

บทที่ 5 ขั้นตอนการดำเนินงานและการทดลอง

5.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ ดังนั้นแนวทางในการดำเนินงานจะเป็นไปตามขั้นตอนดังนี้

- 5.1.1 ศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อขดแบบสปริงติดครีป ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและวิธีการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ประสิทธิภาพเชิงเอนทัลปี ประสิทธิภาพเชิงความชื้น และประสิทธิภาพของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อขดแบบสปริงติดครีป
- 5.1.2 ศึกษาระบบที่ใช้ในการทดลองซึ่งประกอบไปด้วยระบบหลัก 3 ระบบ คือ ระบบทำความเย็น ระบบน้ำหล่อเย็น ระบบทำความร้อนให้กับอากาศ รวมไปถึงเครื่องมือวัด ซึ่งได้แก่ โรตามิเตอร์ สำหรับวัดอัตราการไหลของน้ำ Data logger สำหรับบันทึกข้อมูลที่อ่านได้จากเทอร์โมคัปเปิล และชุดควบคุมอุณหภูมิของน้ำและอากาศ
- 5.1.3 สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการทำนายผลของคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อน
- 5.1.4 สร้างอุปกรณ์การทดลอง
- 5.1.5 ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง
- 5.1.6 ทำการทดลองและเก็บข้อมูล
- 5.1.7 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

5.2 อุปกรณ์การทดลอง

1. อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อชุดแบบสปริงติดครีป	1 ชุด
2. ชุดท่อลมหุ้มฉนวน	1 ชุด
3. ชุด Heater	2 ชุด
4. ป้อนลม	1 ชุด
5. ป้อนน้ำ	1 ชุด
6. โรตาริเตอร์	1 ชุด
7. ถังบรรจุน้ำสแตนเลส	1 ชุด
8. ชุดทำความเย็น	1 ชุด
9. อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบของมอเตอร์	1 ชุด
10. Orifice plate	1 ชุด
11. Digital manometer	1 ชุด
12. Manual data logger	1 ชุด
13. Digital data logger	1 ชุด
14. เทอร์โมคัปเปิล	1 ชุด
15. อุปกรณ์วัดความชื้นในอากาศ	2 ชุด
16. คอมพิวเตอร์	1 ชุด



รูปที่ 5.1(ก) อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อขดแบบสปริงติดกริบ



รูปที่ 5.1(ข) อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อขดแบบสปริงติดกริบ



