บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยและขั้นตอนออกแบบและสร้างเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบโดยใช้เอทานอลเป็นสารแลกเปลี่ยนความร้อน ผู้วิจัยมีวิธีการดำเนินงานดังนี้คือ

3.1 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

3.2 การออกแบบและสร้างเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ

3.3 หลักการทำงานและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.4 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

3.5 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.6 วิธีเก็บรวบรวมข้อมูลการทดลอง

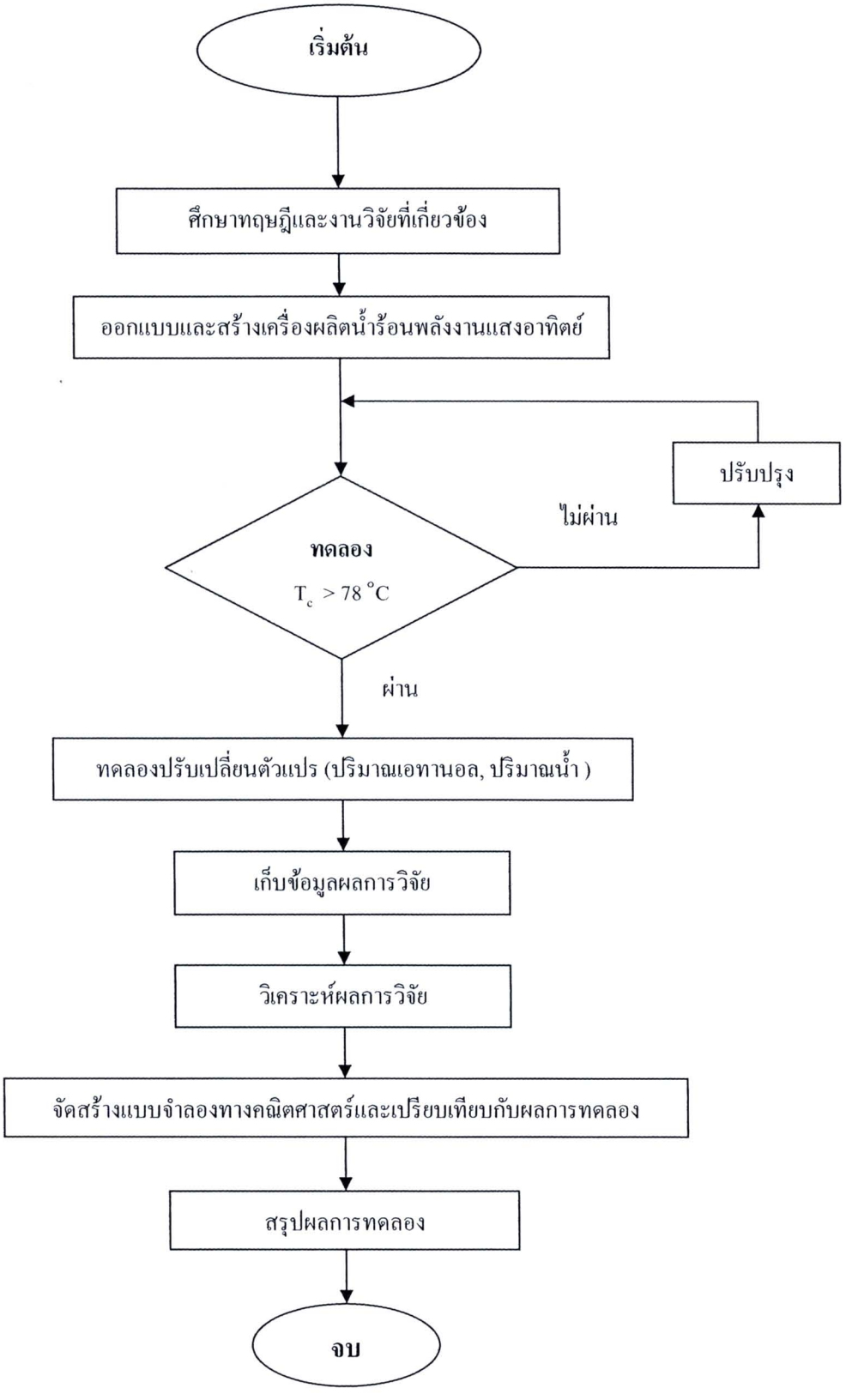
3.7 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการคำนวณผลการทดลอง

3.8 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการจำลองทางคณิตศาสตร์

3.1 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยนี้ ผู้ทำงานวิจัยได้แบ่งขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย ตามรูปที่ 3.1 ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้ คือ

1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. ออกแบบและสร้างเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ
3. ทดลองเพื่อปรับปรุงเครื่องมือ
4. เก็บข้อมูลการวิจัย
5. วิเคราะห์ผลการวิจัย
6. จัดสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
7. สรุปผลการวิจัย

