

# เครื่องควมแน่นน้ำโดยประยุกต์ใช้เพลเทียร์



นายอิทธิเทพ พิงเมือง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโฟตอนิกส์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี  
ปีการศึกษา 2559

**WATER CONDENSATION GENERATOR BASED ON  
PELTIER COOLERMODULE**



**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements**

**for the Degree of Master of Engineering in**

**Electronic and Photonic Engineering**

**Suranaree University of Technology**

**Academic Year 2016**

## เครื่องความแน่นน้ำโดยประยุกต์ใช้เพลทเทียร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

\_\_\_\_\_

(รศ.ดร.ชาญชัย ทองโสภิต)

ประธานกรรมการ

\_\_\_\_\_

(รศ.ดร.พีระพงษ์ อุฑารสกุล)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

\_\_\_\_\_

(อ.ดร.ชนเสฏฐ์ ทศศิกรพัฒน์)

กรรมการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

\_\_\_\_\_

(ศ.ดร.ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและนวัตกรรม

\_\_\_\_\_

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

อิทธิเทพ พึ่งเมือง:เครื่องควบแน่นน้ำโดยประยุกต์ใช้เพลเทียร์

(WATER CONDENSATION GENERATOR BASED ON PELTIER COOLER  
MODULE)อาจารย์ที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์ดร.พีระพงษ์ อุฑารสกุล, 57หน้า

ในปัจจุบันมีการนำโมดูลเพลเทียร์มาประยุกต์ใช้ในหลากหลายรูปแบบ เช่น การระบายความร้อน การทำตู้เย็นขนาดเล็ก การนำโมดูลเพลเทียร์มาเป็นเซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ เป็นต้น แต่ยังไม่มียานวิจัยที่นำโมดูลเพลเทียร์ มาประยุกต์ใช้ในการผลิตน้ำโดยตรงสำหรับงานวิจัยนี้ได้เสนอการผลิตน้ำจากอากาศโดยอาศัยหลักการควบแน่น และประยุกต์ใช้โมดูลเพลเทียร์ เพื่อเป็นแหล่งกำเนิดความเย็น การเกิดปรากฏการณ์ควบแน่นนั้น สามารถเกิดขึ้นโดยเมื่ออุณหภูมิของผิวของวัตถุลดต่ำลงจนถึงอุณหภูมิมืดตัวของไอน้ำ จะทำให้เกิดปรากฏการณ์ควบแน่นขึ้น และเนื่องจากปรากฏการณ์ควบแน่นจะต้องอาศัยแหล่งกำเนิดความเย็น ผู้วิจัยจึงได้นำโมดูลเพลเทียร์ ซึ่งมีความสามารถในการทำความเย็นมาใช้ โดยเมื่อป้อนไฟฟ้ากระแสตรงให้กับเพลเทียร์จะทำให้เกิดจะทำให้เกิดความร้อนขึ้นที่ด้านหนึ่งของเพลเทียร์และเกิดความร้อนขึ้นในด้านตรงกันข้าม เครื่องควบแน่นน้ำ มีองค์ประกอบหลักคือ โมดูลเพลเทียร์ ทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดความเย็น ซึ่งระบายความร้อน ทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากด้านร้อนของโมดูลเพลเทียร์ และซิงค์เย็น ซึ่งจะติดไว้กับด้านเย็นของโมดูลของเพลเทียร์ ทำหน้าที่รับความเย็นจากโมดูลเพลเทียร์และส่งผ่านความเย็น ไปยังผิวของซิงค์เย็น กระตุ้นให้เกิดการควบแน่นของไอน้ำที่ผิวของซิงค์เย็น ทำให้เกิดน้ำหยดลงมา

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ลายมือชื่อนักศึกษา

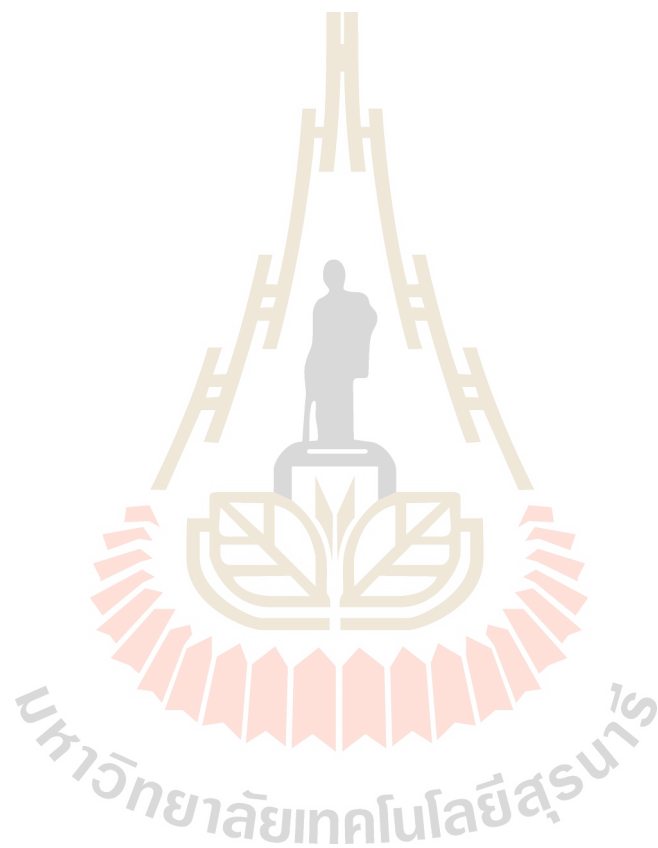
ปีการศึกษา2559 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

AITTITEP PHUNGMUANG:WATER CONDENSATION GENERATOR  
BASED ON PELTIER COOLER MODULE.THESIS ADVISOR: ASSOC.  
PROF. PEERAPONG UTHANSAKUL, Ph.D., 57PP.

PELTIER/CONDENSATION/THERMOELECTRIC

This paper focuses on new technology to generate the water as alternative solution of water destitution problem. The water condensation generator is the equipment having capability to generate water by making the condensation environment for vapor in normal atmosphere. The basic element of WCG includes the peltier cooler module, heat sink and cold sink (made from aluminum). From the principle of peltier, when we give the DC voltage to the peltier cooler module, the positive and negative charge carriers in the pellet array absorb heat energy from one substrate surface and release it to the substrate at the opposite side. The side where heat energy is absorbed becomes cold and the opposite side where heat energy is released becomes hot. We connect the cold sink with the cold surface and connect the heat sink in the hot surface of peltier cooler module. The heat sink serves transferred heat leaves the peltier cooler module with the fluid in motion. Consequently, when the temperature of surface of cold sink is lower than vapor saturation temperature, it begins the water condensation effect. Finally, the WCG can generate the water to be used for any purposes. As seen in Figure 1, the configuration of Water Condensation Generator has been presented. The condensation process is occurred at the cold sink and the water will flow from the top to the bottom of cold sink by the force of earth gravity.

At the current stage of WCG, the authors have implemented the real prototype of WCG and it can really generate the water. However, the current amount of water is still little which the authors are maximizing the results by controlling the duty cycle of peltier cooler module.



School of Electronics Engineering Student's Signature \_\_\_\_\_

Academic Year 2016 Advisor's Signature \_\_\_\_\_



## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งด้านวิชาการ และด้านดำเนินงานวิจัย จากบุคคลต่างๆ ได้แก่

รองศาสตราจารย์ ดร.พีระพงษ์ อุฑารสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้โอกาสทางการศึกษา ให้คำแนะนำปรึกษา ช่วยแก้ปัญหา และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด รวมทั้งช่วยตรวจทาน และแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

รองศาสตราจารย์ ดร.ชาญชัย ทองโสภณ หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และรองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ วงศ์สรรค์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ ทองทา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร.ประโยชน์ คำสวัสดิ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี หัตถกรรม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ วาณิชอนันต์ชัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยาภรณ์ กระจกอนอก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญส่ง สุตะพันธ์ และอาจารย์ ดร.ธนเสถียร ทศศิกรพัฒน์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมและสาขา วิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ความรู้ด้านวิชาการและให้โอกาสในการศึกษา

ขอขอบคุณพี่ เพื่อน และน้องบัณฑิตศึกษาทุกคน ที่คอยให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจ และขอบคุณ คุณสรัญญา อินทโชติ เลขานุการสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ที่ให้คำปรึกษาและจัดการด้านเอกสารตลอดระยะเวลาการศึกษา

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณอาจารย์ผู้สอนทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ด้านต่างๆ ทั้งในอดีตและปัจจุบัน และขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา รวมถึงญาติพี่น้องของผู้วิจัยทุกท่านที่ให้การอบรมเลี้ยงดูและให้การสนับสนุนทางการศึกษาโดยเป็นอย่างดีมาโดยตลอด ทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในชีวิตเรื่อยมา สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้กับบิดา มารดาและญาติพี่น้องซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครู อาจารย์ผู้สอนที่เคารพทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ผู้วิจัยทั้งในอดีตและปัจจุบัน จนสำเร็จการศึกษาไปได้ด้วยดี

อิทธิเทพ พึ่งเมือง



# สารบัญ

## หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ฉ

## บทที่

<b>1 บทนำ</b> .....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย .....	4
1.3 สมมุติฐานของการวิจัย .....	4
1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น .....	4
1.5 ขอบเขตการวิจัย .....	4
1.6 วิธีดำเนินการวิจัย.....	4
1.6.1 แนวทางการดำเนินงานวิจัย .....	4
1.6.2 ระเบียบวิธีวิจัย .....	5
1.6.3 สถานที่ทำการวิจัย .....	5
1.6.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....	5
1.6.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล .....	6
1.6.6 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	6
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	6
1.8 ส่วนประกอบของวิทยานิพนธ์ .....	6
<b>2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....</b>	<b>7</b>
2.1 กล่าวนำ.....	7
2.2 การเกิดน้ำตามธรรมชาติ.....	7
2.3 การควบแน่นของน้ำ.....	9

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4 การทำงานของเพลเทียร์.....	12
2.5 สรุป.....	15
<b>3 การออกแบบและสร้างเครื่องควบแน่นน้ำ</b> .....	<b>16</b>
3.1 กล่าวนำ .....	16
3.2 การออกแบบวงจรไฟฟ้าและระบบการทำงานของเครื่องผลิตน้ำ.....	16
3.2.1 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC Power supply).....	17
3.2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller).....	18
3.2.3 บอร์ดรีเลย์ (Relay board).....	19
3.2.4 เซ็นเซอร์ (Sensor).....	20
3.2.5 เพลเทียร์ (Peltier).....	23
3.2.6 ซิงค์ระบายความร้อน (Heat sink).....	24
3.2.7 พัดลม (Fan).....	24
3.2.8 แผ่นอลูมิเนียม (Aluminum).....	24
3.3 การออกแบบโครงสร้างของเครื่องควบแน่นน้ำ.....	25
3.4 การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่อง.....	27
3.5 สรุป .....	28
<b>4 การทดสอบการทำงานของเครื่องควบแน่นน้ำ</b> .....	<b>29</b>
4.1 กล่าวนำ.....	29
4.2 ขั้นตอนการทดลอง.....	29
4.3 การทดสอบเครื่องควบแน่นน้ำ.....	33
4.3.1 การทดลองครั้งที่ 1 .....	33
4.3.2 การทดลองครั้งที่ 2 .....	35
4.3.3 การทดลองครั้งที่ 3.....	37
4.3.4 การทดลองครั้งที่ 4.....	39
4.3.5 การทดลองครั้งที่ 5.....	41
4.4 เปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลการทดลอง .....	43
4.5 สรุป.....	45

## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5 สรุปงานวิจัยและข้อเสนอแนะ .....	46
5.1 สรุปเนื้อหาวิทยานิพนธ์ .....	46
5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ .....	47
5.3 แนวทางการพัฒนาในอนาคต .....	48
รายการอ้างอิง.....	49
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. ข้อมูลโค้ดภาษาซีโปรแกรม Arduino ที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่อง.....	51
ภาคผนวก ข. บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่.....	55
ประวัติผู้เขียน.....	57

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1	คุณสมบัติของบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ รุ่น Arduino Leonardo.....19
4.1	ข้อมูลผลการทดลองเครื่องควบแน่นน้ำทิ้ง 5 ครั้ง.....43
4.2	ข้อมูลผลการทดลองและการคำนวณของเครื่องควบแน่นน้ำทิ้ง 5 ครั้ง.....44



## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 แสดงระบบการทำงานของเครื่องปรับอากาศ.....	2
1.2 โครงสร้างของโมดูลเพลทีเยอร์.....	3
1.3 ภาพแสดงการทำงานของเพลทีเยอร์.....	3
2.1 วัฏจักรของน้ำ .....	7
2.2 ภาพแสดงน้ำเกาะข้างแก้ว .....	8
2.3 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างไอน้ำและความสามารถในการรองรับไอน้ำของ อากาศในอุณหภูมิต่างๆ.....	9
2.4 ปრაกฏการณ์ซีเบค .....	12
2.5 ปრაกฏการณ์เพลทีเยอร์ .....	12
2.6 โครงสร้างของโมดูลเพลทีเยอร์ .....	13
2.7 แผนภาพแสดงทำงานของเพลทีเยอร์ .....	14
2.8 เพลทีเยอร์แต่ละแบบ .....	14
3.1 แผนภาพแสดงระบบการทำงานของเครื่องผลิตน้ำ .....	16
3.2 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น Arduino Leonardo .....	18
3.3 บอร์ดรีเลย์ (Relay board).....	19
3.4 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ DS18B20.....	20
3.5 การต่อตัวต้านทาน PULL UP กับเซ็นเซอร์ DS18B20.....	21
3.6 เซ็นเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิ รุ่น DHT11.....	22
3.7 การเชื่อมต่อเซ็นเซอร์ DHT11 กับชุดควบคุม.....	22
3.8 โมดูลเพลทีเยอร์ .....	23
3.9 ภาพแสดงการจัดวางอุปกรณ์แผ่นอลูมิเนียม เพลทีเยอร์ ซึ่งกระจายความร้อน และพัดลม .....	24
3.10 ภาพแสดงการไหลเวียนของอากาศของเครื่องควบแน่นน้ำ.....	25
3.11 โครงสร้างของเครื่องควบแน่นน้ำ.....	26
3.12 ฝั่งงานของการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องควบแน่นน้ำ.....	27
4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง .....	29
4.2 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ USB เข้ากับบอร์ดควบคุม.....	30

## สารบัญรูป (ต่อ)

### รูปที่ หน้า

4.3	หน้าต่างโปรแกรม Arduino.....	30
4.4	การเลือก Port ในโปรแกรม Arduino.....	31
4.5	หน้าต่าง Serial monitor.....	31
4.6	กราฟแสดงอุณหภูมิห้องตลอดการทดลองที่ 1 .....	33
4.7	กราฟแสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ตลอดการทดลองที่ 1 .....	33
4.8	กราฟแสดงอุณหภูมิจุดน้ำค้างตลอดการทดลองที่ 1 .....	34
4.9	กราฟแสดงอุณหภูมิห้องตลอดการทดลองที่ 2.....	35
4.10	กราฟแสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ตลอดการทดลองที่ 2.....	35
4.11	กราฟแสดงอุณหภูมิจุดน้ำค้างตลอดการทดลองที่ 2.....	36
4.12	กราฟแสดงอุณหภูมิห้องตลอดการทดลองที่ 3.....	37
4.13	กราฟแสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ตลอดการทดลองที่ 3.....	37
4.14	กราฟแสดงอุณหภูมิจุดน้ำค้างตลอดการทดลองที่ 3.....	38
4.15	กราฟแสดงอุณหภูมิห้องตลอดการทดลองที่ 4.....	39
4.16	กราฟแสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ตลอดการทดลองที่ 4.....	39
4.17	กราฟแสดงอุณหภูมิจุดน้ำค้างตลอดการทดลองที่ 4.....	40
4.18	กราฟแสดงอุณหภูมิห้องตลอดการทดลองที่ 5.....	41
4.19	กราฟแสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ตลอดการทดลองที่ 5.....	41
4.20	กราฟแสดงอุณหภูมิจุดน้ำค้างตลอดการทดลองที่ 5.....	42
4.21	กราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำที่วัดได้กับค่าความชื้นสัมพัทธ์.....	43
4.22	กราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำจากการทดลองและการคำนวณต่อหน่วยความชื้นสัมพัทธ์....	44
5.1	พัลลมระบายอากาศขนาด 12V 2.7A.....	47