รูปที่ 5.2 เครื่องจ่ายอากาศ



รูปที่ 5.3 อุปกรณ์ปรับความเร็วมอเตอร์ของเครื่องจ่ายอากาศ



รูปที่ 5.4 ระบบท่อน้ำ



รูปที่ 5.5 ชุดควบคุมอุปกรณ์การทดลอง



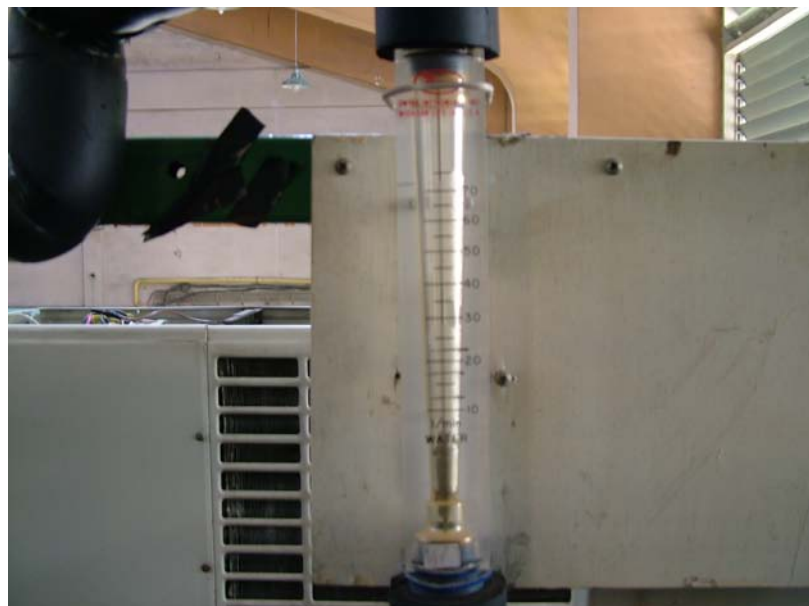
รูปที่ 5.6 Digital data logger



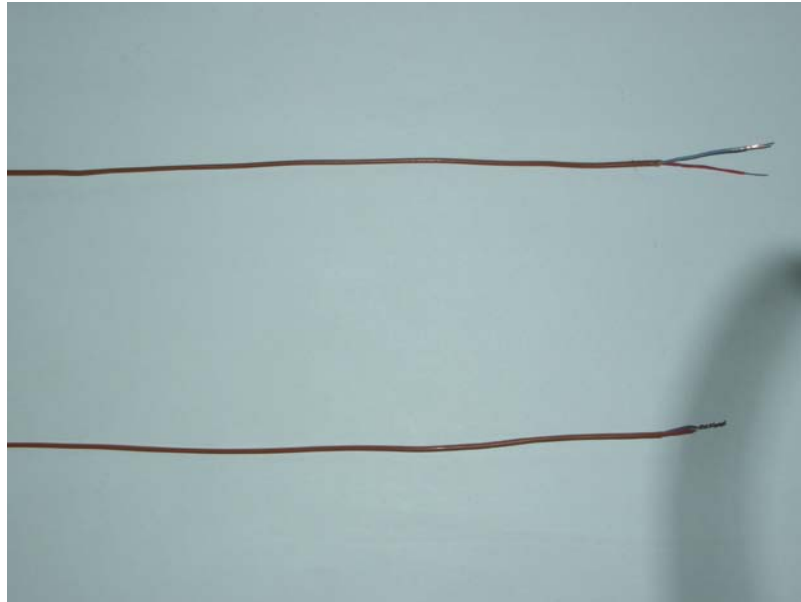
รูปที่ 5.7 Manual data logger



รูปที่ 5.8 Heater



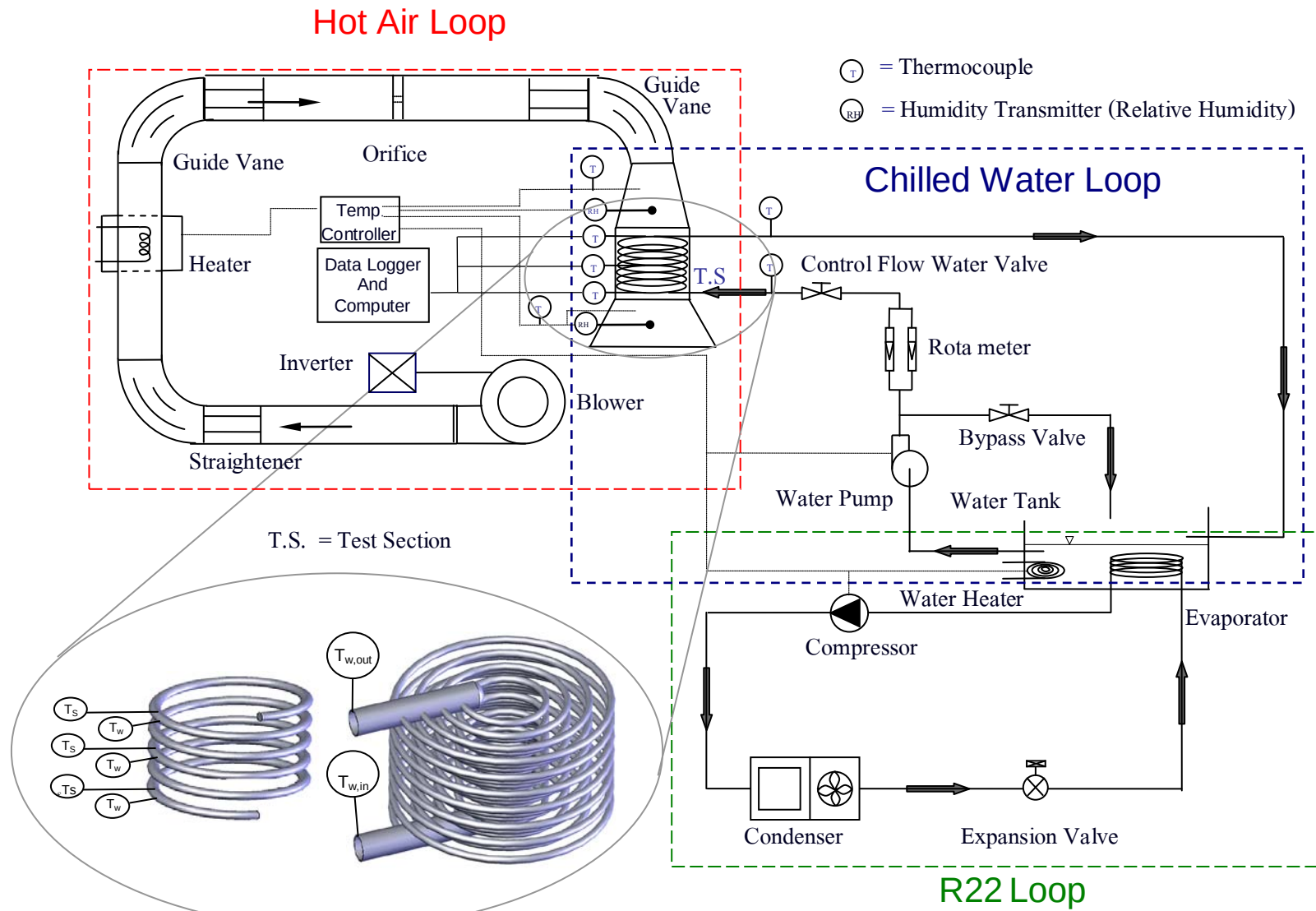
รูปที่ 5.9 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำ