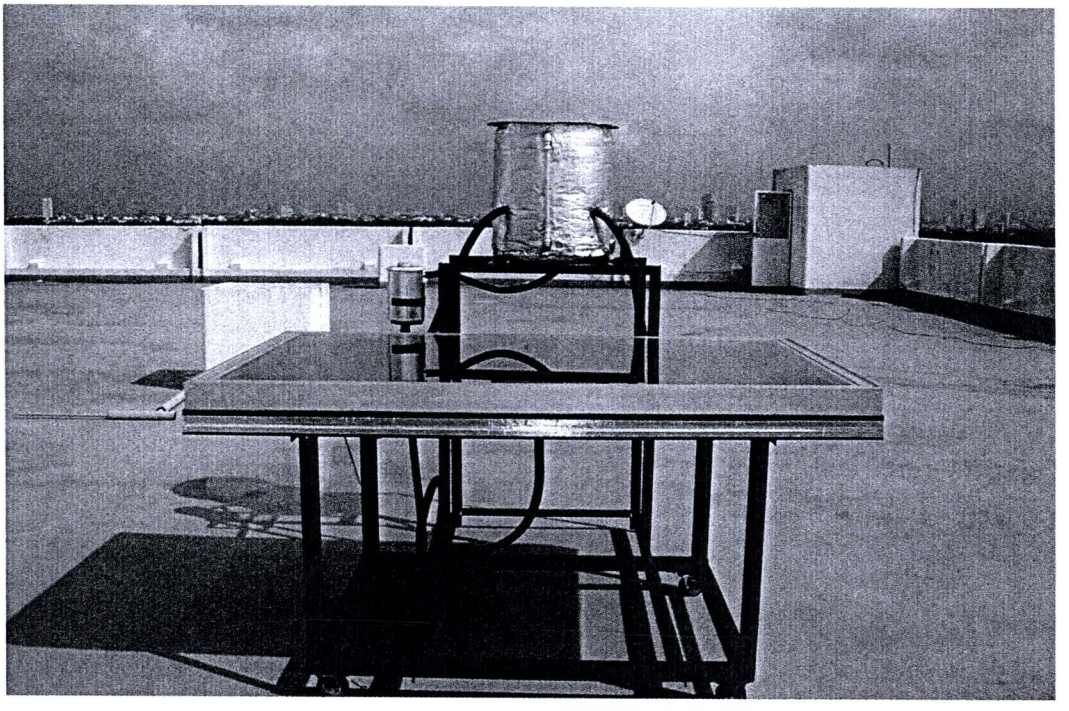


รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

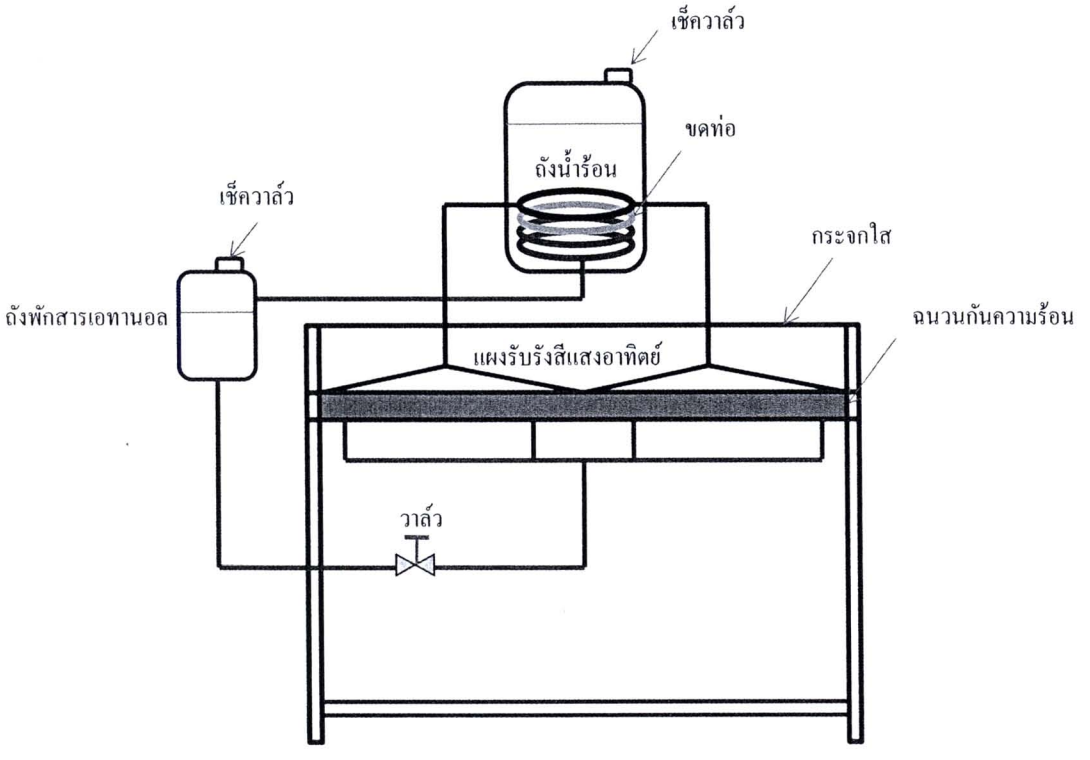
3.2 การออกแบบและสร้างเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ โดยใช้เอทานอลเป็นสารแลกเปลี่ยนความร้อน

การออกแบบและสร้างเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบโดยใช้เอทานอลเป็นสารแลกเปลี่ยนความร้อนนั้น มีส่วนประกอบดังนี้

1. แผงรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ
2. ถังน้ำร้อน
3. ขดท่อแลกเปลี่ยนความร้อน
4. ถังพักสารเอทานอล



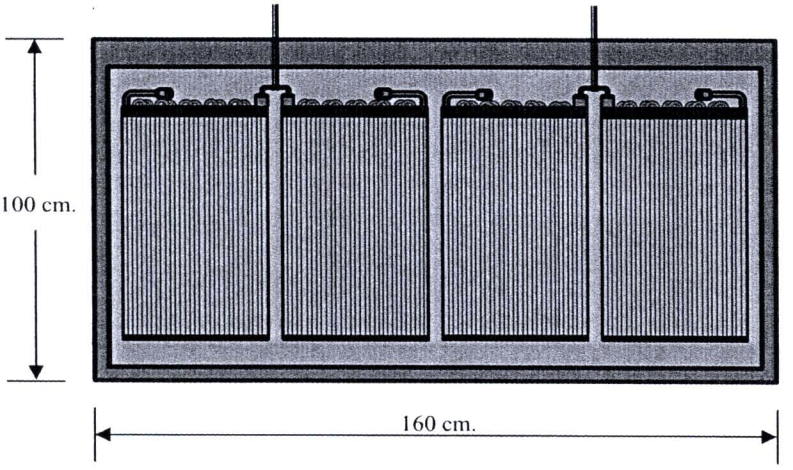
รูปที่ 3.2 ส่วนประกอบของเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบโดยใช้เอทานอลเป็นสารแลกเปลี่ยนความร้อน



รูปที่ 3.3 แสดงส่วนประกอบของเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบโดยใช้เอทานอลเป็นสารแลกเปลี่ยนความร้อน