# บทที่ 1

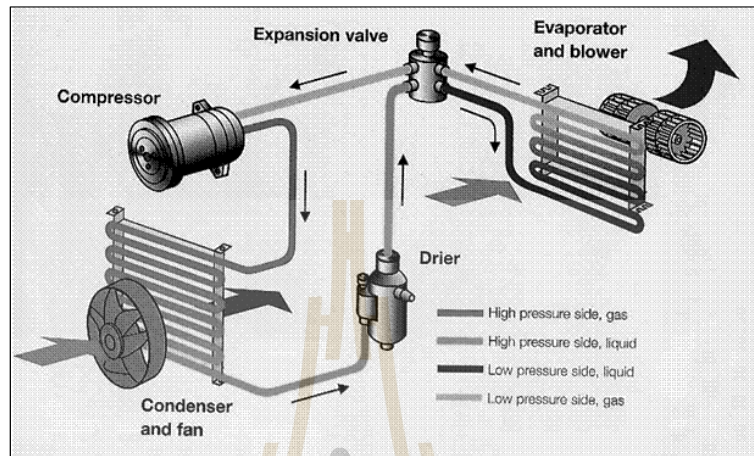
## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขปัญหาสำหรับการอุปโภคและบริโภคในภาคครัวเรือนในพื้นที่ที่ขาดแคลนน้ำ ซึ่งในปัจจุบันมีกรรมวิธีการต่างๆ ที่จะทำให้น้ำเพื่อใช้ในการอุปโภคและบริโภค เช่น การทำฝนเทียม (Silverman, Bernard A., and Wathana Sukarnjanaset, 2000: 1160-1175) กระบวนการทำน้ำจืดจากน้ำทะเล โดยการนำน้ำทะเลมาผ่านกระบวนการเพื่อแยกเกลือกับน้ำออกจากกัน (Knust, Kyle N., et al., 2013: 8107-8110) การใช้แหล่งน้ำใต้ดิน โดยวิธีการขุดบ่อน้ำบาดาล อย่างไรก็ตาม การทำฝนเทียมยังต้องใช้งบประมาณที่สูง และในส่วนของกระบวนการเปลี่ยนน้ำจืดจากน้ำทะเลนั้น ก็จะต้องมีน้ำทะเลเป็นวัตถุดิบ จึงไม่ครอบคลุมพื้นที่ ที่ห่างไกลจากชายฝั่งทะเล

สำหรับงานวิจัยนี้จะนำเสนอทางเลือกการผลิตน้ำจากอากาศ โดยใช้หลักการควบแน่นของไอน้ำที่ผิวของวัตถุ เมื่ออุณหภูมิที่ผิวของวัตถุลดลงจนถึงอุณหภูมิอิ่มตัวของไอน้ำจะทำให้เกิดการควบแน่นของไอน้ำขึ้นที่บริเวณผิวของวัตถุ (Holman, and J. P., 2001: 7-39) ปรากฏการณ์ควบแน่นจึงสามารถเกิดขึ้นได้เมื่อมีพื้นผิวที่เย็นกระทบกับไอน้ำในอากาศ เช่น การควบแน่นในระบบเครื่องปรับอากาศ เมื่ออากาศมากระทบกับคอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศซึ่งมีอุณหภูมิต่ำ ทำให้เกิดการควบแน่นของไอน้ำขึ้น (Chandra, and Arora Ramesh, 2010) ดังแสดงในรูปที่ 1 ระบบทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศประกอบด้วย คอมเพรสเซอร์ (Compressor) ทำหน้าที่อัดสารทำความเย็นสถานะก๊าซความดันต่ำ ให้เป็นก๊าซร้อนความดันสูง ส่งผ่านไปยัง คอยล์ร้อน (Condenser) ก๊าซร้อนความดันสูงจะควบแน่นกลายเป็นของเหลว และส่งผ่านไปยัง ฟिलเตอร์ดรายเออร์ (Filter Drier) ทำหน้าที่กรองสารทำความเย็น ผ่านไปยังเอ็กซ์แพนชันวาล์ว (Expansion Valve) ทำหน้าที่ปรับความดันจากสารทำความเย็นความดันสูงไปเป็นความดันต่ำ และฉีดสารทำความเย็นเข้าไปที่คอยล์เย็น (Evaporator) พร้อมทั้งลดอุณหภูมิลงและเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของเหลวผสมก๊าซ ทำให้ คอยล์เย็น (Evaporator) เกิดความเย็นขึ้นและนำความเย็นนี้ไปใช้ปรับอากาศขณะเดียวกัน เนื่องจาก คอยล์เย็น (Evaporator) มีอุณหภูมิต่ำ ที่ผิวด้านนอกของคอยล์เย็น (Evaporator) เกิดการควบแน่นของไอน้ำขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามระบบทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศโดยทั่วไปยังคงมีกระบวนการของระบบที่ซับซ้อน และมีองค์ประกอบหลายส่วน แต่ยังมีอุปกรณ์ที่สามารถสร้างความเย็นได้ โดยใช้วิธีการที่เรียบง่ายกว่าและมีขนาดเล็กกว่าเครื่องทำความเย็นทั่วไป

นั่นคือการใช้โมดูลเพลเทียร์เพื่อเป็นแหล่งกำเนิดความเย็น เพียงแค่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับโมดูลเพลเทียร์ก็สามารถสร้างความเย็นได้

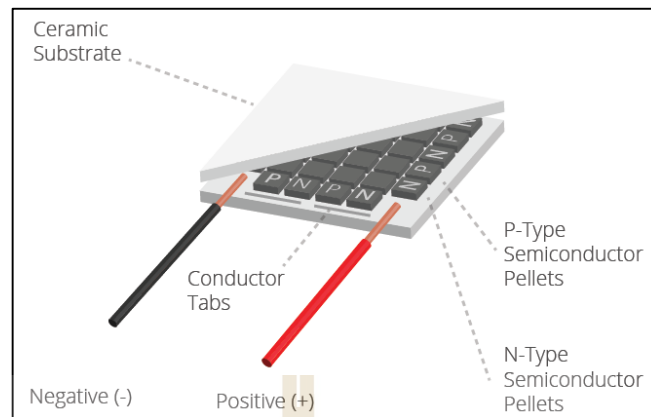


รูปที่ 1.1 ภาพแสดงระบบการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

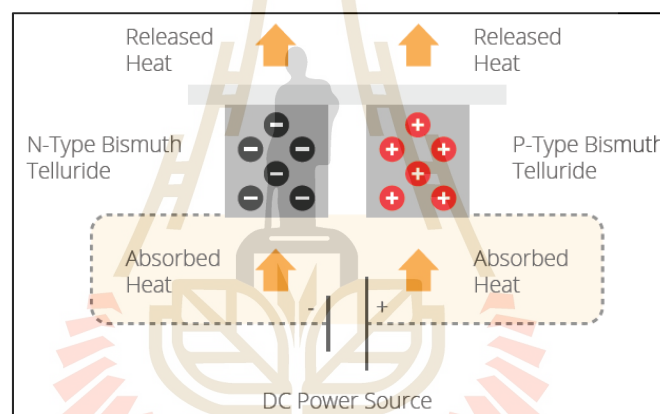
(Chandra, and Arora Ramesh, 2010)

งานวิจัยนี้จึงนำโมดูลเพลเทียร์มาประยุกต์ใช้เพื่อเป็นแหล่งกำเนิดความเย็น โดยองค์ประกอบของโมดูลเพลเทียร์ประกอบด้วย สารกึ่งตัวนำชนิดพีและสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นที่มีรูปทรงเป็นสี่เหลี่ยม มีตัวนำเชื่อมต่อระหว่างสารพีและสารเอ็น และมีแผ่น เซรามิก ประกอบอยู่ทั้งสองด้าน ดังแสดงในรูปที่ 1.2 และจากรูปที่ 1.3 เมื่อป้อนไฟฟ้ากระแสตรงให้กับโมดูลเพลเทียร์ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวัสดุที่ทำจากสารกึ่งตัวนำต่างชนิดกัน ทำให้เกิดการดูดกลืนพลังงานของอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่จากระดับพลังงานต่ำในสารกึ่งตัวนำชนิดพี สู่ระดับพลังงานสูงในสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ส่งผลให้เกิดการดูดกลืนความร้อนที่ด้านเย็น และในขณะเดียวกันก็เกิดการคายพลังงานของอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่จากระดับพลังงานสูงในสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นสู่ระดับพลังงานต่ำในสารกึ่งตัวนำชนิดพี ส่งผลให้เกิดการคายความร้อนที่ด้านร้อนขึ้น ด้วยหลักการนี้จึงสามารถนำโมดูลเพลเทียร์มาใช้เป็นแหล่งกำเนิดความเย็นได้





รูปที่ 1.2 โครงสร้างของโมดูลเพลเทียร์ (www.cui.com, 2016)



รูปที่ 1.3 แสดงการทำงานของเพลเทียร์ (www.cui.com, 2016)

ซึ่งปัจจุบันมีการใช้งานโมดูลเพลเทียร์ในหลากหลายรูปแบบ เช่น การระบายความร้อนให้ไมโครชิปหรือการนำโมดูลเพลเทียร์ไปใช้เป็นเซ็นเซอร์ในการตรวจวัดความร้อนแต่ยังไม่มีงานวิจัยใดที่นำโมดูลเพลเทียร์มาประยุกต์ใช้ในการผลิตน้ำโดยตรง ผู้วิจัยจึงเสนอแนวคิดที่จะนำโมดูลเพลเทียร์มาให้เป็นแหล่งกำเนิดความเย็นสำหรับการควบแน่นไอน้ำของเครื่องผลิตน้ำที่นำเสนอ โดยมีองค์ประกอบหลัก 4 ส่วนดังนี้ โมดูลเพลเทียร์ ซึ่งกระจายความร้อน ระบบหมุนเวียนอากาศ และระบบแหล่งจ่ายไฟฟ้า โดยมีการทำงานดังนี้ แหล่งจ่ายไฟฟ้าจะจ่ายไฟให้กับ โมดูลเพลเทียร์จากนั้นเพลเทียร์จะเกิดความร้อนขึ้นที่ด้านหนึ่งและจะเกิดความเย็นขึ้นในด้านตรงข้าม ดัดซึ่งกระจายความร้อนเข้ากับด้านร้อนของโมดูลเพลเทียร์ เพื่อระบายความร้อนออก และมีการออกแบบระบบหมุนเวียนอากาศบริเวณด้านเย็นของ โมดูลเพลเทียร์ เพื่อให้อากาศหมุนเวียนเข้าไปกระทบกับผิวเย็นและกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาควบแน่นขึ้น

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

สร้างเครื่องผลิตน้ำโดยประยุกต์ใช้ไมโครเพลเทียร์สำหรับเป็นทางเลือกในการแก้ไขปัญหาขาดแคลนน้ำเพื่อการบริโภคในภาคครัวเรือน

## 1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 อุปกรณ์เพลเทียร์สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อเป็นแหล่งกำเนิดความเย็นให้กับเครื่องควบแน่นน้ำได้

1.3.2 เครื่องควบแน่นน้ำนี้ สามารถสร้างปรากฏการณ์ควบแน่นได้อย่างต่อเนื่อง และผลิตน้ำออกมาได้อย่างต่อเนื่อง

## 1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น

1.4.1 ประยุกต์ใช้อุปกรณ์เพลเทียร์ให้เป็นแหล่งกำเนิดความเย็นของเครื่องควบแน่นน้ำ

1.4.2 ใช้เซ็นเซอร์ในการตรวจจับพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง เช่น อุณหภูมิ ความชื้น เพื่อนำไปประมวลผลโดยชุดควบคุม ในการสั่งการทำงานของเครื่อง

## 1.5 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการทดลองในพื้นที่ ที่มีขอบเขตด้านอุณหภูมิ ความชื้น ที่ขึ้นอยู่กับสภาวะขณะนั้น ไม่สามารถกำหนดได้

## 1.6 วิธีดำเนินการวิจัย

1.6.1 แนวทางการดำเนินงาน

- 1) สสำรวจปรัทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเกิดน้ำ
- 2) สสำรวจปรัทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบการใช้งานเพลเทียร์
- 3) ศึกษาสมการการคำนวณหาปริมาณน้ำจากการควบแน่น
- 4) ออกแบบอุปกรณ์ควบแน่นน้ำโดยใช้เพลเทียร์เป็นส่วนประกอบสำคัญ
- 5) ทำการทดสอบเครื่องควบแน่นน้ำและเก็บข้อมูลปริมาณน้ำ อุณหภูมิห้อง และความชื้นสัมพัทธ์
- 6) ทำการคำนวณปริมาณน้ำจากข้อมูล อุณหภูมิห้อง และค่าความชื้นสัมพัทธ์
- 7) วิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างข้อมูลปริมาณน้ำที่ได้จากการเครื่องควบแน่นและข้อมูลปริมาณน้ำจากการคำนวณ แล้วทำการสรุปผล

### 1.6.2 ระเบียบวิธีวิจัย

เป็นงานวิจัยประยุกต์ ซึ่งดำเนินการตามกรอบงานดังต่อไปนี้

1) ทำการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสำรวจปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์

2) ศึกษาเทคนิควิธีการในการใช้งานเพลเทียร์รูปแบบต่าง ๆ

3) ประยุกต์วิธีการใช้งานเพลเทียร์ให้เหมาะสมกับการสร้างการควบแน่นของน้ำ

4) นำองค์ความรู้ที่ได้มาออกแบบเครื่องควบแน่นน้ำ

5) ทำการทดลองและเก็บข้อมูล

6) เปรียบเทียบผลปริมาณน้ำจากการทดลองและจากการคำนวณ

### 1.6.3 สถานที่ทำการวิจัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 111 ถนนมหาวิทยาลัย ต. สุรนารี อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000

### 1.6.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) อุปกรณ์เพลเทียร์ (Peltier)

2) เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer)

3) บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Leonardo และโปรแกรม Arduino

4) เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ (DS18B20)

5) เซ็นเซอร์วัดความชื้น (DHT22)

6) เครื่องมือวัดดิจิตอลมัลติมิเตอร์ (Digital Multimeter)

7) ซิงค์ระบายความร้อน (Heat sink)

8) โปรแกรม Microsoft Office

9) โปรแกรม Solid Works

10) โปรแกรม Photoshop

11) เครื่องมือและอุปกรณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น สายไฟ ตะกั่ว หัวแร้ง ฯลฯ

#### 1.6.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1) ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสำรวจปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์

2) เก็บรวบรวมผลจากการทดสอบเครื่องควบแน่นน้ำ โดยเก็บเป็นข้อมูล ปริมาณน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิห้อง