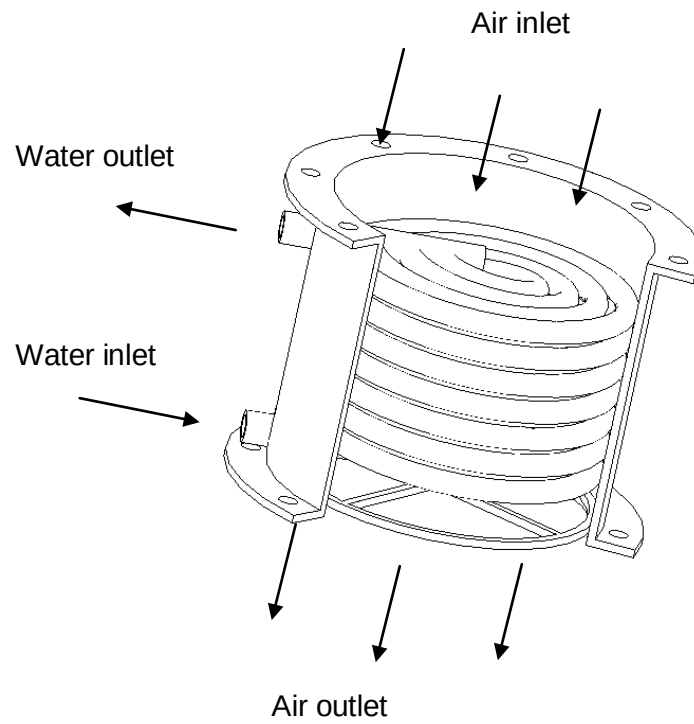
รูปที่ 5.10 เทอร์โมคัปเปิล



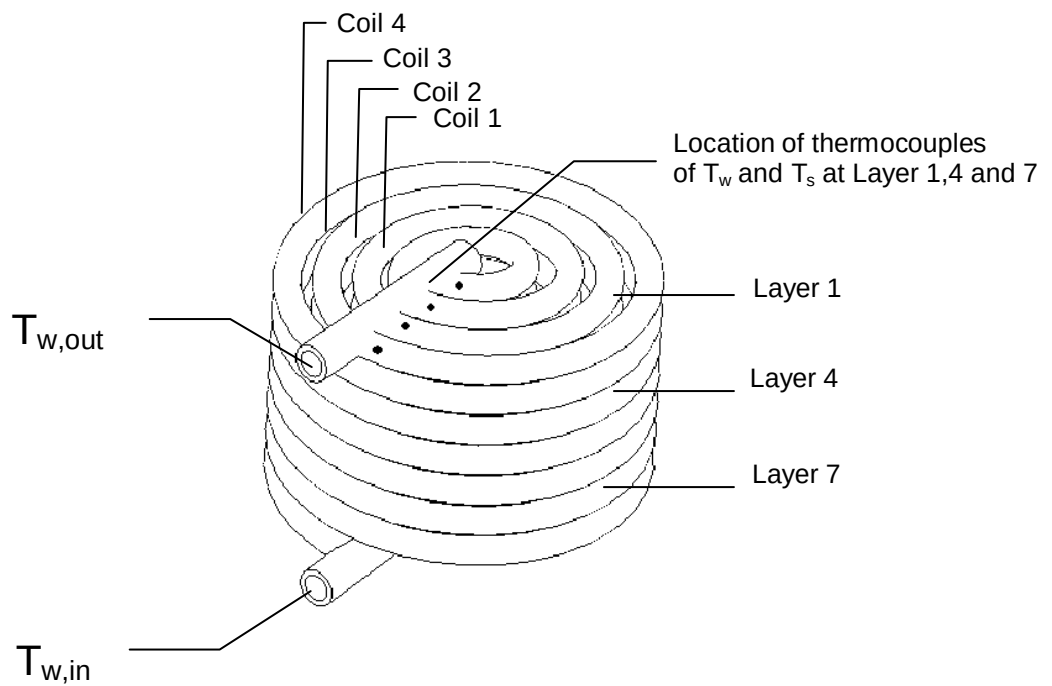
รูปที่ 5.11 คอมพิวเตอร์ที่ใช้เก็บผลการทดลอง