3.2.1 แผงรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ

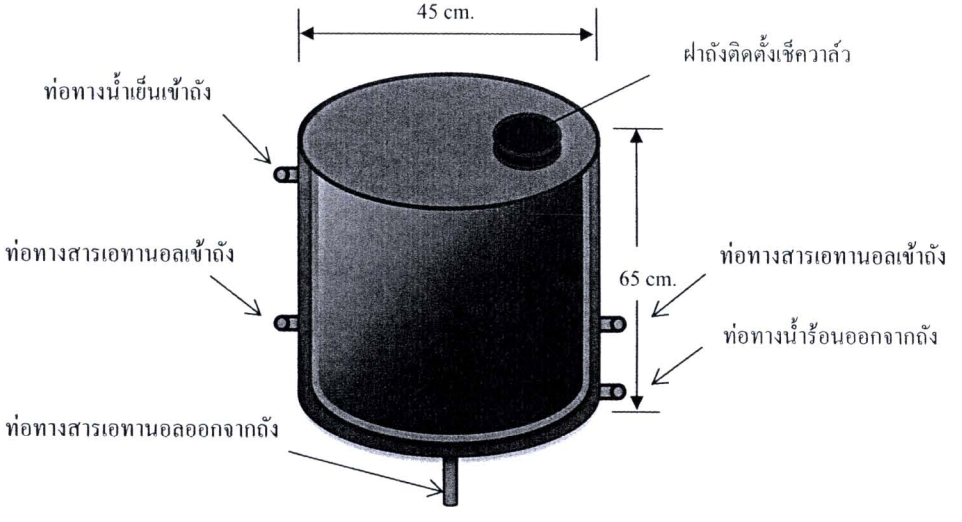
แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการรับพลังงานแสงอาทิตย์ แล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนที่จะนำไปใช้ประโยชน์ แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ยังเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชนิดหนึ่ง (Heat Exchanger) แต่จะแตกต่างตรงที่แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์นี้ จะเป็นการถ่ายเทความร้อนเนื่องจากการแผ่รังสีไปยังของไหล ซึ่งในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน แผงรับรังสีอาทิตย์มีการออกแบบเป็นรูปกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 100x160 cm^2. วัสดุโครงสร้างทำจากอะลูมิเนียม ปูพื้นด้วยแผ่นเหล็กสีดำไม่สะท้อนแสง พ่นสีดำด้าน และทนความร้อน เพื่อดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อบรรจุสารเอทานอล หุ้มฉนวนกันความร้อนด้านล่างและด้านข้าง ส่วนด้านบนปิดด้วยกระจกหนา 5 mm.ให้แสงอาทิตย์สามารถผ่านลงมาได้ ภายในติดตั้งแผงคอนเดนเซอร์เพื่อบรรจุสารเอทานอล



รูปที่ 3.4 โครงสร้างแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์

3.2.2 ถังน้ำร้อน

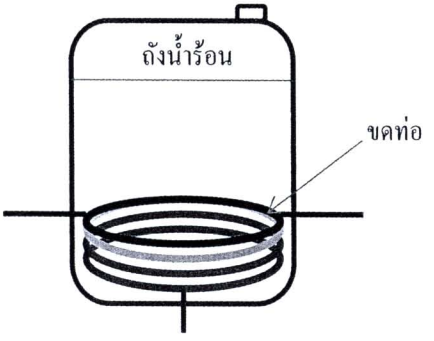
ถังน้ำร้อน ใช้ในการบรรจุน้ำและสามารถรักษาอุณหภูมิได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีการออกแบบเป็นรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 cm. สูง 65 cm. หุ้มด้วยฉนวนกันความร้อนหนา 4 cm. ทุกด้าน ด้านบนมีฝาปิด ติดตั้งเซ็ควาล์ว ด้านข้างมีท่อทางสารเอทานอลเข้าและออก และท่อน้ำเข้าและออก



รูปที่ 3.5 โครงสร้างถังน้ำร้อน

3.2.3 ขดท่อแลกเปลี่ยนความร้อน

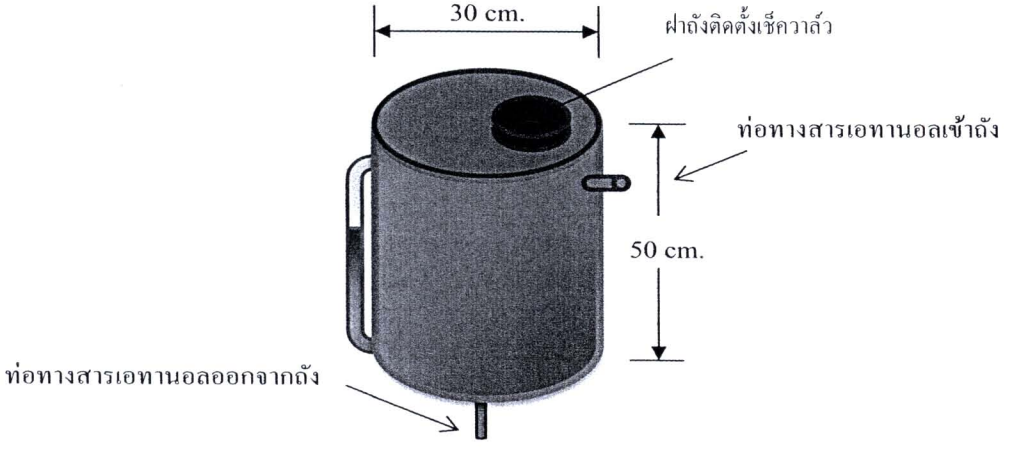
ขดท่อแลกเปลี่ยนความร้อน เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน บรรจุไว้ในถังน้ำร้อนต่อเชื่อมกับท่อทางออกของแผงรับรังสีอาทิตย์เพื่อให้ไอร้อนของสารเอทานอลไหลเวียนเข้าถังน้ำร้อนทำการแลกเปลี่ยนความร้อนให้กับน้ำ ใช้ท่อทองแดงขนาด 9 mm. ขดเป็นวงกลมจากบนลงล่าง เพื่อให้สารเอทานอลที่เป็นของเหลวไหลเวียนภายในระบบ



รูปที่ 3.6 ลักษณะขดท่อแลกเปลี่ยนความร้อน

3.2.4 ถังพักสารเอทานอล

ถังพักสารเอทานอล เป็นอุปกรณ์ที่ให้สารเอทานอลที่เป็นของเหลวหลังจากการควบแน่นไหลจากถังน้ำร้อนเข้ามาพักเพื่อรอเข้าแผงรับรังสีอาทิตย์ และยังเป็นที่สำหรับเติมสารเอทานอลอีกด้วย มีการออกแบบเป็นรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 cm. สูง 25 cm. ด้านบนมีฝาถังติดเซ็ควาล์ว และด้านล่างมีท่อทางสารเอทานอลออก ด้านข้างมีท่อทางสารเอทานอลเข้า และด้านล่างมีท่อทางสารเอทานอลออก และมีท่อใสด้านข้างเพื่อดูระดับสารเอทานอลภายในถัง