#### 1.6.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลจากการทดสอบเครื่องควบแน่นน้ำเฉพาะส่วนของ ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิห้อง มาคำนวณหาปริมาณน้ำที่ได้จากการควบแน่นโดยทฤษฎี และวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยการเปรียบเทียบปริมาณน้ำที่คำนวณได้จากสมการและปริมาณน้ำที่ผลิตได้จริงจากเครื่องควบแน่นน้ำ

### 1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอทางเลือกแนวทางและวิธีการผลิตน้ำเพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำ ซึ่งงานวิจัยนี้อาจจะเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการสร้างน้ำเพื่อการบริโภค

### 1.8 ส่วนประกอบของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย 5 บท

**บทที่ 1** เป็นบทนำ กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของการวิจัย สมมติฐานของการวิจัย ขอบเขตการวิจัย วิธีดำเนินการวิจัย และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

**บทที่ 2** กล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเครื่องควบแน่นน้ำ

**บทที่ 3** กล่าวถึงการออกแบบโครงสร้างและระบบการทำงานของเครื่องผลิตน้ำ

**บทที่ 4** กล่าวถึงการเก็บผลการทดลอง และวิเคราะห์การทำงานของเครื่องผลิตน้ำในสถานะต่างๆกัน

**บทที่ 5** กล่าวถึงการสรุปผลของการวิจัย ปัญหาและข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนาในอนาคต

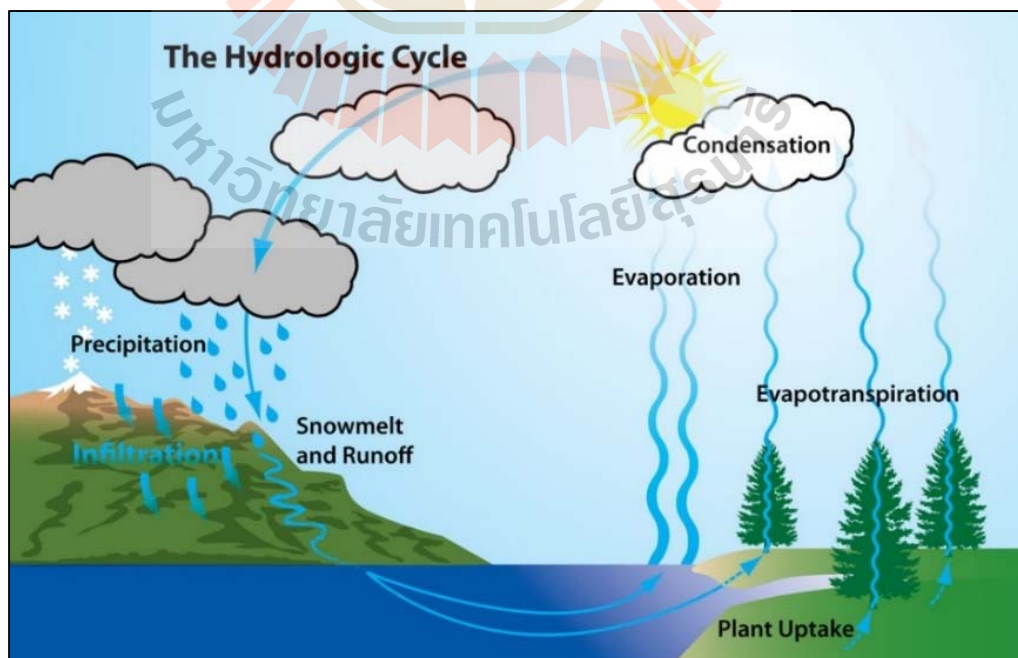
## บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ซึ่งแบ่งเป็นทั้งหมด 5 ส่วน คือ 1) การกล่าวนำเข้าสู่เนื้อหา 2) กล่าวถึงการเกิดน้ำตามธรรมชาติ ความเข้าใจเกี่ยวกับวัฏจักรของน้ำตามธรรมชาติเพื่อให้ทราบถึงการเกิดขึ้นของน้ำอยู่ในส่วนใดในวัฏจักรของน้ำ 3) กล่าวถึงทฤษฎีการควบแน่นของน้ำ ซึ่งเป็นหลักการที่สำคัญของงานวิจัยนี้ 4) กล่าวถึงการทำงานของเพลเทียร์ 5) เป็นการสรุปเนื้อหาทั้งหมดในบทนี้

### 2.2 การเกิดน้ำตามธรรมชาติ

ตัวอย่างของการเกิดน้ำตามธรรมชาติ ที่เห็นได้ชัดเจนที่สุดคือ การเกิดฝนนั่นเอง ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการวัฏจักรของน้ำ จะสามารถอธิบายได้โดยแผนภาพใน รูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 วัฏจักรของน้ำ(ภาพจากเว็บไซต์ [www.nj.gov/drbc/hydrological](http://www.nj.gov/drbc/hydrological)  
สืบค้นเมื่อ 14 ธันวาคม 2559)

การเกิดน้ำตามธรรมชาตินั้นจะหมุนเวียนเปลี่ยนสถานะไปตามองค์ประกอบของสภาพแวดล้อม โดยจะหมุนเวียนไปเป็นวงรอบ เรียกว่า วัฏจักรของน้ำ เมื่อน้ำระเหยจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติ ไอน้ำจะลอยตัวสูงขึ้นในชั้นบรรยากาศ ซึ่งในชั้นบรรยากาศที่สูงจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าชั้นบรรยากาศที่ต่ำ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ เมื่อน้ำที่ลอยตัวอยู่ในชั้นบรรยากาศมีอุณหภูมิต่ำลงจนถึงจุดอิ่มตัว ไอน้ำเหล่านี้จะเกิดการควบแน่นขึ้น และเปลี่ยนสถานะจากก๊าซเป็นของเหลว ซึ่งอยู่ในรูปของก้อนเมฆ และเมื่อเมฆเหล่านี้ลอยตัวไปเจอกับอากาศเย็น จะส่งผลให้เกิดฝนตกลงมาสู่แหล่งน้ำอีกครั้ง

สำหรับเกิดน้ำในสถานะของเหลวนั้น เกิดขึ้นตั้งแต่การเกิดก้อนเมฆแล้ว โดยเกิดขึ้นจากกระบวนการควบแน่น เมื่อน้ำลอยตัวขึ้นสูง อุณหภูมิที่ระดับชั้นบรรยากาศสูงจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิกากพื้น จึงทำให้อไอน้ำเกิดการควบแน่นขึ้นกลายเป็นน้ำในสถานะของเหลว



รูปที่ 2.2 ภาพแสดงน้ำเกาะข้างแก้ว (Roy Winkelman, 2011)

อีกหนึ่งตัวอย่างของการเกิดน้ำ ที่ใกล้ตัวเรามากที่สุด คือการเกิดหยดน้ำข้างแก้ว น้ำที่เกาะข้างแก้วนี้คือน้ำที่มาจากไอน้ำในอากาศ มากระทบกับความเย็นของแก้ว เมื่ออุณหภูมิของไอน้ำบริเวณใกล้ผิวของแก้วลดลง จนต่ำกว่าอุณหภูมิมืดตัวของไอน้ำ หรือ อุณหภูมิจุดน้ำค้าง ก็จะทำให้เกิดการควบแน่นขึ้นที่บริเวณผิวของแก้วนั่นเอง

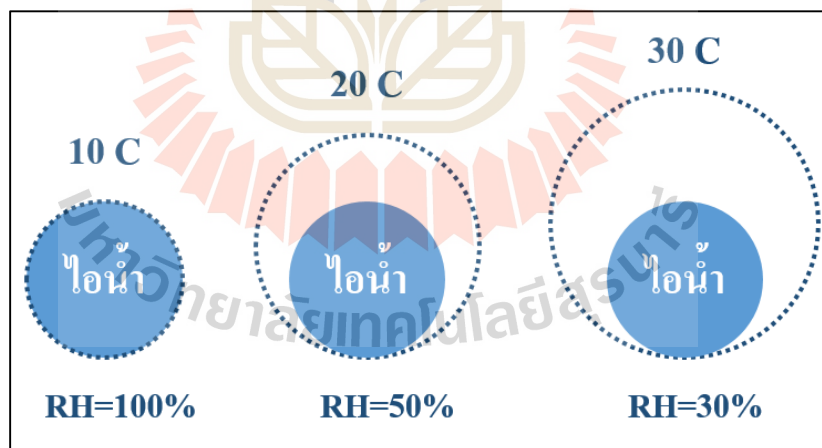


## 2.3 การควบแน่นของน้ำ

การควบแน่น (Condensation) คือกระบวนการเปลี่ยนสถานะของน้ำ จากสถานะแก๊สเป็นของเหลว การควบแน่นจะเกิดขึ้นได้โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องคือ ความชื้น และอุณหภูมิ หากความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมีมากก็จะทำให้เกิดการควบแน่นได้ง่าย รวมถึงการลดต่ำลงของอุณหภูมินั้นก็เป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดการควบแน่นขึ้น ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity RH) คืออัตราส่วนของปริมาณไอน้ำ ที่มีในอากาศ ณ ขณะนั้นเทียบกับ ปริมาณไอน้ำที่อากาศจะรองรับได้

$$\text{ความชื้นสัมพัทธ์} = \frac{\text{ปริมาณไอน้ำในอากาศ}}{\text{ปริมาณไอน้ำที่ทำให้อากาศอิ่มตัว}} \times 100 \% \quad (2.1)$$

หากระดับไอน้ำ ณ ขณะนั้นมากเกินไปกว่า ความสามารถของอากาศ จะรองรับได้ หมายความว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ไอน้ำจะควบแน่นและกลายเป็นหยดน้ำในที่สุด นอกจากนี้ที่อุณหภูมิที่สูง จะมีความสามารถในการรองรับแรงดันไอน้ำและปริมาณไอน้ำ มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ



รูปที่ 2.3 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างไอน้ำและความสามารถในการรองรับไอน้ำของอากาศในอุณหภูมิต่าง ๆ

จากรูปที่ 2.3 สามารถอธิบายหลักการความชื้นสัมพัทธ์ได้เป็นอย่างดี วงกลมสีฟ้าแสดงถึงปริมาณไอน้ำในอากาศที่มีอยู่จริง ณ ขณะนั้น วงกลมเส้นประ หมายถึงความสามารถในการรองรับไอน้ำในอากาศของอุณหภูมินั้นๆ ที่อุณหภูมิสูงจะมีความสามารถในการเก็บกักไอน้ำได้มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ในขณะที่เดียวกันหากลดอุณหภูมิลงจะมีพื้นที่ในการเก็บกักไอน้ำไว้ในอากาศน้อยลง

และเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์จะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิลดลงจนถึงจุดที่ความสามารถในการรองรับไอน้ำเท่ากับปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ จึงเริ่มเกิดปฏิกิริยาควบแน่นขึ้น อุณหภูมินี้เรียกว่า จุดน้ำค้าง

อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew point) สามารถคำนวณได้จากความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิห้อง โดยมีสมการดังต่อไปนี้

$$DP = \frac{243.12 \times \left\{ \ln \left( \frac{RH}{100} \right) + \frac{17.62 \times T}{243.12 + T} \right\}}{17.62 - \left\{ \ln \left( \frac{RH}{100} \right) + \frac{17.62 \times T}{243.12 + T} \right\}} \quad (2.2)$$

เมื่อ  $DP$  คือ อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew Point Temperature) [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$RH$  คือ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Temperature) [%]

$T$  คือ อุณหภูมิห้อง (Room Temperature) [ $^{\circ}\text{C}$ ]

โดยค่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างคือค่าเดียวกันกับค่าอุณหภูมิอิ่มตัวของอากาศ  $DP = T_{sat}$

อัตราการควบแน่นเชิงมวลหาได้จากการไหลของความร้อนหารด้วยความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ

$$\dot{m} = \frac{q}{h_{lv}} = \frac{h(T_{sat} - T_w)}{h_{lv}} \quad (2.3)$$

เมื่อ  $\dot{m}$  คือ อัตราการควบแน่นเชิงมวล (Mass condensation rate) [ $\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ ]

$q$  คือ การไหลของความร้อน (Heat flux)

$h$  คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (Heat transfer coefficient)

$h_{lv}$  คือ ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (The latent heat of vaporization)

$T_{sat}$  คือ อุณหภูมิอิ่มตัวของอากาศ (Saturation Temperature) [ $^{\circ}\text{C}$ ]

โดยที่ การไหลของความร้อน (Heat flux) เท่ากับ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (Heat transfer coefficient) คูณด้วยผลต่างของอุณหภูมิอิ่มตัวและอุณหภูมิพื้นผิว

$$q = h(T_{sat} - T_w) \quad (2.4)$$

เมื่อ  $T_{sat} < T_w$



Griffith ได้แนะนำความสัมพันธ์สำหรับการคาดการณ์ของสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของการควบแน่นแบบหยด (Heat transfer coefficient for drop wise condensation) ไว้ดังนี้

$$h = \begin{cases} 51104 + 2044T_{sat} & 22^{\circ}\text{C} < T_{sat} < 100^{\circ}\text{C} \\ 255,510 & T_{sat} > 100^{\circ}\text{C} \end{cases} \quad (2.5)$$

ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (The latent heat of vaporization  $h_{lv}$ ) หาได้จากสมการต่อไปนี้

$$h_{lv} = 2500.8 - 2.36T_{sat} + 0.0016T_{sat}^2 - 0.00006T_{sat}^3 \quad [\text{J} / \text{g}] \quad (2.6)$$

จากสมการที่ 2.3 อัตราการควบแน่นเชิงมวล (Mass condensation rate) มีหน่วยเป็น  $\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$  และเพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์จำเป็นต้องแปลงอัตราการควบแน่นเชิงมวลให้เป็นอัตราการควบแน่นเชิงปริมาตร

ซึ่งอัตราการควบแน่นเชิงปริมาตร (Volume condensation rate) เท่ากับอัตราการควบแน่นเชิงมวลคูณกับพื้นที่ผิวควบแน่น (Condensation area) และหารด้วยความหนาแน่นของน้ำในสถานะของเหลว (Water density) โดยที่ค่าความหนาแน่นของน้ำเป็นค่าคงที่เท่ากับ 1000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

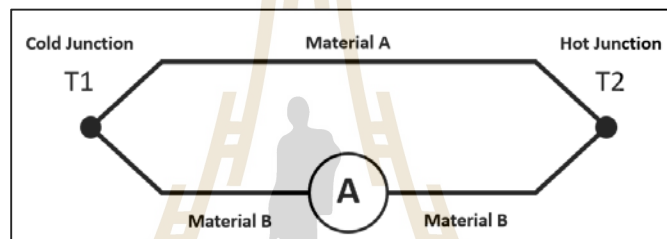
$$\text{Volume condensation rate} = \frac{\text{Mass condensation rate} \times \text{Condensation area}}{\text{Water density}} \quad (2.7)$$

อัตราการควบแน่นเชิงปริมาตร (Volume condensation rate) มีหน่วยเป็น  $\text{m}^3/\text{s}$

## 2.4 การทำงานของเพลเทียร์

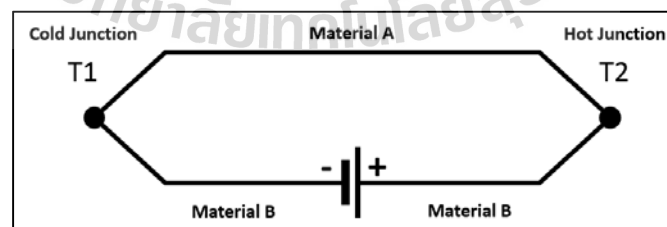
เพลเทียร์เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อย่างหนึ่งที่สำคัญต่องานวิจัยนี้มาก เนื่องจากเพลเทียร์จะถูกนำมาเป็นแหล่งกำเนิดความเย็นของเครื่องควบแน่นน้ำ จึงจำเป็นต้องทำความเข้าใจถึงหลักการและวิธีการทำงานขอเพลเทียร์