รูปที่ 5.13 แผนภาพแสดงอุปกรณ์การทดลอง



รูปที่ 5.14 ภาพตัดของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อขดแบบสปริงติดคียบ



รูปที่ 5.15 ตำแหน่งติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลสำหรับวัดอุณหภูมิน้ำและอุณหภูมิผิวท่อ

จากรูปที่ 5.1 ชุดการทดลองประกอบด้วยระบบหลัก 3 ระบบคือ ระบบทำความร้อนให้กับอากาศ ระบบน้ำหล่อเย็นและระบบทำความเย็น หน้าที่และอุปกรณ์การทำงานของแต่ละระบบเป็นดังนี้

ระบบทำความร้อนให้กับอากาศ (Hot air loop) Blower จะจ่ายอากาศให้ไหลไปตามท่อลมที่หุ้มด้วยฉนวนอย่างดี ซึ่งสามารถปรับอัตราการไหลของอากาศได้โดยการเปลี่ยนแปลงความถี่ของมอเตอร์ที่ขับ Blower ซึ่งถูกควบคุมและปรับค่าความถี่ได้ที่ Inverter ส่วน Heater จะทำหน้าที่ให้ความร้อนกับอากาศตามต้องการ โดยสามารถตั้งค่าอุณหภูมิได้ที่ Temperature controller และ Digital manometer ถูกใช้สำหรับวัด Pressure drop ที่ตกร้อม Orifice plate เพื่อใช้ในการคำนวณหาอัตราการไหลของอากาศ อากาศจะไหลผ่านชุดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนหรือ Test section และไหลออกสู่บรรยากาศ โดยมี Humidity transmitter ทำหน้าที่วัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ทางเข้าและทางออกของชุดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และจะแสดงผลที่ชุด Temperature controller ที่ชุดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลสำหรับวัดอุณหภูมิผิวท่อและอุณหภูมิน้ำในท่อ และอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าและทางออกของ Test section ซึ่งจะต่อเข้ากับชุด Manual data logger และ Digital data logger ซึ่งแสดงผลออกทางคอมพิวเตอร์

ระบบน้ำหล่อเย็น(Chilled water loop) น้ำในถังจะถูกลดอุณหภูมิหรือทำให้เย็นโดยระบบทำความเย็น (R22 loop) หรือเพิ่มอุณหภูมิโดย Heater ซึ่งสามารถตั้งค่าอุณหภูมิน้ำได้ที่ Temperature controller จากนั้นน้ำจะถูกสูบให้ไหลไปตามท่อน้ำ และไหลผ่านขดท่อของชุดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน แล้วไหลกลับมายังถังน้ำดังเดิม ซึ่งสามารถควบคุมอัตราการไหลของน้ำได้โดยการเปิด-ปิดวาล์ว และอ่านค่าอัตราการไหลของน้ำได้จากโรตاميเตอร์ และที่ท่อน้ำทางเข้าและทางออกของชุดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลสำหรับวัดอุณหภูมิน้ำ ซึ่งจะต่อเข้ากับชุด Digital data logger และแสดงผลออกทางคอมพิวเตอร์เช่นกัน

ตารางที่ 5.1 Accuracy and Uncertainty of Measurement

Instrument	Accuracy	Uncertainty
Digital Manometer (pressure , mmHg)	2.0%	± 0.01
Rotameter (Water flow rate , kg/s)	0.2%	± 0.01
Thermocouple type T, Data logger, ($^{\circ}\text{C}$)	0.1% 0.04%	} ± 0.01
Humidity Transmitter (%RH)	0.5%	
		± 0.02

5.3 สภาพที่ทำการทดลอง

ตารางที่ 5.2 การทดลองที่สภาวะผิวแห้ง (Dry surface condition)

ตัวแปร	ช่วง
อุณหภูมิน้ำขาเข้า, $^{\circ}\text{C}$	40-50
อุณหภูมิอากาศขาเข้า, $^{\circ}\text{C}$	Ambient temp.
อัตราการไหลของน้ำ, kg / s	0.2-0.4
อัตราการไหลของอากาศ, kg / s	0.04-0.13