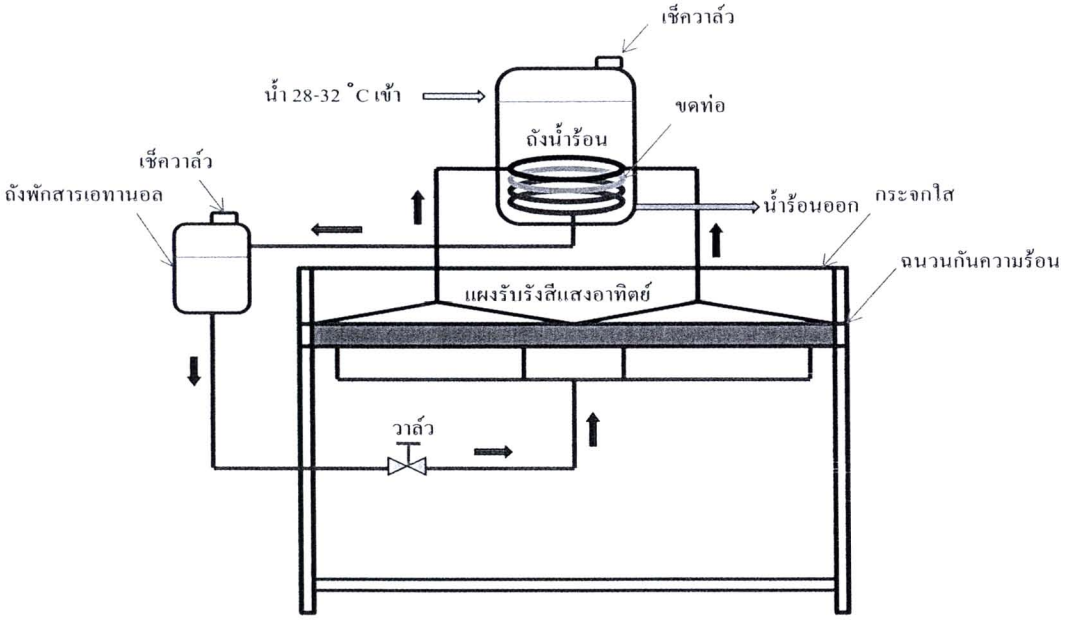


รูปที่ 3.7 ลักษณะถังพักสารเอทานอล

3.3 หลักการทำงานและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

กระบวนการผลิตน้ำร้อนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ จะมีแผงรับรังสีอาทิตย์ (Solar Collector) รับรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบแล้วดูดกลืนพลังงานนี้ไว้ถ่ายเทความร้อนที่ได้รับให้กับสารทำงาน ซึ่งใช้เอทานอลเป็นสารทำงานในการพาความร้อนจากแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ ส่งผ่านไปยังอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) กระบวนการนี้จะพาความร้อนโดยอาศัยความดันไอของสารทำงาน ระบบนี้จะใช้หลักการพาความร้อนตามธรรมชาติระหว่างแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์กับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน อัตราการหมุนเวียนของเอทานอลในกระบวนการทำน้ำร้อน โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์นี้จะต้องขึ้นอยู่กับการดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์ที่แผงรับรังสีอาทิตย์ได้รับและอัตราการถ่ายเทพลังงานความร้อนให้กับสารทำงานในระบบ

เครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ โดยใช้เอทานอลเป็นสารแลกเปลี่ยนความร้อน หลักการทำงานดังรูปที่ 3.8 คือ เมื่อแผงรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบรับพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์จะเก็บสะสมความร้อนจนกระทั่งอุณหภูมิสูงขึ้นถึง 78 องศาเซลเซียส จะทำให้สารเอทานอลซึ่งอยู่ภายในแผงรับรังสีอาทิตย์โดยใช้แผงคอนเดนเซอร์ถึงจุดเดือด ไอร้อนของเอทานอลก็จะไหลออกจากแผงรับรังสีไปตามท่อทองแดงเข้าไปยังถังน้ำร้อน ภายในถังมีขดท่อแลกเปลี่ยนความร้อนเมื่อไอร้อนวิ่งผ่านขดท่อแลกเปลี่ยนความร้อนก็จะแลกเปลี่ยนความร้อนให้กับน้ำ จากนั้นสารเอทานอลก็จะเกิดการควบแน่นกลายเป็นของเหลว ไหลกลับเข้ามาอยู่ภายในถังพักสารเอทานอลพักเพื่อรอกลับเข้าไปยังแผงรับรังสีอาทิตย์และเดือดกลายเป็นไอต่อไปซึ่งจะทำงานเป็นวัฏจักรต่อเนื่องในขณะที่ระดับความเข้มแสงอาทิตย์เพียงพอ



รูปที่ 3.8 หลักการทำงานของเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบโดยใช้เอทานอลเป็นสารแลกเปลี่ยนความร้อน

3.4 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดลองมีวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองดังนี้

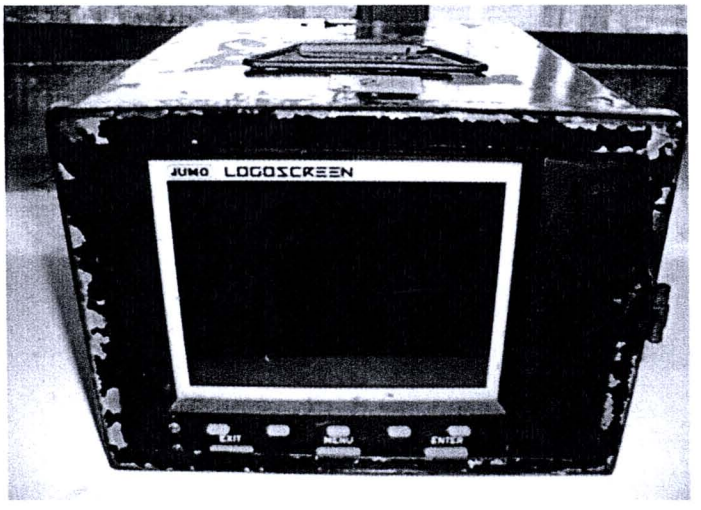
1. น้ำที่อุณหภูมิ 28-32 องศาเซลเซียส
2. สารเอทานอลความเข้มข้นที่ 99.8 เปอร์เซ็นต์

รูปที่ 3.9 สารเอทานอล

3.5 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.5.1 เครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิ (Data logger)

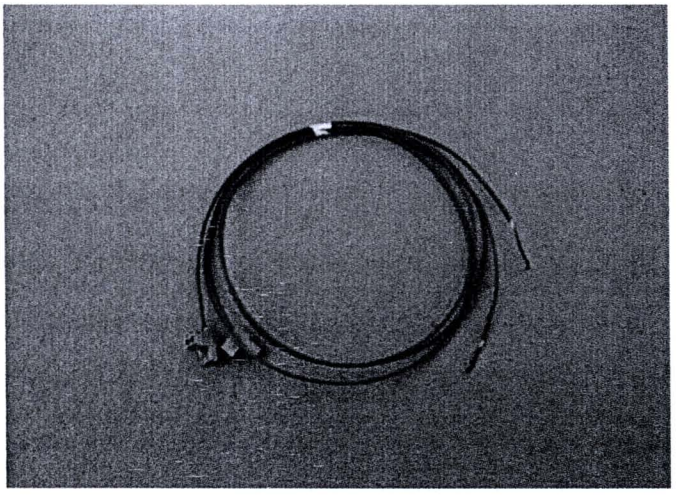
ในการทดลองใช้เครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิ เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกค่าอุณหภูมิเพื่อบันทึกอุณหภูมิตามช่วงเวลาที่กำหนดไว้ ซึ่งสามารถนำข้อมูลที่บันทึกไว้ มาแสดงผลในรูปของกราฟ หรือตารางได้



รูปที่ 3.10 แสดงลักษณะเครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิ

3.5.2 ตัวตรวจจับอุณหภูมิ (Thermocouple Wire)

ในการทดลองครั้งนี้ใช้ เทอร์โมคัปเปิล Type K เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ปลายด้านหนึ่งฝังตามจุดต่างๆ ที่ต้องการทราบค่า และปลายอีกด้านหนึ่งต่อเข้ากับเครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิ เพื่อส่งสัญญาณความร้อนเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า

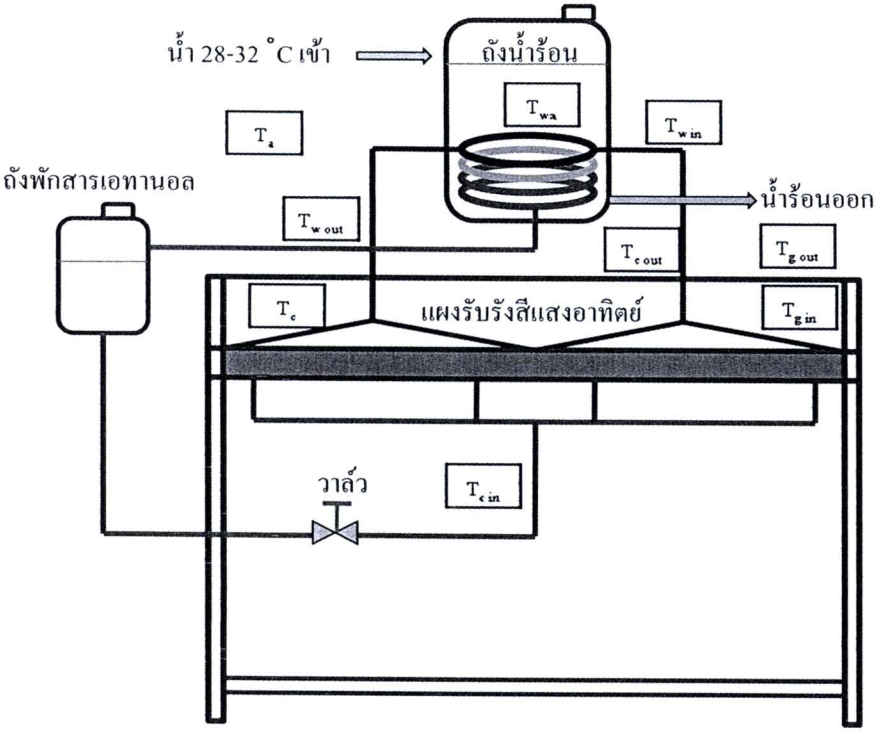


รูปที่ 3.11 เทอร์โมคัปเปิล Type K

ได้กำหนดจุดวัดอุณหภูมิไว้ทั้งหมด 9 จุด ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตำแหน่งการติดตั้งจุดวัดอุณหภูมิเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ โดยใช้เอทานอลเป็นสารแลกเปลี่ยนความร้อน

จุดที่	สัญลักษณ์	ตำแหน่งการติดตั้ง
1	T_a	อุณหภูมิบรรยากาศ
2	T_c	อุณหภูมิอากาศภายในแผงรับรังสีอาทิตย์
3	$T_{c\ in}$	อุณหภูมิเอทานอลเข้าแผงรับรังสีอาทิตย์
4	$T_{c\ out}$	อุณหภูมิเอทานอลออกจากแผงรับรังสีอาทิตย์
5	$T_{g\ in}$	อุณหภูมิผิวกระจกใสด้านใน
6	$T_{g\ out}$	อุณหภูมิผิวกระจกใสด้านนอก
7	$T_{w\ out}$	อุณหภูมิเอทานอลเข้าถังน้ำร้อน
8	$T_{w\ in}$	อุณหภูมิเอทานอลออกจากถังน้ำร้อน
9	T_{wa}	อุณหภูมิเอทานอลภายในถังน้ำร้อน



รูปที่ 3.12 แสดงตำแหน่งการติดตั้งจุดวัดอุณหภูมิเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบโดยใช้เอทานอลเป็นสารแลกเปลี่ยนความร้อน

3.5.3 เครื่องมือวัดค่ารังสีอาทิตย์

เครื่องมือวัดค่ารังสีอาทิตย์ เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดระดับความเข้มของรังสีอาทิตย์ โดยมีหน่วยวัดเป็น วัตต์/ตารางเมตร (W/m^2)

รูปที่ 3.13 แสดงลักษณะเครื่องวัดค่ารังสีอาทิตย์

3.5.4 เครื่องวัดค่าความเร็วลม

เป็นเครื่องมือวัดความเร็วของลม มาตรวัดลม หรือ แอนิโมมิเตอร์ (Anemometer)โดยมีหน่วยวัดความเร็วเป็น เมตร/วินาที (m/s)

รูปที่ 3.14 แสดงลักษณะเครื่องวัดค่าความเร็วลม

3.6 วิธีเก็บรวบรวมข้อมูลการทดลอง

3.6.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย

1. บันทึกค่าอุณหภูมิ ตามตำแหน่งต่างๆของเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ต้องการทราบค่าอุณหภูมิ ตำแหน่งต่างๆ โดยทำการฝังสายเทอร์โมคัปเปิล ทำการบันทึกค่าต่างๆ ทุกๆ 30 นาที โดยเริ่มตั้งแต่เวลา 09.00 - 16.00 น.