ในช่วงต้นศตวรรษที่ 19 นักวิทยาศาสตร์ 2 คน คือ โทมัส ซีเบค (Thomas Seebeck) และ จิน เพลเทียร์ (Jean Peltier) ได้ค้นพบปรากฏการณ์ที่เป็นพื้นฐานสำหรับอุสาหกรรมเทอร์โมอิเล็กทริกในปัจจุบัน โดย โทมัส ซีเบค พบว่า ถ้าให้อุณหภูมิที่ต่างกันระหว่างรอยต่อของตัวนำ 2 ชนิดที่แตกต่างกัน กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านตัวนำนั้น



รูปที่ 2.4 ปรากฏการณ์ซีเบค

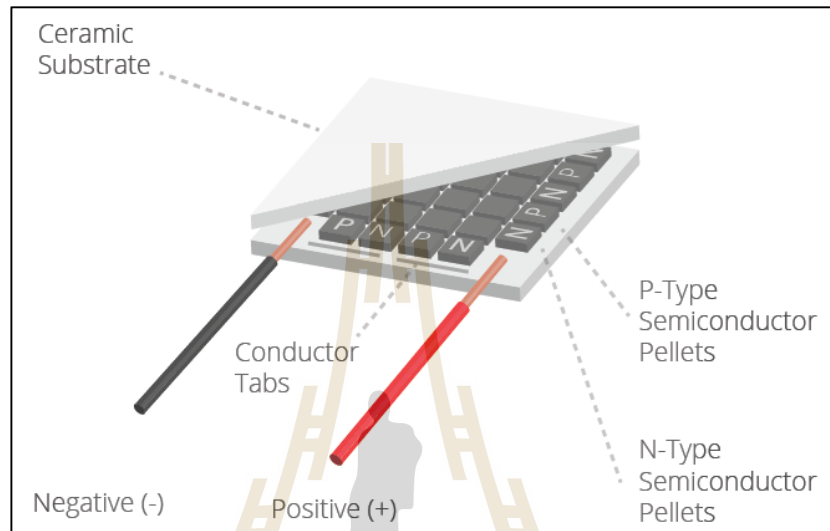
นอกจากนี้ จิน เพลเทียร์ พบว่า เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านตัวนำ 2 ชนิดที่แตกต่างกันจะเกิดความร้อนและความเย็นขึ้น ที่รอยต่อของตัวนำทั้งสองชนิดนั้น โดย รอยต่อหนึ่งจะร้อนและอีก รอยต่อหนึ่งจะเย็น



รูปที่ 2.5 ปรากฏการณ์เพลเทียร์

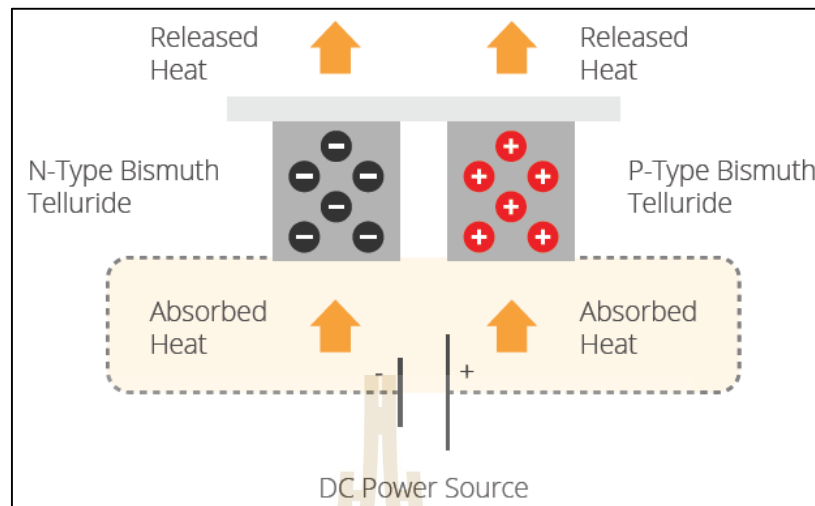
ในช่วงกลางของศตวรรษที่ 20 ความก้าวหน้าในด้านเทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำ ถูกพัฒนาขึ้น การใช้งานจริงของอุปกรณ์ด้านเทอร์โมอิเล็กทริกจึงมีความเป็นไปได้ และด้วยเทคนิคที่ทันสมัย จึงมีการผลิต โมดูลเทอร์โมอิเล็กทริก หรือเพลเทียร์ขึ้นมา

องค์ประกอบของโมดูลเพลเทียร์ประกอบด้วย สารกึ่งตัวนำพีและเอ็นมีรูปทรงเป็นสี่เหลี่ยม มีตัวนำเชื่อมต่อระหว่างสารพีและสารเอ็น และมี แผ่นเซรามิก ประกอบอยู่ทั้งสองด้าน ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 โครงสร้างของโมดูลเพลเทียร์ (www.cui.com, 2016)

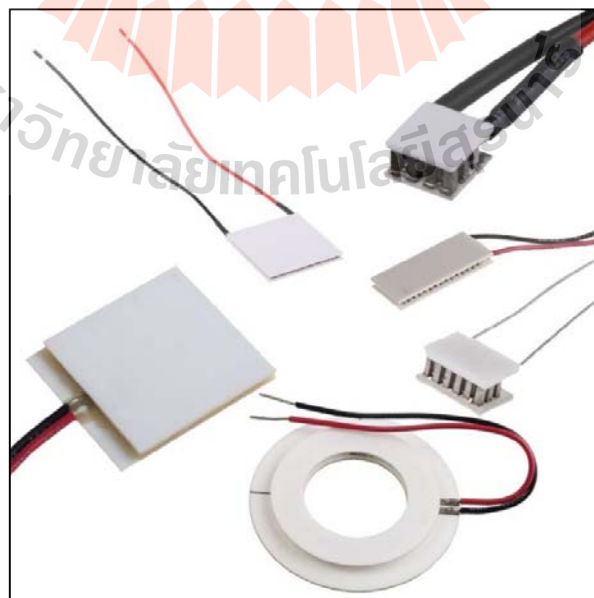
เมื่อป้อนไฟฟ้ากระแสตรงให้กับโมดูลเพลเทียร์ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวัสดุที่ทำจากสารกึ่งตัวนำต่างชนิดกัน ทำให้เกิดการดูดกลืนพลังงานของอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่จากพลังงานระดับต่ำในสารกึ่งตัวนำแบบพี สู่วงพลังงานระดับสูงในสารกึ่งตัวนำแบบเอ็น ส่งผลให้เกิดการดูดกลืนความร้อนที่ด้านหนึ่งของโมดูลเพลเทียร์ และในขณะเดียวกันก็เกิดการกลายพลังงานของอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่จากพลังงานระดับสูงในสารกึ่งตัวนำแบบเอ็น สู่วงพลังงานระดับต่ำในสารกึ่งตัวนำแบบพี ส่งผลให้เกิดการคายความร้อนที่ด้านตรงกันข้าม ซึ่งด้านที่กลายพลังงานนั้น คือด้านที่ปล่อยความร้อนออกมา และด้านที่ถูกดูดกลืนพลังงานนั้น คือด้านที่ปล่อยความเย็นออกมา ซึ่งความเย็นนี้จะถูกนำไปประยุกต์เป็นแหล่งกำเนิดความเย็นสำหรับการก่อกิจกรรมรักษาความเย็นของเครื่องควบแน่นน้ำในงานวิจัยนี้



รูปที่ 2.7 แผนภาพแสดงการทำงานของเพลเทียร์ (www.cui.com, 2016)

เพลเทียร์ที่มีจำหน่ายทั่วไป จะมีหลักการทำงานเหมือนกันทั้งหมด แต่จะมีลักษณะที่แตกต่างกันระหว่างเพลเทียร์แต่ละรุ่นแต่ละยี่ห้อดังนี้

1) ข้อแตกต่างของขนาดและรูปทรงของพื้นที่ใช้งาน (Active Area) เช่น เพลเทียร์รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส รูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือรูปทรงวงกลม เป็นต้น นอกจากนี้แต่ละรูปทรงยังมีหลายขนาดอีกด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.8 เพลเทียร์แต่ละแบบ

2) ข้อแตกต่างของพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้ ค่าความต่างของอุณหภูมิทั้งสองด้าน (Maximum Temperature Difference) ค่ากระแสสูงสุด (Maximum Current) ค่าศักย์สูงสุด (Maximum Voltage)

## 2.5 สรุป

ในเนื้อหาทั้งหมดของบทที่สองจะกล่าวถึงหลักการต่าง ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับงานวิจัย โดยประกอบไปด้วยหลักการของ วัฏจักรของน้ำ เพื่อเข้าใจความเป็นมาของการเกิดน้ำตามธรรมชาติ ว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร ซึ่งการเกิดน้ำในธรรมชาตินั้น สามารถเกิดขึ้นได้โดย น้ำนั้นเปลี่ยนแปลงสถานะจากสถานะแก๊สเป็นสถานะของเหลว คือการควบแน่นนั่นเอง ซึ่งการเกิดการควบแน่นนั้นจะมีปัจจัยต่าง ๆ คือ อุณหภูมิ และความหนาแน่นของไอน้ำในอากาศ เป็นตัวแปรสำคัญ ความเย็นนั้นสามารถทำให้เกิดการควบแน่นของน้ำได้ และแหล่งกำเนิดความเย็นที่เราเลือกใช้ก็คือ เพลเทียร์ซึ่งเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานความร้อนและความเย็นได้ เพียงแค่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้เพลเทียร์ ก็จะทำให้เกิดความร้อนและความเย็นขึ้นในแต่ละด้านของเพลเทียร์

### บทที่ 3

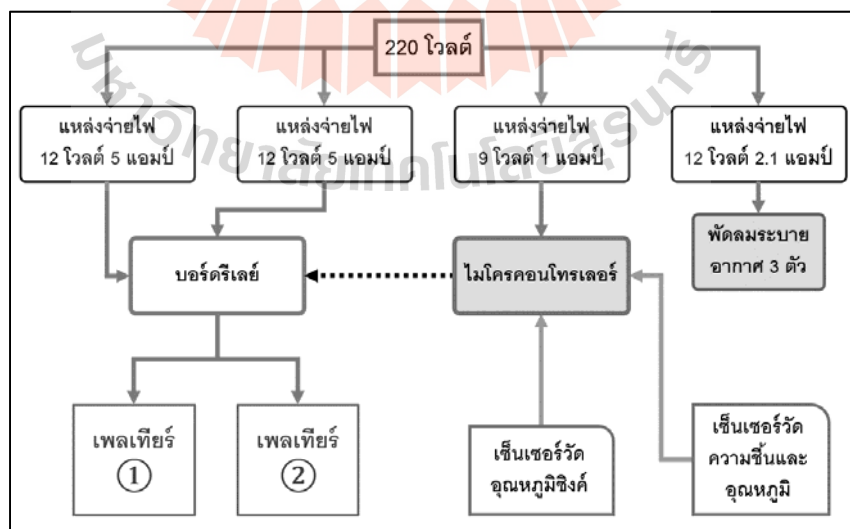
## การออกแบบและสร้างเครื่องควบแน่นน้ำ

### 3.1 กล่าวนำ

เนื้อหาในบทนี้กล่าวถึงการออกแบบของงานวิจัยนี้ โดยจะแบ่งเป็น 5 ส่วน 1) เป็นการกล่าวนำเข้าสู่เนื้อหาในบทนี้ 2) การออกแบบวงจรไฟฟ้าและระบบการทำงานของเครื่องผลิตน้ำ 3) กล่าวถึงการออกแบบการจัดวางอุปกรณ์ต่าง ๆ หรือโครงสร้างของเครื่อง 4) กล่าวถึงการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่อง 5) สรุปเนื้อหาในบทนี้

### 3.2 การออกแบบวงจรไฟฟ้าและระบบการทำงานของเครื่องผลิตน้ำ

ในบทที่สองมีส่วนที่กล่าวถึงการทำงานของเพลเทียร์ซึ่งเพลเทียร์สามารถสร้างความเย็นได้และนำไปสู่การควบแน่นของน้ำได้แต่สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งที่จะทำให้เพลเทียร์เกิดความเย็นได้นั้นก็คือ พลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเพลเทียร์ ซึ่งในหัวข้อนี้ได้กล่าวถึงการออกแบบระบบไฟฟ้าที่จะทำให้เพลเทียร์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงระบบการทำงานของเครื่องผลิตน้ำ

### 3.2.1 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC Power supply)

จากรูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงระบบการทำงานของเครื่องผลิตน้ำ ซึ่งมีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงอยู่ทั้งหมดสี่ชุดด้วยกัน แต่ละชุดก็จะทำหน้าที่จ่ายไฟฟ้าให้กับแต่ละส่วนของเครื่องชุดแรกเป็นแหล่งจ่ายขนาด 12Vdc 2.1A ทำหน้าที่จ่ายไฟให้กับพัดลมทั้ง 3 ตัว ชุดที่สองและสามเป็นแหล่งจ่ายขนาด 12Vdc 5A ทำหน้าที่จ่ายไฟให้กับเพเลเทียร์ทั้งสองแผ่น ชุดที่สี่เป็นแหล่งจ่ายขนาด 9Vdc 1A ทำหน้าที่จ่ายไฟให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์

เมื่อกำหนดกำลังไฟฟ้าที่เครื่องควมแน่นน้ำใช้ทั้งหมดจะได้ดังนี้

แหล่งจ่ายชุดที่ 1 กำลังไฟฟ้าเท่ากับ

$$P_1 = 12 \times 2.1 = 25.2W$$

แหล่งจ่ายชุดที่ 2 กำลังไฟฟ้าเท่ากับ

$$P_2 = 12 \times 5 = 60W$$

แหล่งจ่ายชุดที่ 3 กำลังไฟฟ้าเท่ากับ

$$P_3 = 12 \times 5 = 60W$$

แหล่งจ่ายชุดที่ 4 กำลังไฟฟ้าเท่ากับ

$$P_4 = 9 \times 1 = 9W$$

จะได้กำลังไฟฟ้าที่เครื่องควมแน่นน้ำใช้ทั้งหมดดังนี้

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4$$

$$P = 25.2 + 60 + 60 + 9$$

$$P = 154.2W$$

กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานคูณกับระยะเวลาที่ใช้ไฟฟ้าเท่ากับจำนวนหน่วยพลังงาน

$$Energy[Unit] = Power[kW] \times Time[hr]$$

ตัวอย่างเช่น หากเครื่องควมแน่นน้ำเปิดใช้งานเป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง และค่าไฟต่อหน่วยเท่ากับ 3.5 บาท จะสามารถคำนวณค่าไฟฟ้าทั้งหมดได้ดังนี้

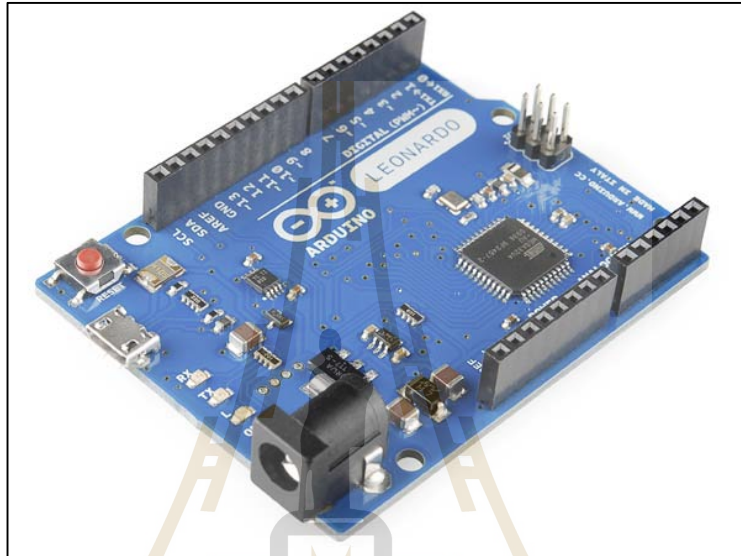
$$Energy[Unit] = 0.1542 \times 3 = 0.4626Unit$$

$$0.4626 \times 3.5 = 1.6191$$

สรุป หากเครื่องควมแน่นน้ำเปิดใช้งานเป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง และค่าไฟต่อหน่วยเท่ากับ 3.5 บาท จะต้องจ่ายค่าไฟฟ้าเป็นเงิน 1.6191 บาท

### 3.2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น Arduino Leonardo โดยจะใช้ภาษาซีในการเขียนโปรแกรมควบคุม รับค่าอุณหภูมิจากเซนเซอร์ และส่งการผ่านบอร์ดรีเลย์เพื่อควบคุมการจ่ายไฟให้กับเพเลเทียร์ทั้งสองแผ่น



รูปที่ 3.2 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น Arduino Leonardo

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น Arduino Leonardo คือชุดควบคุมที่ใช้ชิปประมวลผล ATmega32u4 มีช่องดิจิตอลอินพุตเอาต์พุตทั้งหมด 20 ช่อง ซึ่งมี 7 ช่องที่สามารถใช้เป็นช่องเอาต์พุต PWM และมี 12 ช่องที่ใช้เป็นช่องอินพุตแอนาลอก และอีก 1 ช่องคือกราวด์ มีคริสตัลออสซิลเลเตอร์ (Crystal oscillator) ที่มีความถี่เท่ากับ 16 MHz จำนวน 1 ตัว มีช่องเสียบแหล่งจ่ายพลังงาน(Power jack) โดยชุดควบคุมนี้สามารถรับแรงดันจากแหล่งจ่ายได้ตั้งแต่ 7V ถึง 12V แรงดันที่ใช้ในการทำงานของบอร์ดเท่ากับ 5V และกระแสที่ใช้เท่ากับ 40 mA นอกจากนี้ยังมีพอร์ตมินิ USB สำหรับเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง ซึ่งทำให้ง่ายต่อการใช้งานสำหรับงานวิจัยนี้ เนื่องจากจะต้องมีการรับส่งข้อมูลระหว่างชุดควบคุมและคอมพิวเตอร์ เพื่อเก็บค่าอุณหภูมิและความชื้น ที่ได้จากเซนเซอร์ที่ต่ออยู่กับชุดควบคุมนี้ คุณสมบัติของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น Arduino Leonardo โดยสรุปแสดงในตารางที่ 3.1



ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น Arduino Leonardo

Microcontroller	ATmega32u4
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	20
PWM Channels	7
Analog Input Channels	12
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Clock Speed	16 MHz

### 3.2.3 บอร์ดรีเลย์ (Relay board)

บอร์ดรีเลย์สำหรับงานวิจัยนี้จะมีรีเลย์ในบอร์ดจำนวนสองชุด เนื่องจากผู้วิจัยต้องการควบคุมการแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง สอง แหล่ง คือแหล่งจ่ายขนาด 12V 5A ทั้งสองตัวที่ทำหน้าที่จ่ายไฟให้เฟลทีชร์ เพื่อควบคุมการทำงานของเฟลทีชร์อีกทีหนึ่ง



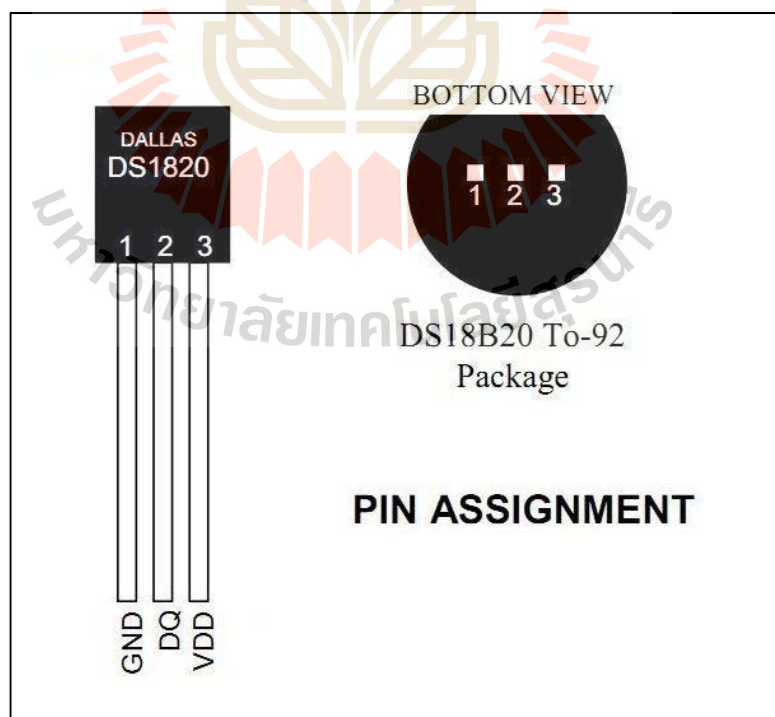
รูปที่ 3.3 บอร์ดรีเลย์ (Relay board)

บอร์ดรีเลย์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้บอร์ดที่มี 2 ช่องเอาต์พุต เนื่องจากต้องการควบคุมการจ่ายพลังให้กับเพเลเทียร์ทั้งหมด 2 ตัว โดยมีช่องเอาต์พุตเป็นแบบ SPDT สามารถใช้กับโหลดที่เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง และกระแสสลับได้ และมีช่องเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างชุดควบคุมกับบอร์ดรีเลย์จำนวน 2 ช่อง ทำงานแบบ Active High ซึ่งมีออปโตไดโอด (Opto-Isolated) เพื่อแยกกราวด์ส่วนของสัญญาณควบคุมกับไฟที่ขับรีเลย์ออกจากกัน บอร์ดนี้สามารถควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงได้สูงสุด 24V 7A และควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับได้สูงสุด 220V 7A มี LED แสดงสถานะการทำงานของรีเลย์และแสดงสถานะของบอร์ด

### 3.2.4 เซ็นเซอร์ (Sensor)

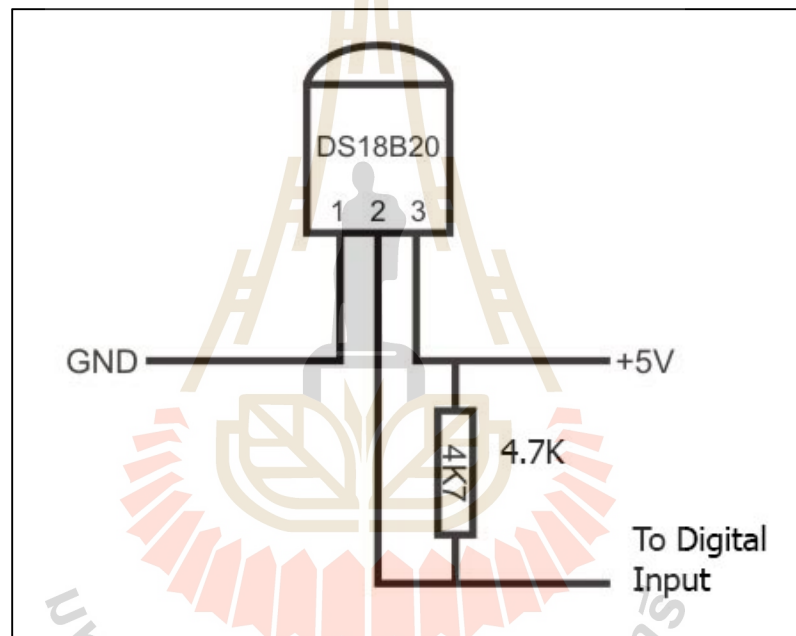
เซ็นเซอร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีทั้งหมด 2 ตัวได้แก่ เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ DS18B20 และ เซ็นเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิ DHT11

1) เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ รุ่น DS18B20 ผู้วิจัยได้ออกแบบให้ติดตั้งเซ็นเซอร์นี้ไว้บริเวณซิงค์ระบายความร้อน ทำหน้าที่วัดอุณหภูมิของอากาศที่ออกมาจากซิงค์ระบายความร้อน และนำข้อมูลค่าอุณหภูมิที่ได้ ส่งไปยังชุดควบคุมเพื่อทำการประมวลผลต่อไป



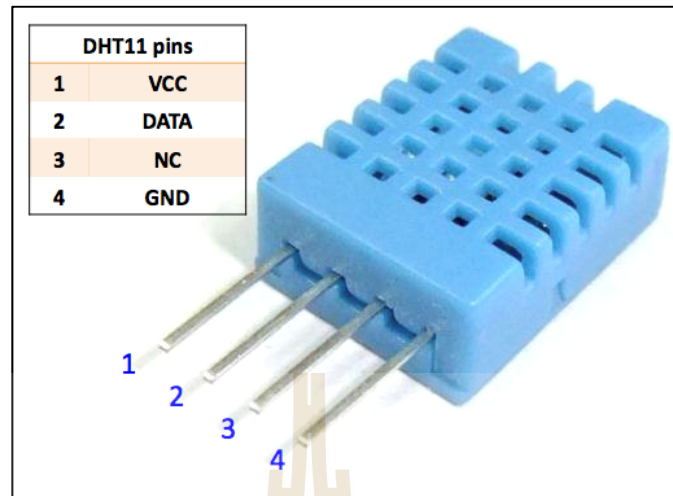
รูปที่ 3.4 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ DS18B20

โดยเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ รุ่น DS18B20 ที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้เป็นตัวถังแบบ To-92 เป็นเซ็นเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิในตระกูล DS18xx ซึ่งมีอยู่หลายรุ่นด้วยกัน เช่น DS1820 DS18S20 และ DS18B20 โดยเชื่อมต่อกับชุดควบคุมในรูปแบบของบัสที่เรียกว่า 1Wire ให้ค่าแบบดิจิทัล โดยใช้แรงดันไฟเลี้ยงตั้งแต่ 3V ถึง 5V มีขาสำหรับเชื่อมต่อ 3 ขา คือ ขา GND ขา DQ และขา VDD ในการใช้งานเซ็นเซอร์จะต้องต่อตัวต้านทาน PULL-UP 4.7 k $\Omega$  หรือน้อยกว่า 4.7 k $\Omega$  เล็กน้อย ที่ขา DQ กับขาแรงดันไฟเลี้ยง ดังรูปที่ 3.5 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ รุ่น DS18B20 สามารถวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -55 °C ถึง +125 °C และมีความแม่นยำเท่ากับ  $\pm 0.5$  °C



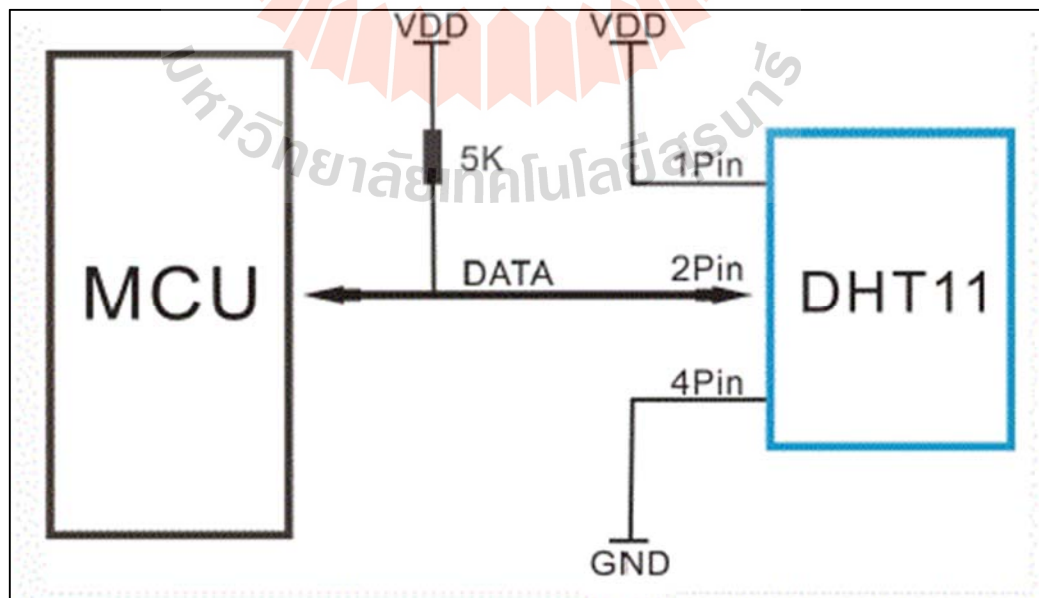
รูปที่ 3.5 การต่อตัวต้านทาน PULL UP กับเซ็นเซอร์ DS18B20

2) เซ็นเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิ รุ่น DHT11 เป็นเซ็นเซอร์ที่ทำหน้าวัดค่าอุณหภูมิห้อง และค่าความชื้นสัมพัทธ์ ของสภาพแวดล้อม ณ ขณะที่เครื่องทำงานและส่งค่าเหล่านี้ไปยังชุดควบคุมเพื่อทำการเก็บข้อมูลและนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 3.6 เซ็นเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิ รุ่น DHT11

เซ็นเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิ รุ่น DHT11 สามารถวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ได้ตั้งแต่ 20% RH ถึง 90% RH โดยมีค่าความแม่นยำเท่ากับ  $\pm 5\%$  RH สำหรับการวัดอุณหภูมิสามารถวัดได้ตั้งแต่ 0 องศาเซลเซียส ถึง 50 องศาเซลเซียส โดยมีค่าความแม่นยำเท่ากับ  $\pm 2$  องศาเซลเซียส มีขาเชื่อมต่อทั้งหมด 4 ขาคือ ขา VCC ขา DATA ขา NC และขา GND โดยการใช้งานจะต้องต่อตัวต้านทาน PULL-UP ระหว่างขา DATA กับขาไฟเลี้ยงดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 การเชื่อมต่อเซ็นเซอร์ DHT11 กับชุดควบคุม

### 3.2.5 เพลเทียร์ (Peltier)

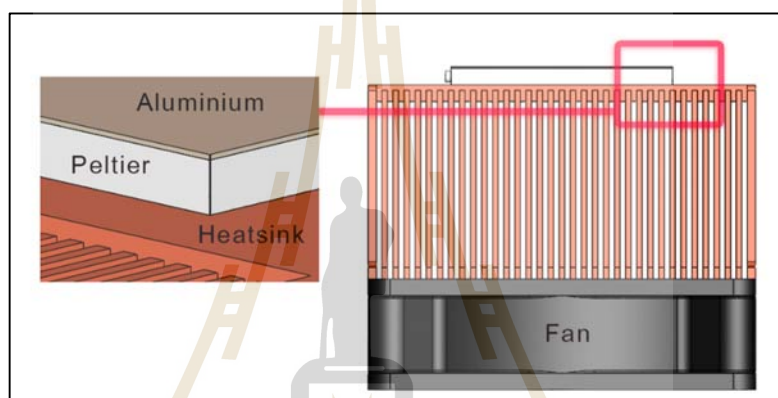


รูปที่ 3.8 โมดูลเพลเทียร์

สำหรับการออกแบบนี้ผู้วิจัยจะใช้เพลเทียร์ทั้งหมด 2 ชุด ขนาดความกว้าง 40 มิลลิเมตร ยาว 40 มิลลิเมตร รองรับไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ 4.5 แอมป์ เพลเทียร์เป็นอุปกรณ์ที่สามารถสร้างความเย็นและความร้อนให้เกิดขึ้นได้ในแต่ละด้านของแผ่น เพียงแค่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งความเย็นที่ได้นี้จะสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาควบแน่นได้ การทำงานของเพลเทียร์โดยละเอียดได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 แล้ว ผู้วิจัยจะติดด้านร้อนของเพลเทียร์ไว้กับ ฮีทซิงค์เพื่อระบายความร้อนออกสู่ภายนอก และที่ด้านเย็นของเพลเทียร์จะติดเข้ากับแผ่นอลูมิเนียมบาง 0.1 มิลลิเมตร