ตารางที่ 5.3 การทดลองที่สภาวะผิวเปียก (Wet surface condition)

ตัวแปร	ช่วง
อุณหภูมิน้ำขาเข้า, $^{\circ}\text{C}$	10-20
อุณหภูมิอากาศขาเข้า, $^{\circ}\text{C}$	40-50
อัตราการไหลของน้ำ, kg / s	0.2-0.4
อัตราการไหลของอากาศ, kg / s	0.04-0.13

5.4 วิธีการทดลอง

5.4.1 วิธีการทดลองที่สภาวะผิวแห้ง

สำหรับการทดลองในสภาวะผิวแห้ง จะใช้อากาศที่อุณหภูมิประมาณ 32°C ควบคุมอุณหภูมิโดยใช้ Heater ซึ่งมีขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

1. เปิด Heater ของน้ำ แล้วตั้งอุณหภูมิที่ 40°C
2. เปิดอุปกรณ์ปรับความถี่ของมอเตอร์ แล้วตั้งค่าความถี่ที่ 15 Hz
3. เปิดปั๊มน้ำแล้วปรับอัตราการไหลของน้ำไปที่ 12.5 l/min
4. รอจนกระทั่งระบบเข้าสู่สภาวะสมดุล ซึ่งสามารถดูได้จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ณ ตำแหน่งต่างๆ ของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนซึ่งจะแสดงอยู่ใน โปรแกรม Data logger แล้วทำการบันทึกค่าอุณหภูมิ น้ำ อากาศและค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ทางเข้าและทางออกของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน อุณหภูมิ น้ำใน ท่อและอุณหภูมิผิวท่อ ค่า Pressure drop ที่ Orifice และค่าความดันบรรยากาศขณะทำการ ทดลอง
5. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1-4 แต่จะเพิ่มอัตราการไหลของอากาศโดยการปรับความถี่เป็น $20, 25, 30, 35, 40, 45$ และ 50 Hz ตามลำดับ
6. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1- 5 แต่จะเพิ่มอัตราการไหลของน้ำเป็น $15, 17.5, 20$ และ 22.5 l/min ตามลำดับ
7. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1- 6 แต่จะเพิ่มอุณหภูมิของน้ำเป็น 45 และ 50°C ตามลำดับ
8. นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาอัตราการถ่ายเทความร้อน สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนด้านน้ำและอากาศ ประสิทธิภาพ และค่า Colburn j factor ของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

5.4.2 วิธีการทดลองที่สภาวะผิวเปียก

1. เปิดเครื่องทำความเย็นของน้ำ แล้วตั้งอุณหภูมิที่ 10°C
2. เปิดอุปกรณ์ปรับความถี่ของมอเตอร์ แล้วตั้งค่าความถี่ที่ 15 Hz
3. เปิดอุปกรณ์ทำความร้อนให้กับอากาศโดยตั้งอุณหภูมิที่ 40°C
4. เปิดปั๊มน้ำแล้วปรับอัตราการไหลของน้ำไปที่ 12.5 l/min
5. รอจนกระทั่งระบบเข้าสู่สภาวะสมดุล ซึ่งสามารถดูได้จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ณ ตำแหน่งต่างๆ ของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนซึ่งจะแสดงอยู่ในโปรแกรม Data logger แล้วทำการบันทึกค่าอุณหภูมิ น้ำ อากาศและค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ทางเข้า

และทางออกของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน อุณหภูมิน้ำในท่อและอุณหภูมิผิวท่อ ค่า Pressure drop ที่ Orifice และค่าความดันบรรยากาศขณะทำการทดลอง

6. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1 - 5 แต่จะเพิ่มอัตราการไหลของอากาศโดยการปรับความถี่ เป็น 20, 25, 30, 35, 40, 45 และ 50 Hz ตามลำดับ

7. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1- 6 แต่จะเพิ่มอัตราการไหลของน้ำเป็น 15, 17.5, 20 และ 22.5 l/min ตามลำดับ

8. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1- 7 แต่จะเพิ่มอุณหภูมิของน้ำเป็น 15, 17.5, และ 20 °C ตามลำดับ

9. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1- 8 แต่จะเพิ่มอุณหภูมิของอากาศขึ้นเป็น 45 และ 50 °C ตามลำดับ

นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาอัตราการถ่ายเทความร้อน สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ประสิทธิภาพเชิงเอนทัลปี ประสิทธิภาพเชิงความชื้น ค่าความดันลดของอากาศ และค่า Colburn j factor ของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน