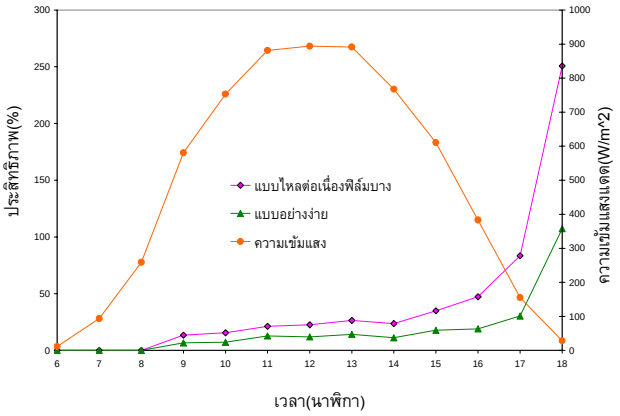


รูปที่ 10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอัตราการกลั่นและความเข้มแสง ที่อัตราการไหล 5 L/hr

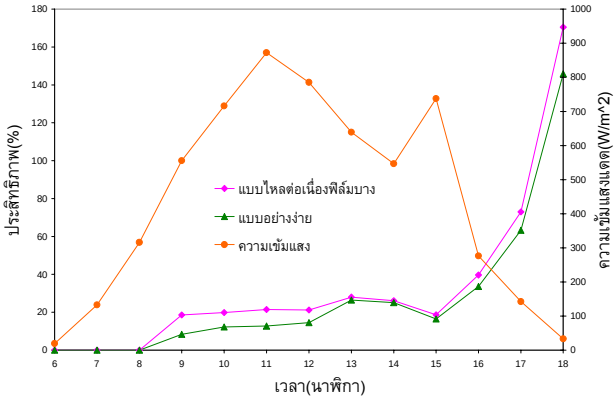
จากรูปที่ 11-15 แสดงประสิทธิภาพเฉลี่ยของเครื่องกลั่นน้ำพลังแสงแดดแบบไหลต่อเนื่องฟิล์มบางเทียบกับเครื่องกลั่นอย่างง่าย พบว่าที่อัตราการไหลที่ 1-3 L/hr ประสิทธิภาพเฉลี่ยของเครื่องกลั่นน้ำแบบไหลต่อเนื่องฟิล์มบางมีค่าสูงกว่าเครื่องกลั่นน้ำอย่างง่าย โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่อัตราการไหล 2 L/hr เท่ากับร้อยละ 41.47 ที่อัตราการไหล 4 และ 5 L/hr ประสิทธิภาพเฉลี่ยของเครื่องกลั่นน้ำแบบไหลต่อเนื่องฟิล์มบางจะมีค่าน้อยกว่าเครื่องกลั่นน้ำอย่างง่าย เนื่องจากความเข้มแสงในวันดังกล่าวมีค่าน้อยและที่อัตราการไหลสูง ๆ น้ำจะล้นออกจากเครื่องกลั่นและนำพาความร้อนออกจากเครื่องกลั่นด้วย



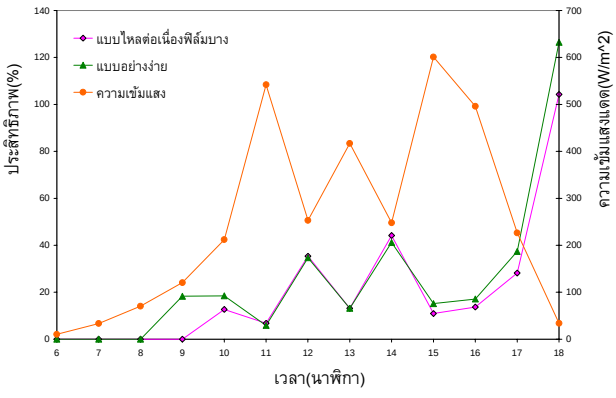
รูปที่ 11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับประสิทธิภาพและความเข้มแสง ที่อัตราการไหล 1 L/hr



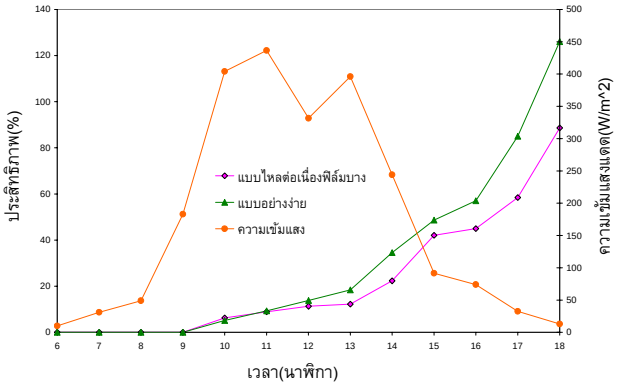
รูปที่ 12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับประสิทธิภาพและความเข้มแสง ที่อัตราการไหล 2 L/hr