### 3.2.6 ซิงค์ระบายความร้อน (Heat sink)

ฮีทซิงค์ทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากด้านร้อนของเพลเทียร์ เมื่อเพลเทียร์ทำงานด้านเย็นของเพลเทียร์จะดูดกลืนพลังงานความร้อน ทำให้อุณหภูมิของด้านเย็นลดลงและในขณะเดียวกันในส่วนของด้านร้อนจะคลายพลังงานความร้อนออกมา ทำให้อุณหภูมิของด้านร้อนสูงขึ้น และเพื่อให้เพลเทียร์ทำงานได้อย่างต่อเนื่องจำเป็นจะต้องระบายความร้อนออกโดยใช้ฮีทซิงค์ซึ่งอุณหภูมิความร้อนของเพลเทียร์จะถ่ายเทไปยังฮีทซิงค์โดยการนำความร้อนของวัสดุตัวกลาง และถ่ายเทออกสู่อากาศภายนอกด้วยพัดลมระบายอากาศโดยการพาความร้อน



รูปที่ 3.9 ภาพแสดงการจัดวางอุปกรณ์แผ่นอลูมิเนียม เพลเทียร์ ซิงค์ระบายความร้อน และพัดลม

### 3.2.7 พัดลม (Fan)

พัดลมระบายอากาศของเครื่องควบแน่นน้ำนี้มีสามชุดด้วยกัน สองในสามชุดเป็นพัดลมระบายอากาศให้กับ ฮีทซิงค์ และ อีกชุดหนึ่ง เป็นพัดลมที่ทำหน้าที่ไหลเวียนอากาศจากภายนอกเข้าสู่ห้องสร้างปฏิกิริยาควบแน่นและออกสู่อากาศภายนอกอีกที เพื่อให้ไหลเวียนพาความร้อนในอากาศเข้ามากระทบกับผิวหน้าของแผ่นอลูมิเนียม

### 3.2.8 แผ่นอลูมิเนียม (Aluminum)

แผ่นอลูมิเนียม ขนาดความกว้าง 40 มิลลิเมตร ยาว 40 มิลลิเมตร สูง 0.1 มิลลิเมตร ติดอยู่กับด้านเย็นของเพลเทียร์ ทำหน้าที่เป็นผิวหน้าที่จะกระทบกับอากาศโดยปฏิกิริยาควบแน่นจะเกิดขึ้นที่ผิวของอลูมิเนียมนี้ แผ่นอลูมิเนียมจะได้รับการถ่ายเทความร้อนโดยจากด้านเย็นของเพลเทียร์ โดยการนำความร้อนผ่านวัสดุตัวกลางก็คืออลูมิเนียม ทำให้แผ่นอลูมิเนียมเย็นส่งผลให้อากาศบริเวณใกล้ๆ ผิวหน้าของอลูมิเนียมเย็นลง และเกิดปฏิกิริยาควบแน่นของน้ำขึ้นที่ผิวอลูมิเนียมตามทฤษฎีของการควบแน่นนั่นเอง



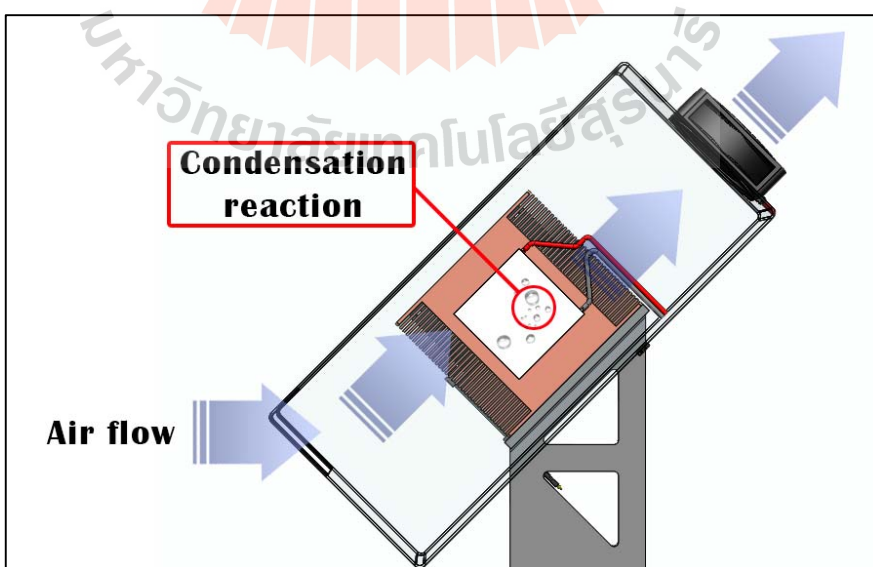
### 3.3 การออกแบบโครงสร้างของเครื่องควบแน่นน้ำ

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการจัดวางอุปกรณ์ต่างๆ ให้เหมาะสมและเอื้อต่อการผลิตน้ำออกมาให้ได้มากที่สุด ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการควบแน่นของน้ำคือ ความชื้นในอากาศ (Humidity) อุณหภูมิพื้นผิวที่เกิดการควบแน่น (Surface temperature) การไหลเวียนอากาศ (Air flow) และการไหลออกของน้ำที่ถูกควบแน่นแล้ว (Drop flow out) แบ่งออกได้ดังนี้ แบ่งออกได้ดังนี้

1) ความชื้นในอากาศนั้นเป็นตัวแปรไม่คงที่ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ ณ ขณะนั้น ฉะนั้นหากเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมีมาก ก็สามารถผลิตน้ำได้มาก แต่ถ้าเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมีน้อย ก็จะส่งผลให้ความสามารถในการผลิตน้ำลดลงไปด้วย

2) เรื่องของอุณหภูมิพื้นผิวที่เกิดการควบแน่น จากทฤษฎีการควบแน่น พื้นผิวที่มีอุณหภูมิต่ำหรือพื้นผิวที่เย็น จะทำให้เกิดปฏิกิริยาควบแน่นได้ ซึ่งแหล่งความเย็นนั้นได้มาจากด้านเย็นของเพลเทียร์นั่นเอง

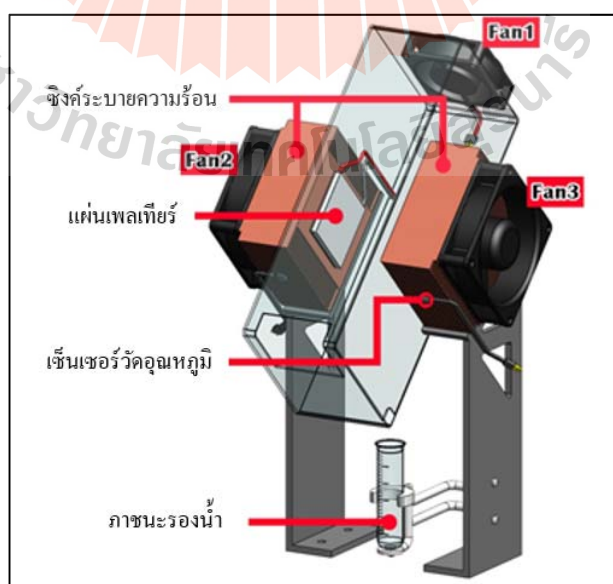
3) การไหลเวียนของอากาศผ่าน บริเวณควบแน่น (Condensation area) หรือผ่านผิวควบแน่น (Condensation surface) ในงานวิจัยนี้คือผิวของแผ่นอลูมิเนียม การไหลเวียนอากาศอย่างต่อเนื่อง เป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้บริเวณควบแน่นนั้นเกิดการควบแน่นได้อย่างต่อเนื่อง ผู้วิจัยจึงออกแบบให้มีระบบไหลเวียนอากาศ โดยจะมีกล่องที่ทำหน้าที่บังคับทิศทางการไหลของอากาศ และมีช่องเปิดให้อากาศไหลเข้าทางด้านหน้า และติดตั้งพัดลมให้อากาศไหลออกไปทางด้านหลังดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.10 ภาพแสดงการไหลเวียนของอากาศของเครื่องควบแน่นน้ำ

4) การไหลออกของน้ำที่ถูกควบแน่นแล้ว หากน้ำในบริเวณควบแน่นสามารถไหลออกจากผิวได้เร็วเท่าใด ก็สามารถสร้างการควบแน่นรอบใหม่ได้เร็วขึ้นเท่านั้น การจัดวางผิวควบแน่นให้ตั้งฉากกับพื้นโลกหรือขนานกับแรงโน้มถ่วง ก็สามารถช่วยให้น้ำไหลออกจากบริเวณควบแน่นได้เร็วยิ่งขึ้น นอกจากนี้การเอียงด้านข้างของเพลเทียร์ 45 องศาเพื่อให้ส่วนแหลมของเพลเทียร์ซึ่งตั้งด้านล่าง ก็สามารถทำให้น้ำไหลออกจากบริเวณควบแน่นได้เร็วขึ้น เนื่องจากน้ำจากบริเวณควบแน่นจะไปรวมกันที่มุมด้านล่าง รวมกันเป็นหยดน้ำที่ใหญ่ขึ้น แล้วจะไหลออกไปได้สะดวก สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งที่ทำให้น้ำไหลออกได้เร็วคือ ลักษณะของการควบแน่นแบบหยดน้ำ ซึ่งได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 2 ว่าการควบแน่นมี 2 ลักษณะด้วยกันคือ การควบแน่นแบบฟิล์มเหลว (film wise condensation) และการควบแน่นแบบหยดน้ำ (drop wise condensation) ซึ่งการควบแน่นแบบหยดน้ำจะสามารถผลิตน้ำได้มากกว่าการควบแน่นแบบฟิล์มเหลว เนื่องจากหยดน้ำมีน้ำหนักมากกว่าแบบฟิล์ม และสามารถไหลออกจากบริเวณควบแน่นได้เร็วกว่าแบบฟิล์ม จึงทำให้บริเวณควบแน่นแห้งและเกิดการควบแน่นรอบใหม่ได้เร็วกว่า จึงทำให้ผลิตน้ำได้เร็วกว่า สิ่งสำคัญที่จะทำให้เกิดการควบแน่นแบบหยดน้ำคือ วัสดุที่นำมาเป็นผิวหน้าของบริเวณควบแน่น จะต้องเป็นวัสดุโลหะที่มีค่า การนำความร้อนสูง และมีผิวหน้าที่เรียบ จำพวก ทองแดง ทองคำ และอลูมิเนียม โดยผู้วิจัยได้เลือกวัสดุอลูมิเนียมมาใช้ในงานวิจัยนี้ เนื่องจากมีราคาถูกที่สุด

จากปัจจัยต่างๆที่กล่าวไปแล้วนั้น ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบโครงสร้างของเครื่องควบแน่นน้ำ ออกมาดังรูปที่ 3.8



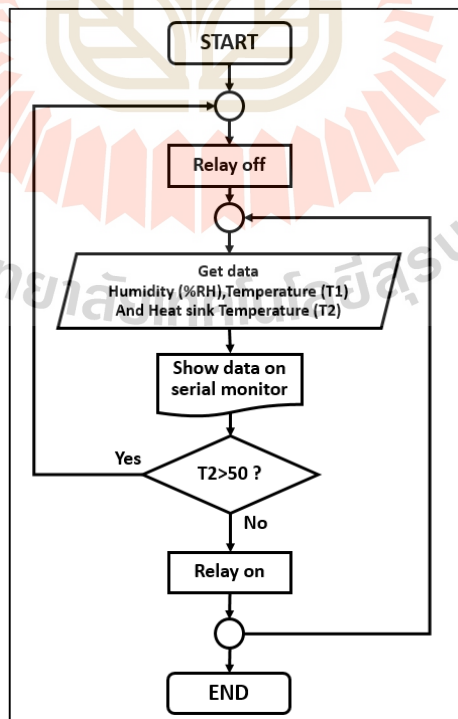
รูปที่ 3.11 โครงสร้างของเครื่องควบแน่นน้ำ



จากรูปที่ 3.8 ผู้วิจัยจะอธิบายการทำงานโดยรวมของเครื่องผลิตน้ำดื่มนี้ เมื่อทำการจ่ายไฟฟ้าให้กับเพลเทียร์ จะส่งผลให้บริเวณควบแน่นมีอุณหภูมิต่ำลง และเกิดปฏิกิริยาควบแน่นขึ้นที่บริเวณควบแน่น ในขณะเดียวกัน ฮีทซิงค์ก็ระบายความร้อนออกจากด้านร้อนของเพลเทียร์ น้ำที่เป็นผลผลิตของปฏิกิริยาควบแน่น จะไหลออกจากบริเวณควบแน่นลงมาถึงก้นกล่อง และไหลออกมาที่หลอดทดลองด้านล่าง ซึ่งมีสเกลอ่านค่าปริมาณน้ำ นอกจากนี้ช่องเปิดด้านหน้าและด้านหลังของกล่องรวมทั้งพัดลมหมายเลข 1 จะทำหน้าที่ไหลเวียนอากาศ จากภายนอกเข้าสู่กล่องเพื่อนำอากาศไปกระทบกับบริเวณควบแน่น และทำให้เกิดการควบแน่นขึ้น

### 3.4 การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่อง

ในเรื่องของโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่อง ผู้วิจัยเลือกใช้ภาษาซีในการเขียนโปรแกรมสั่งการผ่านบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น Arduino Leonardo โดยรับค่าอินพุตจากเซ็นเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิ (DHT22) จำนวน 1 ตัว และจากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ (DS18B20) จำนวน 1 ตัว และตั้งค่าสั่งเอาท์พุต ไปควบคุม บอร์ดรีเลย์ เพื่อควบคุมการจ่ายไฟให้เพลเทียร์อีกทีหนึ่ง โปรแกรมควบคุมทั้งหมดอธิบายได้ด้วยผังงานในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.12 ผังงานของการเขียน โปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องควบแน่นน้ำ

จากรูปที่ 3.9 การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องควบแน่นน้ำเริ่มต้นจากการสั่งคำสั่งให้รีเลย์เปิดวงจร (Relay off) เพื่อตัดการจ่ายไฟฟ้าเข้าสู่เพลเทียร์ จากนั้นให้โปรแกรมตั้งคำสั่งรับค่าจากเซ็นเซอร์สองตัว คือเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น (DHT22) และเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ (DS18B20) จากนั้นโปรแกรมสั่งคำสั่งให้แสดงผลข้อมูลอุณหภูมิห้อง T1 ความชื้น RH และอุณหภูมิซิงค์ T2 ที่ Serial monitor ต่อมาโปรแกรมสั่งคำสั่งให้ตรวจสอบค่า T2 ว่ามากกว่า 50 หรือไม่ หากมากกว่า 50 ให้กลับขึ้นไปทำขั้นตอนที่หนึ่งใหม่ แต่ถ้าน้อยกว่า 50 ให้ทำคำสั่งต่อไป