2. บันทึกค่ารังสีอาทิตย์ทำการบันทึกค่าทุกๆ 30 นาที โดยเริ่มตั้งแต่เวลา 09.00 - 16.00 น.

3. จัดเก็บข้อมูลทุกครั้งตามระยะเวลาที่กำหนด เพื่อวิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบที่ถูกต้อง

4. การวิจัยนี้ได้ศึกษาโดยการเปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบโดยใช้เอทานอลเป็นสารแลกเปลี่ยนความร้อน ในแต่ละกรณี ใช้น้ำที่อุณหภูมิ 28-32 องศาเซลเซียส โดยได้ทำการทดลอง 9 กรณีด้วยกัน ในแต่ละกรณีมีเงื่อนไขแตกต่างกันดังนี้

กรณีที่ 1	ใช้ปริมาณน้ำ	20	ลิตร	ใช้สารเอทานอล	2.0	ลิตร
กรณีที่ 2	ใช้ปริมาณน้ำ	20	ลิตร	ใช้สารเอทานอล	2.5	ลิตร
กรณีที่ 3	ใช้ปริมาณน้ำ	20	ลิตร	ใช้สารเอทานอล	3.0	ลิตร
กรณีที่ 4	ใช้ปริมาณน้ำ	25	ลิตร	ใช้สารเอทานอล	2.0	ลิตร
กรณีที่ 5	ใช้ปริมาณน้ำ	25	ลิตร	ใช้สารเอทานอล	2.5	ลิตร
กรณีที่ 6	ใช้ปริมาณน้ำ	25	ลิตร	ใช้สารเอทานอล	3.0	ลิตร
กรณีที่ 7	ใช้ปริมาณน้ำ	30	ลิตร	ใช้สารเอทานอล	2.0	ลิตร
กรณีที่ 8	ใช้ปริมาณน้ำ	30	ลิตร	ใช้สารเอทานอล	2.5	ลิตร
กรณีที่ 9	ใช้ปริมาณน้ำ	30	ลิตร	ใช้สารเอทานอล	3.0	ลิตร

5. จัดเก็บข้อมูล เพื่อวิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบที่ถูกต้อง

3.6.2 ขั้นเตรียมการทดลอง

1. นำเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบโดยใช้เอทานอลเป็นสารแลกเปลี่ยนความร้อนไปยังบริเวณที่โล่งแจ้งให้ห่างจากสิ่งก่อสร้างเพื่อป้องกันการบดบังแสงอาทิตย์ประมาณ 30 เมตร

2. ติดตั้งเครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิ

3. ติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิล Type K กับเครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิ

4. เติมน้ำที่อุณหภูมิประมาณ 28-32 องศาเซลเซียสในถังน้ำร้อนตามปริมาณการทดลอง

5. เติมสารเอทานอลความเข้มข้น 99.8 เปอร์เซ็นต์ภายในระบบตามปริมาณการทดลอง

3.6.3 ขั้นตอนในการดำเนินการทดลอง

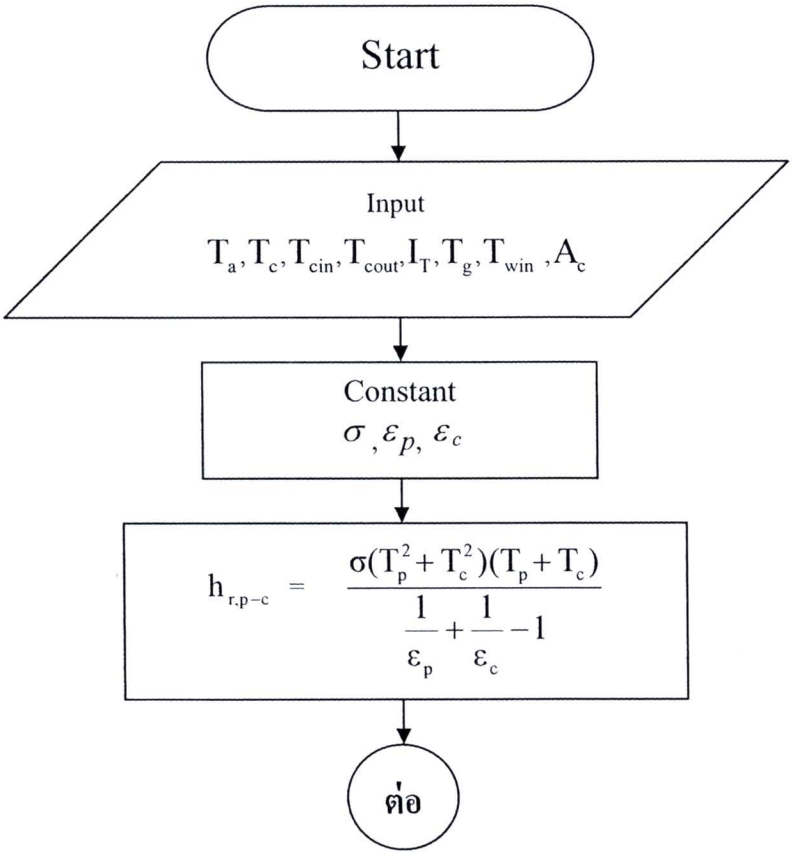
1. ระยะเวลาในการดำเนินการทดลองจะเริ่มทำการทดลองที่เวลา 09.00 น. สิ้นสุดในเวลา 16.00 น. เนื่องจากเป็นเวลาที่มีค่าความเข้มของรังสีอาทิตย์มีมากพอสำหรับใช้ในกระบวนการผลิตน้ำร้อน ซึ่งค่าความเข้มของรังสีอาทิตย์ที่สามารถผลิตน้ำร้อนได้จะอยู่ในช่วง 750 วัตต์ต่อตารางเมตรขึ้นไป