รูปที่ 13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับประสิทธิภาพและความเข้มแสง ที่อัตราการไหล 3 L/hr



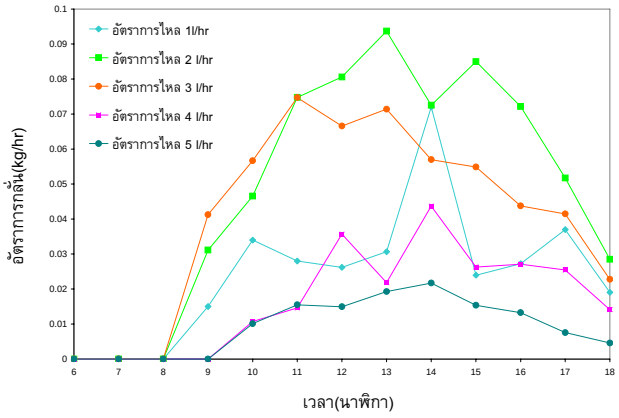
รูปที่ 14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับประสิทธิภาพและความเข้มแสง ที่อัตราการไหล 4 L/hr



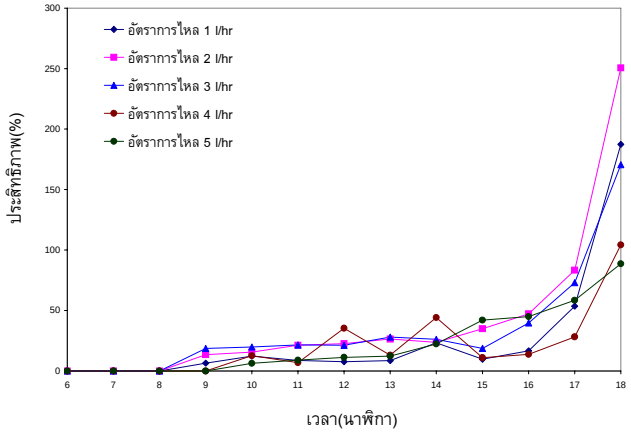
รูปที่ 15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับประสิทธิภาพและความเข้มแสง ที่อัตราการไหล 5 L/hr

ในรูปที่ 6-10 เป็นการชี้ให้เห็นถึงอัตราการกลั่นของเครื่องกลั่นน้ำพลังแสงแดดแบบไหลต่อเนื่องฟิล์มบางเทียบกับเครื่องกลั่นอย่างง่าย พบว่าที่อัตราการไหลที่ 1-3 เครื่องกลั่นน้ำแบบไหลต่อเนื่องฟิล์มบางมีผลผลิตรวมที่มากกว่าเครื่องกลั่นน้ำอย่างง่ายโดยเฉพาะที่อัตราการไหลที่ 2 L/hr อัตราการกลั่นสูงกว่าเครื่องกลั่นน้ำอย่างง่ายถึงสองเท่า ดังในตารางที่ 1 ในขณะที่อัตราการไหลที่ 4 และ 5 ผลผลิตรวมมีค่าน้อยกว่าเครื่องกลั่นน้ำอย่างง่าย ทั้งนี้เป็นผลมาจากที่อัตราการไหลสูงๆ น้ำที่ไหลเข้าเครื่องกลั่นจะล้นออกทางท่อดักน้ำที่ตั้งไว้ น้ำที่ล้นออกนั้นมีการนำเอาพลังงานความร้อนที่สะสมไว้ในน้ำทิ้งไปพร้อมกับการล้นออกด้วย จึงทำให้พลังงานภายในของน้ำต่ำกว่าที่อัตราการไหลอื่น ๆ ส่งผลให้มีผลิตรวมต่ำกว่าที่อัตราการไหลอื่น ๆ ในระหว่างวันที่ทำการทดลองในเครื่องกลั่นน้ำอย่างง่ายจะมีการเติมน้ำเข้าไป 1 ครั้ง เนื่องจากระดับน้ำได้ลดลงซึ่งเป็นผลมากจากน้ำที่กลั่นตัวออกจากเครื่องกลั่นนั่นเอง

รูปที่ 16 แสดงอัตราการกลั่นของเครื่องกลั่นน้ำพลังแสงแดดแบบไหลต่อเนื่องฟิล์มบางที่อัตราการไหลต่าง ๆ จากกราฟพบว่าที่อัตราการไหลที่ 2 L/hr ผลผลิตรวมตลอดทั้งวันมีค่าสูงที่สุด ชี้ให้เห็นว่าในอัตราการไหลทั้ง 5 ค่า อัตราการไหลที่ 2 L/hr เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุด



รูปที่ 16 กราฟแสดงสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกลั่นกับเวลาเทียบกับอัตราการไหลต่าง ๆ ของเครื่องกลั่นน้ำพลังแสงแดดแบบไหลต่อเนื่องฟิล์มบาง



รูปที่ 17 กราฟแสดงสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับเวลาเทียบกับอัตราการไหลต่าง ๆ ของเครื่องกลั่นน้ำพลังแสงแดดแบบไหลต่อเนื่องฟิล์มบาง

ตารางที่ 1 สรุปอัตราการกลั่นและประสิทธิภาพเฉลี่ยของเครื่องกลั่นน้ำพลังแสงแดดแบบไหลต่อเนื่องฟิล์มบางกับเครื่องกลั่นน้ำพลังแสงแดดอย่างง่าย

เครื่องกลั่นน้ำแบบไหลต่อเนื่องฟิล์มบาง			เครื่องกลั่นน้ำอย่างง่าย	
อัตราการไหล (L/hr)	อัตราการกลั่น (L/m^2-d)	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)	อัตราการกลั่น (L/m^2-d)	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)
1	1.1924	25.71	1.0156	23.22
2	2.41776	41.47	1.24594	18.31
3	1.9586	33.63	1.62642	27.59
4	0.87792	20.71	1.0237	25.22
5	0.4893	22.70	0.6396	30.62

7. สรุป

ถึงแม้ว่าผลผลิตรวมเครื่องกลั่นน้ำพลังแสงแดดแบบไหลต่อเนื่องฟิล์มบางที่ได้จะมีค่าไม่สูงมากนักแต่พบว่ากลั่นน้ำได้อัตราเกือบเป็น 2 เท่าของเครื่องกลั่นน้ำอย่างง่ายในอัตราการไหลน้ำดิบที่ 2 L/hr แสดงให้เห็นว่าที่อัตราการไหลที่ 2 L/hr เป็นอัตราการไหลที่เหมาะสม ทำให้ได้ปริมาณผลผลิตรวมตลอดทั้งวันสูงสุดมีค่าเท่ากับ 2.42 ลิตร/ตารางเมตร-วัน ประสิทธิภาพเฉลี่ยตลอดทั้งวันมีค่าเท่ากับ 41.47 % งานวิจัยในขั้นต่อไปจะได้วิเคราะห์หาแนวทางเพิ่มผลผลิตให้ได้มากยิ่งขึ้น

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานที่อนุเคราะห์สถานที่และอำนวยความสะดวกในการติดตั้งอุปกรณ์ในงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Bloemer, J.W., Factors affecting Solar-Still performance, ASME Paper 65-WA/SOL-1, 8pp., 1965.
2. Delyannis E., “Historic background of desalination and renewable energies,” Solar Energy, Volume. 75, pp. 357-366, 2003.
3. G.N.Tiwari,2002.Solar Energy Fundamental, Design, Modelling and Applications.Alpha Science,New Delhi.
4. Hassan E.S. Fath., “High performance of a simple design, two effect solar distillation unit,” Desalination, Volume. 107, pp. 223-233, 1996.
5. Hamdan M.A., Musa A.M., Jubran, B.A., “Performance of solar still under Jordanian climate,” Energy Conversion & Management, Volume 40, pp. 495-503, 1999.
6. Hikmet Ş.Aybar, Fuat Egelioğlu, U. Atikol., “ An experimental study on an inclined solar water distillation system,” Desalination, Volume 180, pp.285-289, 2005.
7. กรมวิทยาศาสตร์บริการ., “เครื่องกลั่นน้ำด้วยพลังงานแสงแดดแบบกรมวิทยาศาสตร์บริการ,” วารสารประสิทธิภาพพลังงาน ฉบับที่ 58, กรุงเทพมหานคร, 2545.
8. พูนศักดิ์ อินทวี จำนง ฉายเชิด จินดา แก้วเขียว เสริม จันทร์จีระศักดิ์ สุรวัฒนาวงศ์., “การศึกษาสมรรถนะของเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งใช้กระจกทึบแสงเป็นตัวดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์,” การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 1 , 11-13 พฤษภาคม 2548 โรงแรมแอมบาสซาเดอร์ ซิตี้ จอมเทียน จังหวัดชลบุรี, หน้า AE14-1-4.
9. อภิชาติ บุญล้อม และ ซังเซ็ง เลียงจินดาถาวร., “ความสัมพันธ์ของระดับความสูงของน้ำในเครื่องกลั่นกับประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบอ่าง,” การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 1 , 11-13 พฤษภาคม 2548 โรงแรมแอมบาสซาเดอร์ ซิตี้ จอมเทียน จังหวัดชลบุรี, หน้า AE15-1-5.