ซึ่งการตรวจสอบนี้เป็นการตรวจสอบเพื่อดูว่าอุณหภูมิของซิงค์ระบายความร้อน เกินขีดจำกัดหรือไม่ หากซิงค์มีอุณหภูมิเกินขีดจำกัดที่ตั้งไว้ หมายความว่า เกิดการทำงานผิดปกติของเครื่องขึ้น จนทำให้เกิด Over heat ซึ่งหากเข้าเงื่อนไข Over heat โปรแกรมจะสั่งให้ไปทำคำสั่งที่หนึ่ง คือ Relay off หรือหยุดการทำงานของเพลเทียร์นั่นเอง อย่างไรก็ตาม การทำงานโดยปกติของเครื่องจะไม่เข้าสู่ โหมด Over heat ยกเว้นว่าเครื่องทำงานผิดปกติ เงื่อนไขการตรวจสอบนี้จึงเป็นเพียงเงื่อนไขของความปลอดภัยเท่านั้น

คำสั่งต่อมา คือคำสั่ง Relay on หรือสั่งให้รีเลย์ทำการปิดวงจร เพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับเพลเทียร์ เพื่อให้รีเลย์ทำงาน หลังจากนั้นโปรแกรมจะวนกลับไปทำคำสั่งที่สองใหม่ เป็นลูปไปเรื่อย ๆ จนกว่าเครื่องจะหยุดการทำงาน

### 3.5 สรุป

เนื้อหาในบทนี้ ได้กล่าวถึงการออกแบบทั้งหมดของเครื่องควบแน่นน้ำ ตั้งแต่การออกแบบระบบการทำงานของเครื่อง การออกแบบระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้า การออกแบบโครงสร้างทางกายภาพเพื่อให้เอื้อต่อการเกิดการควบแน่นอย่างต่อเนื่อง โดยให้มีการไหลเวียนของอากาศเข้าไปสู่บริเวณผิวควบแน่น การออกแบบการจัดวางองค์ประกอบของอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้หยดน้ำไหลออกจากบริเวณควบแน่นได้อย่างรวดเร็วที่สุด การเขียนโปรแกรมควบคุมเพื่อเก็บข้อมูลอุณหภูมิ และความชื้น เพื่อนำข้อมูลเหล่านี้ไปวิเคราะห์ในบทต่อไป

## บทที่ 4

### การทดสอบการทำงานของเครื่องควบแน่นน้ำ

#### 4.1 กล่าวนำ

เนื้อหาในบทนี้จะเป็นการนำเสนอการทดสอบการทำงานของเครื่องควบแน่นน้ำ โดยการเก็บผลปริมาณน้ำที่เครื่องผลิตได้ประกอบกับการคำนวณปริมาณน้ำจากทฤษฎี โดยเนื้อหาในบทนี้จะแบ่งเป็น 5 ส่วนด้วยกันคือ ส่วนแรกคือการกล่าวนำเข้าสู่เนื้อหา ส่วนที่สองคือขั้นตอนการทดลอง โดยจะกล่าวถึงขั้นตอนลำดับขั้นต่างๆของการทดลอง ต่อมาคือส่วนที่สาม ผลการทดสอบเครื่องควบแน่นน้ำ โดยจะกล่าวถึงปริมาณน้ำที่ผลิตได้จากการทดลอง และตัวแปรที่เกี่ยวข้องเช่น อุณหภูมิ และความชื้น ส่วนที่สี่คือ การเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลการทดลองร่วมกับการคำนวณปริมาณน้ำ และส่วนสุดท้ายคือ สรุป

#### 4.2 ขั้นตอนการทดลอง

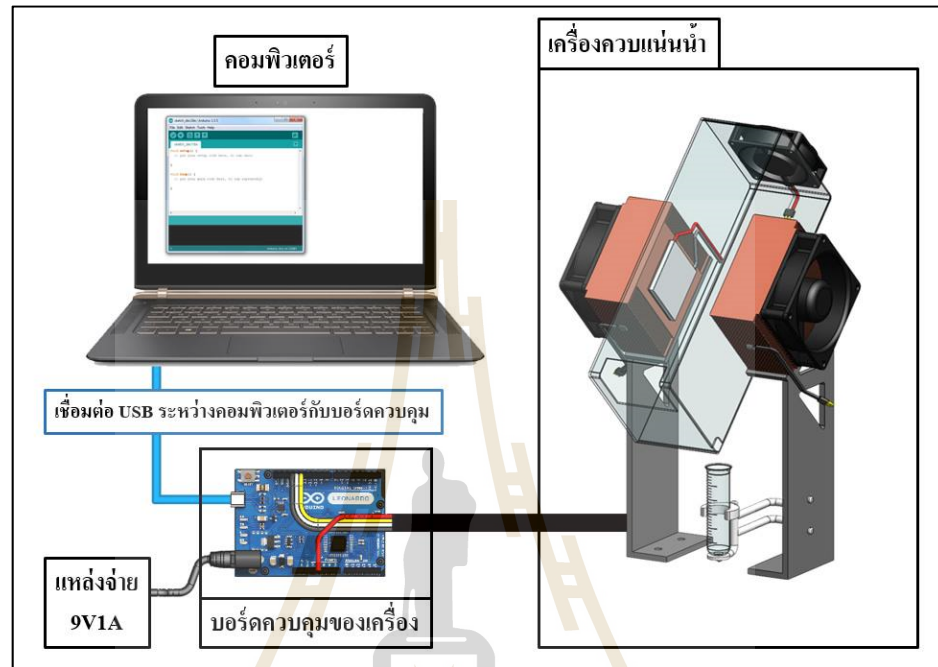
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบการทำงานของเครื่องควบแน่นน้ำมีดังต่อไปนี้ ชุดเครื่องควบแน่นน้ำ เครื่องวัดอุณหภูมิ เครื่องวัดความชื้นในอากาศ และคอมพิวเตอร์



รูปที่ 4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

### ขั้นตอนการทดลอง

- 1) เชื่อมต่อ USB ระหว่างคอมพิวเตอร์ กับ บอร์ดควบคุมของเครื่องควบแน่นน้ำ



รูปที่ 4.2 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ USB เข้ากับบอร์ดควบคุม

- 2) เปิดโปรแกรม Arduino

```

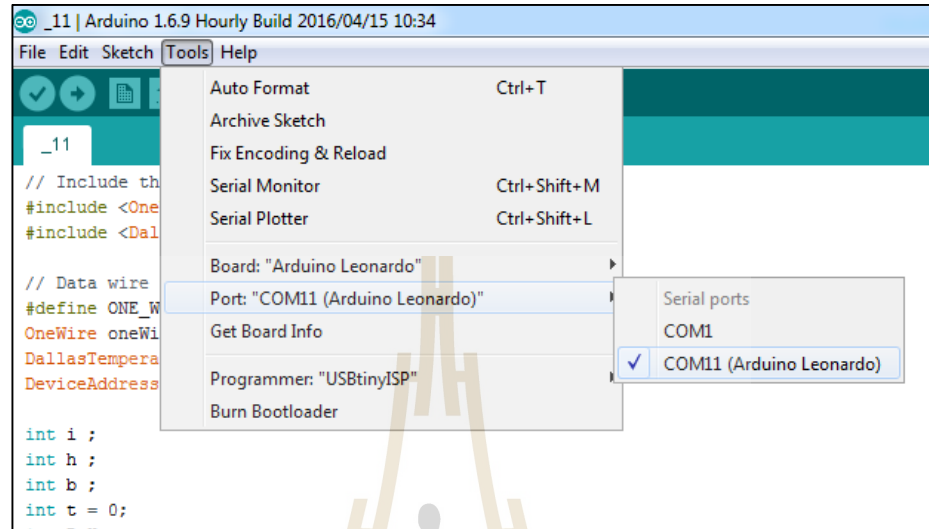
_11 | Arduino 1.6.9 Hourly Build 2016/04/15/10:34
File Edit Sketch Tools Help
_11
// Include the libraries we need
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

// Data wire is plugged into port 2 on the Arduino
#define ONE_WIRE_BUS 2
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
DeviceAddress insideThermometer;

int i ;
int h ;
int b ;
int t = 0;
int D_H;
int D_L;
int c;
int M;
int T;
void setup(void)
{
  // start serial port
  pinMode(13, OUTPUT);
  pinMode(10, OUTPUT);
  pinMode(12, OUTPUT);
  pinMode(6, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  }
  
```

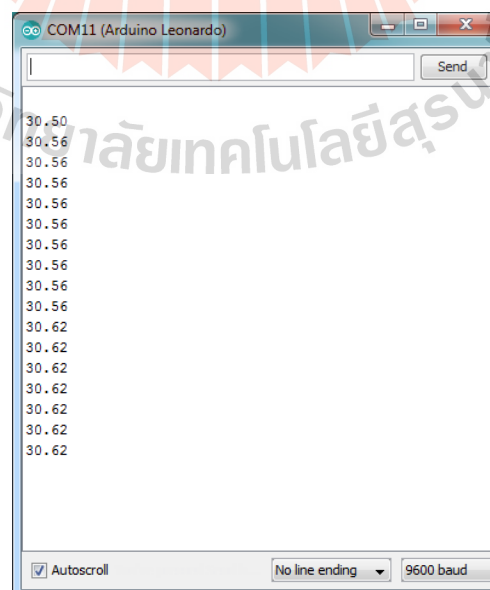
รูปที่ 4.3 หน้าต่างโปรแกรม Arduino

3) เลือกเมนู Tools > Port > COM11 (Arduino Leonardo)



รูปที่ 4.4 การเลือก Port ใน โปรแกรม Arduino

- 4) เปิดทำการเขียนโปรแกรมภาษาซี ลงในโปรแกรม
- 5) เปิดเครื่องควบแน่นน้ำ และเปิด Serial Monitor ทันทีหลังจากเปิดเครื่องควบแน่นน้ำแล้ว เพื่อเก็บค่าอุณหภูมิห้อง ความชื้นสัมพัทธ์



รูปที่ 4.5 หน้าต่าง Serial Monitor

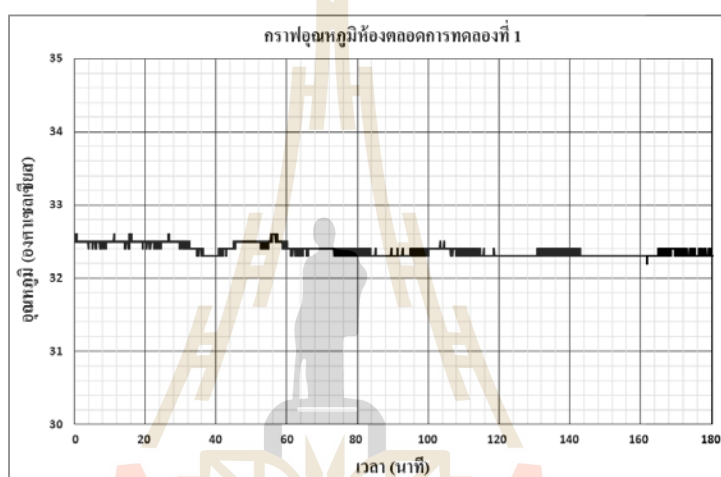
- 6) เมื่อครบ 3 ชั่วโมง ทำการสรุปผล นำข้อมูลที่ได้จาก Serial Monitor คัดลอกลงในโปรแกรม Microsoft Excel
- 7) นำข้อมูลอุณหภูมิ และข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ที่ได้ มาทำการคำนวณหาค่า อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew point temperature) และคำนวณปริมาณน้ำ (Water content)
- 8) วิเคราะห์และเปรียบเทียบปริมาณน้ำจากการคำนวณ และปริมาณน้ำที่วัดได้จริง



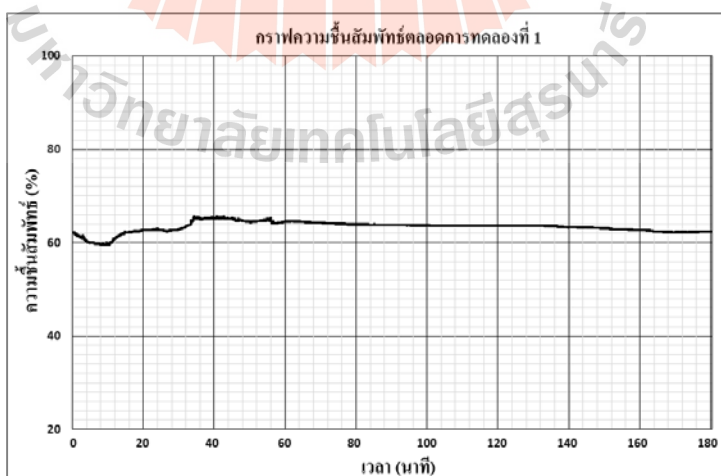
## 4.3 ผลการทดสอบเครื่องควบแน่นน้ำ

### 4.3.1 การทดลองครั้งที่ 1

การทดลองนี้สามารถผลิตน้ำได้ทั้งหมด 18.8 มิลลิลิตรในเวลา 3 ชั่วโมง วัดอุณหภูมิห้องได้ดังกราฟในรูปที่ 4.6 โดยมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิห้องตลอดการทดลองเท่ากับ 32.208 องศาเซลเซียส และวัดค่าร้อยละของค่าความชื้นสัมพัทธ์ ได้ดังรูปที่ 4.7 โดยมีค่าร้อยละความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 63.31



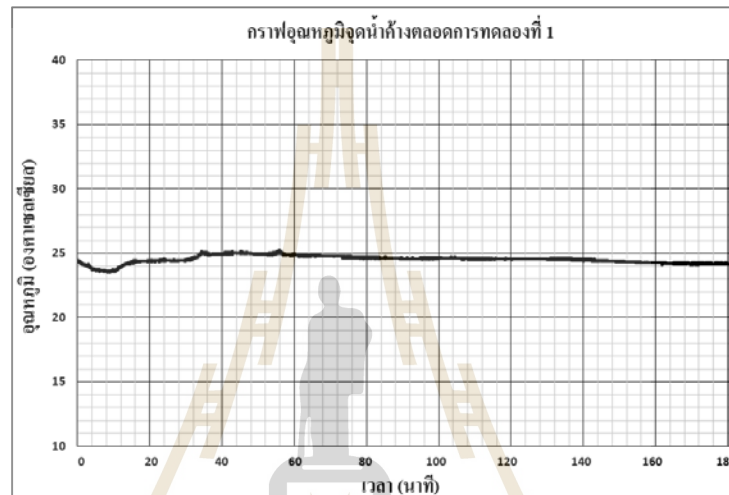
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงอุณหภูมิห้องตลอดการทดลองที่ 1



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ตลอดการทดลองที่ 1

จากกราฟอุณหภูมิห้องในรูปที่ 4.6 และกราฟความชื้นสัมพัทธ์ในรูปที่ 4.7 สามารถคำนวณค่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างได้จากสมการที่ 2.2

เมื่อกำหนดค่าอุณหภูมิจุดน้ำค้าง จากข้อมูลแต่ละจุดของอุณหภูมิห้อง และค่าความชื้นสัมพัทธ์แล้ว นำข้อมูลมาพล็อตเป็นกราฟ จะได้กราฟอุณหภูมิจุดน้ำค้างดังรูปที่ 4.8 และได้ค่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างเฉลี่ยเท่ากับ 24.522 องศาเซลเซียส