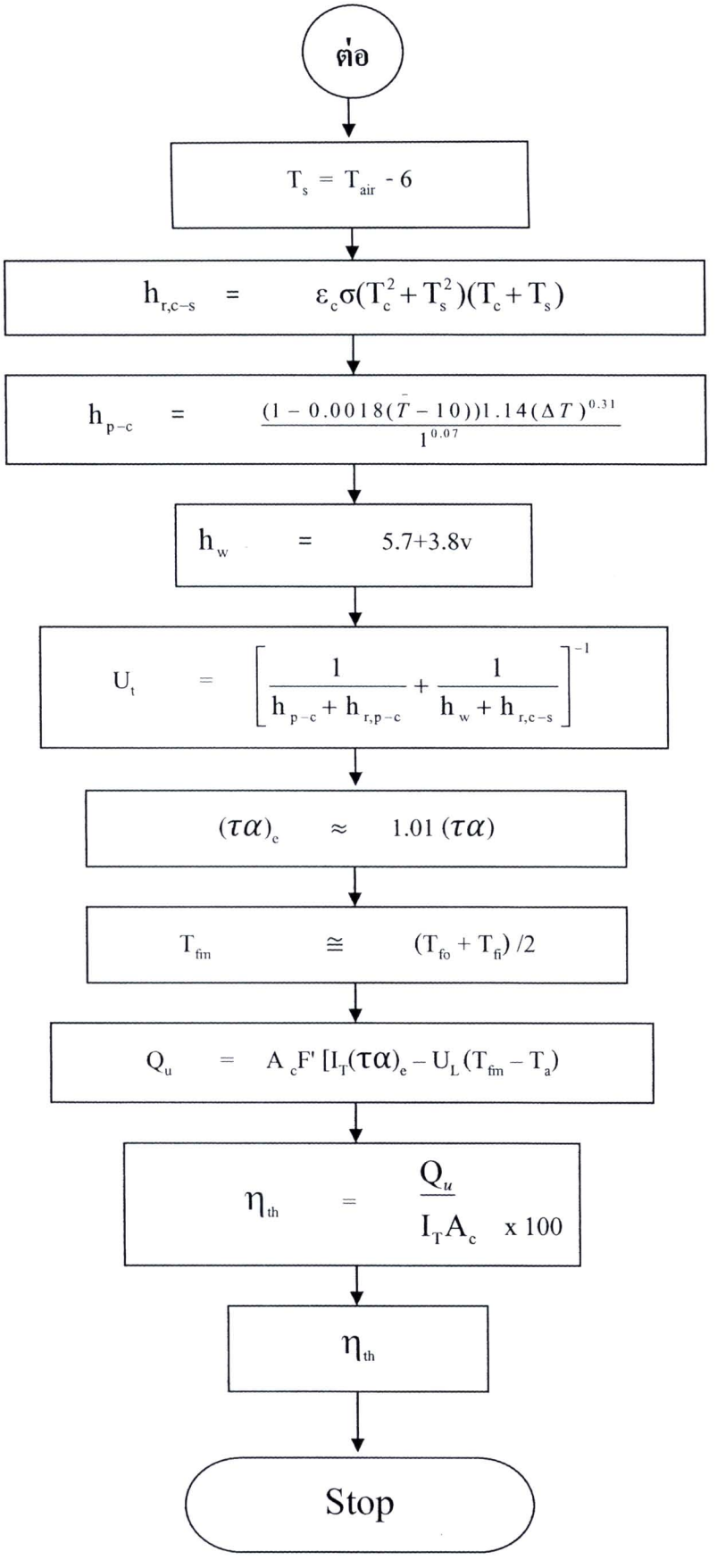
2. บันทึกค่าความเข้มของรังสีอาทิตย์ ทุกๆ 30 นาที

3. ปรับเปลี่ยนน้ำที่อุณหภูมิประมาณ 28-32 องศาเซลเซียสในถังน้ำร้อนตามปริมาณการทดลอง

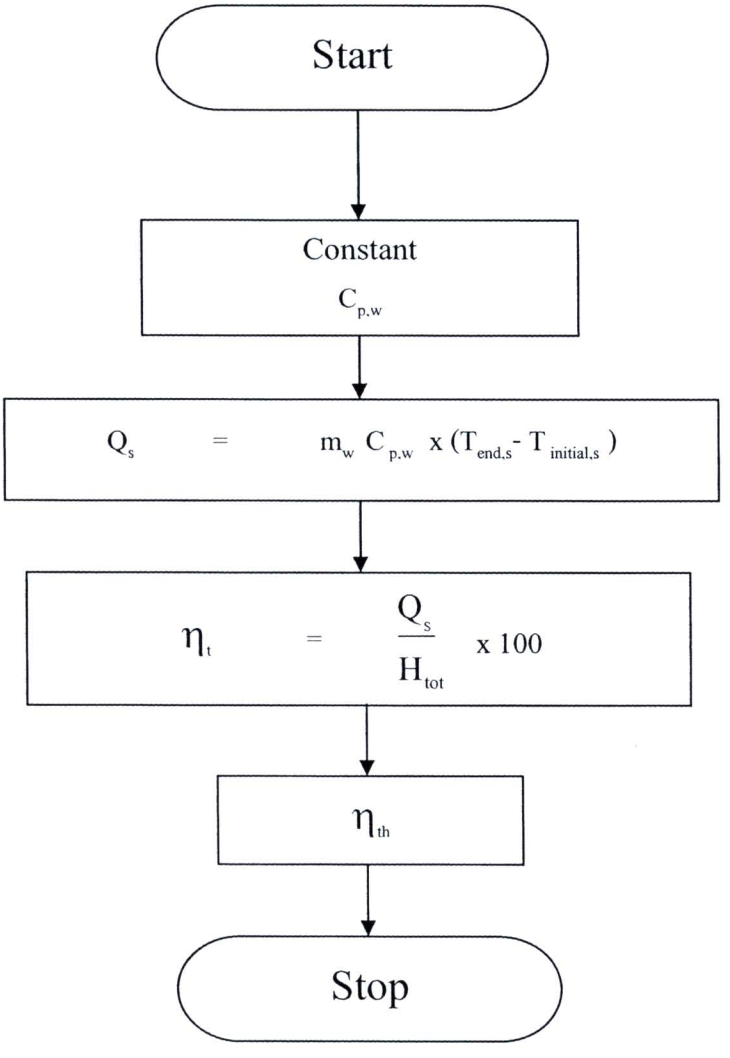
4. ปรับเปลี่ยนสารเอทานอลความเข้มข้น 99.8 เปอร์เซ็นต์ภายในระบบตามปริมาณการทดลอง

3.7 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการคำนวณผลการทดลอง



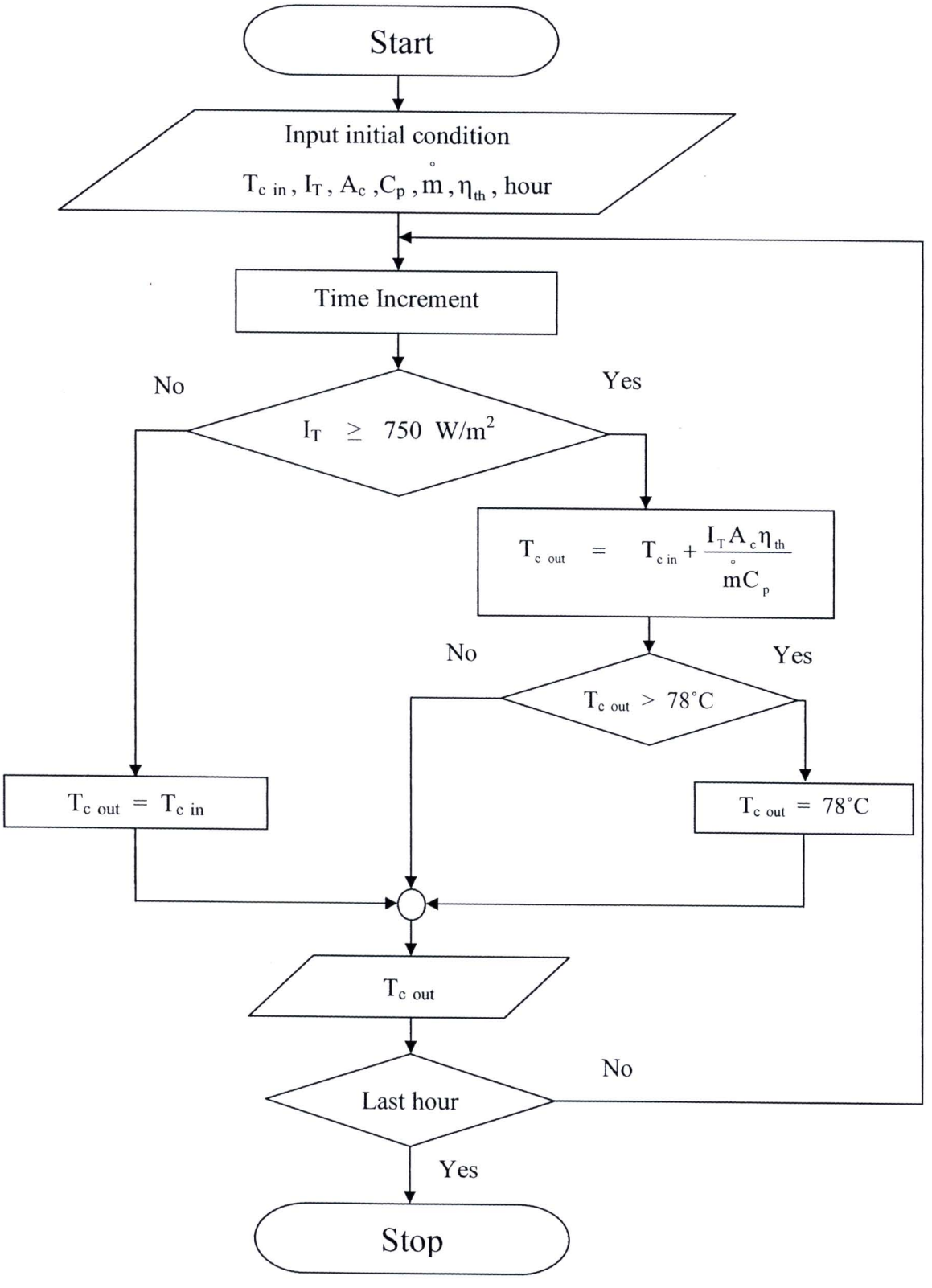


รูปที่ 3.15 ลำดับขั้นตอนการคำนวณประสิทธิภาพแผงรับรังสีอาทิตย์



รูปที่ 3.16 ลำดับขั้นตอนการคำนวณประสิทธิภาพการผลิตน้ำร้อน

3.8 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการจำลองทางคณิตศาสตร์



รูปที่ 3.17 ลำดับขั้นตอนการคำนวณจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จากรูปที่ 3.17 ลำดับขั้นตอนการคำนวณจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ใช้สูตรคำนวณทางคณิตศาสตร์เพื่อวิเคราะห์ข้อมูล และนำผลที่ได้จากการจำลองไปเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดลอง เพื่อวิเคราะห์ผลระบบผลิตน้ำร้อนโดยต้องการทราบค่าอุณหภูมิที่เอทานอลออกจากแผงรับรังสีอาทิตย์ โดยเริ่มการคำนวณจากการป้อนข้อมูลที่ได้จากผลการทดลอง คือ $T_{c\ in}$, I_T, A_c, C_p, $\dot{m}$, η_{th}, hour เริ่มจากเวลา 09.00 – 16.00 น. โดยมีเงื่อนไขที่ค่ารังสีอาทิตย์จะต้องมีค่ามากกว่า 750 W/m^2 สารเอทานอลจะเริ่มไหลเวียนในระบบ กรณีที่ค่ารังสีอาทิตย์ต่ำกว่า 750 W/m^2 โปรแกรมจะไปทาง (No) ดังนั้น $T_{c\ out}$ จะเท่ากับ $T_{c\ in}$ เพราะว่าอุณหภูมิเอทานอลยังไม่ถึงจุดเดือดระบบผลิตน้ำร้อนไม่สามารถทำงานได้ ส่วนที่ค่ารังสีอาทิตย์มากกว่า 750 W/m^2 โปรแกรมก็จะไปทาง (Yes) เพื่อคำนวณหา $T_{c\ out}$ จากสูตรคำนวณ โดยมีเงื่อนไขที่ $T_{c\ out} > 78$ °C ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่าโปรแกรมจะไปทาง (No) เพราะว่าอุณหภูมิเอทานอลยังไม่ถึงจุดเดือดระบบทำน้ำร้อนไม่สามารถทำงานได้ ส่วนกรณีที่ $T_{c\ out} > 78$ °C โปรแกรมก็จะไปทาง (Yes) $T_{c\ out}$ จะเท่ากับ 78 °C ซึ่งเอทานอลจะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นไออิ่มตัวในสภาวะการระเหย นำความร้อนไปถ่ายเทให้กับน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อน เมื่อโปรมแกรมครบตามชั่วโมงโปรแกรมจะหยุดการทำงาน