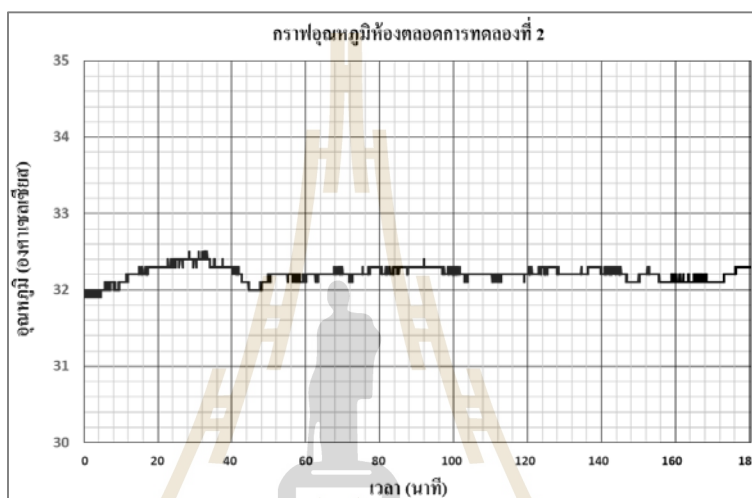


รูปที่ 4.8 กราฟแสดงอุณหภูมิจุดน้ำค้างตลอดการทดลองที่ 1

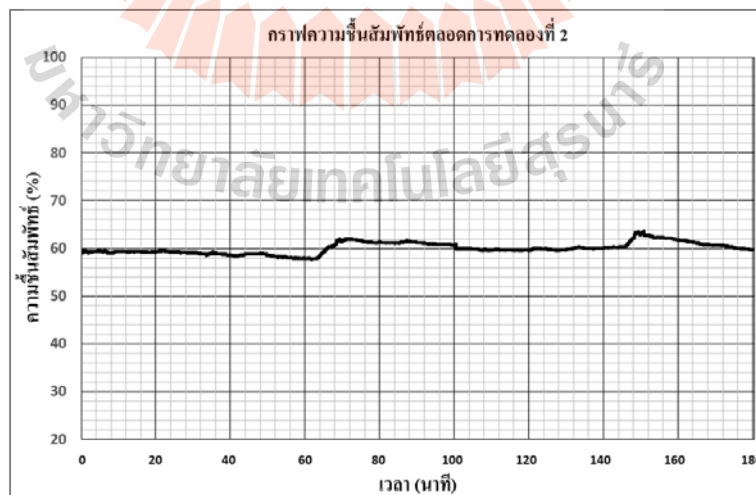


#### 4.3.2 การทดลองครั้งที่ 2

การทดลองนี้สามารถผลิตน้ำได้ทั้งหมด 18.0 มิลลิลิตรในเวลา 3 ชั่วโมง วัดอุณหภูมิห้องได้ดังกราฟในรูปที่ 4.9 โดยมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิห้องตลอดการทดลองเท่ากับ 32.375 องศาเซลเซียส และวัดค่าร้อยละของค่าความชื้นสัมพัทธ์ ได้ดังรูปที่ 4.10 โดยมีค่าร้อยละความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 60.038



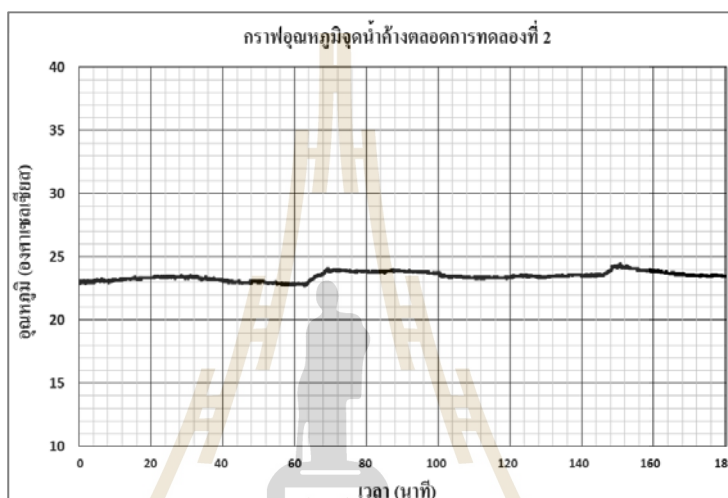
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงอุณหภูมิห้องตลอดการทดลองที่ 2



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ตลอดการทดลองที่ 2

จากกราฟอุณหภูมิห้องในรูปที่ 4.9 และกราฟความชื้นสัมพัทธ์ในรูปที่ 4.10 สามารถคำนวณค่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างได้จากสมการที่ 2.2

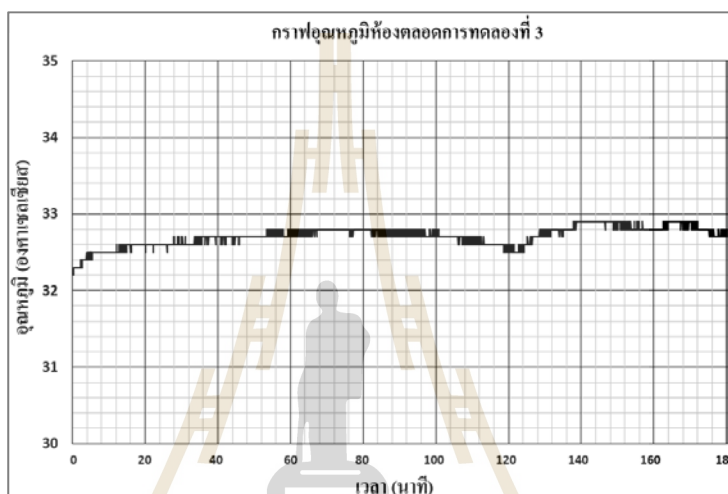
เมื่อกำหนดค่าอุณหภูมิจุดน้ำค้าง จากข้อมูลแต่ละจุดของอุณหภูมิห้อง และค่าความชื้นสัมพัทธ์แล้ว นำข้อมูลมาพล็อตเป็นกราฟ จะได้กราฟอุณหภูมิจุดน้ำค้างดังรูปที่ 4.11 และได้ค่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างเฉลี่ยเท่ากับ 23.461 องศาเซลเซียส



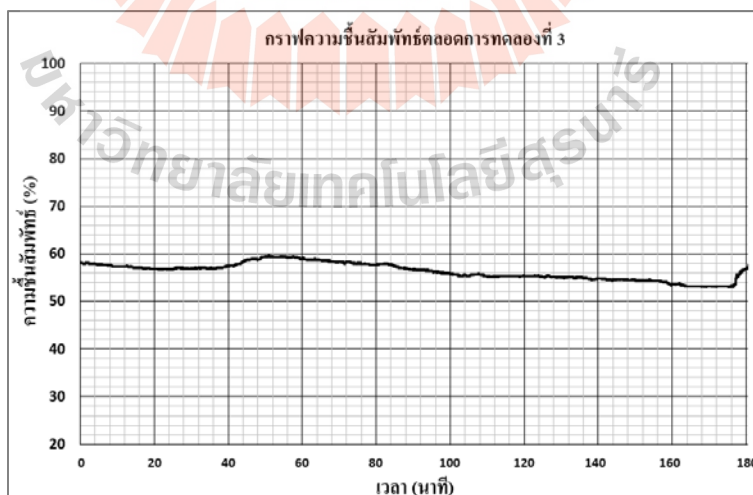
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงอุณหภูมิจุดน้ำค้างตลอดการทดลองที่ 2

### 4.3.3 การทดลองครั้งที่ 3

การทดลองนี้สามารถผลิตน้ำได้ทั้งหมด 16.6 มิลลิลิตรในเวลา 3 ชั่วโมง วัดอุณหภูมิห้องได้ดังกราฟในรูปที่ 4.12 โดยมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิห้องตลอดการทดลองเท่ากับ 32.717 องศาเซลเซียส และวัดค่าร้อยละของค่าความชื้นสัมพัทธ์ ได้ดังรูปที่ 4.13 โดยมีค่าร้อยละความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 56.454



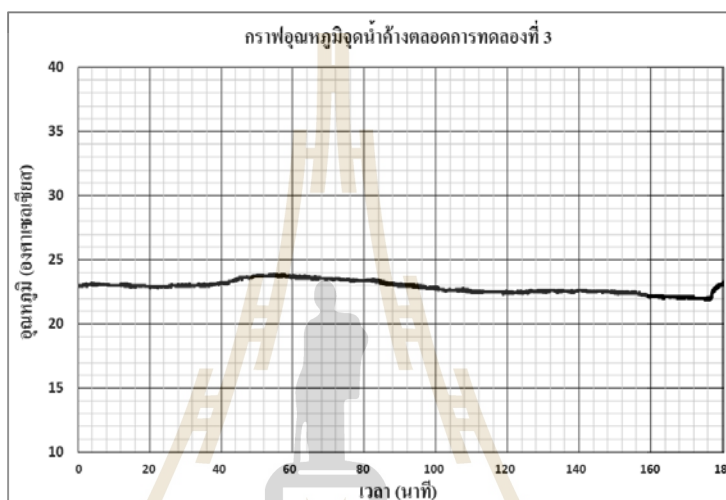
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงอุณหภูมิห้องตลอดการทดลองที่ 3



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ตลอดการทดลองที่ 3

จากกราฟอุณหภูมิห้องในรูปที่ 4.12 และกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ 4.13 สามารถคำนวณค่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างได้จากสมการที่ 2.2

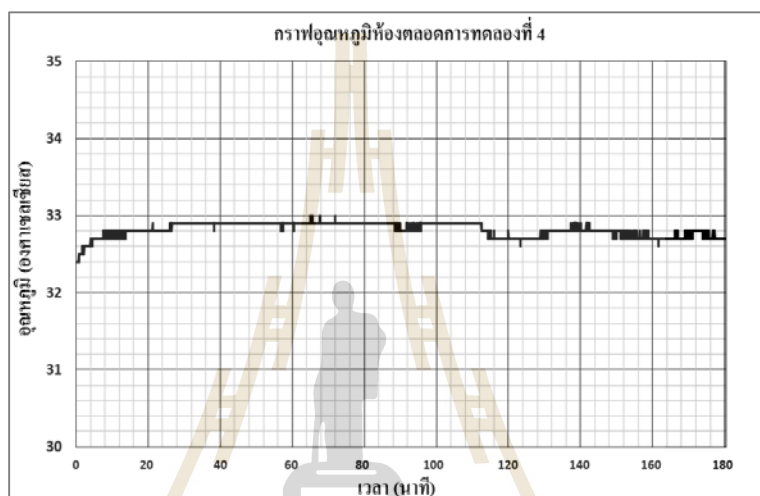
เมื่อคำนวณค่าอุณหภูมิจุดน้ำค้าง จากข้อมูลแต่ละจุดของอุณหภูมิห้องและค่าความสัมพันธ์แล้ว นำข้อมูลมาพล็อตเป็นกราฟ จะได้กราฟอุณหภูมิจุดน้ำค้างดังรูปที่ 4.14 และได้ค่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างเฉลี่ยเท่ากับ 22.877 องศาเซลเซียส



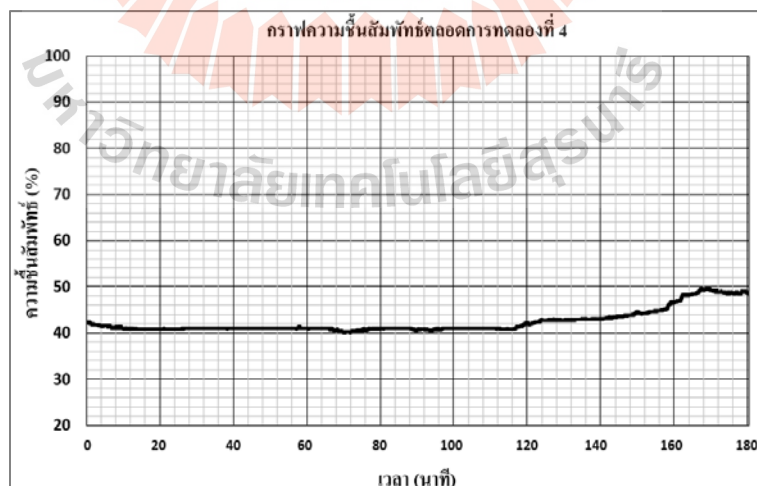
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงอุณหภูมิจุดน้ำค้างตลอดการทดลองที่ 3

#### 4.3.4 การทดลองครั้งที่ 4

การทดลองนี้สามารถผลิตน้ำได้ทั้งหมด 10.4 มิลลิลิตรในเวลา 3 ชั่วโมง วัดอุณหภูมิห้องได้ดังกราฟในรูปที่ 4.15 โดยมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิห้องตลอดการทดลองเท่ากับ 32.807 องศาเซลเซียส และวัดค่าร้อยละของค่าความชื้นสัมพัทธ์ ได้ดังรูปที่ 4.16 โดยมีค่าร้อยละความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 42.916



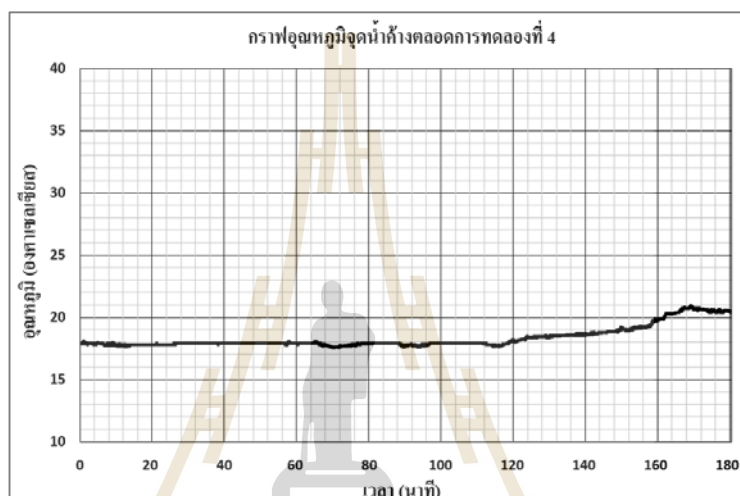
รูปที่ 4.15 กราฟแสดงอุณหภูมิห้องตลอดการทดลองที่ 4



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ตลอดการทดลองที่ 4

จากกราฟอุณหภูมิห้องในรูปที่ 4.15 และกราฟความชื้นสัมพัทธ์ในรูปที่ 4.16 สามารถคำนวณค่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างได้จากสมการที่ 2.2

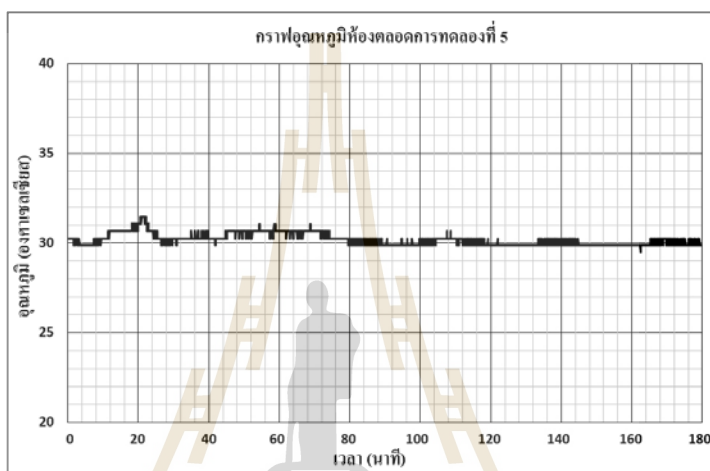
เมื่อกำหนดค่าอุณหภูมิจุดน้ำค้าง จากข้อมูลแต่ละจุดของอุณหภูมิห้อง และค่าความชื้นสัมพัทธ์แล้ว นำข้อมูลมาพล็อตเป็นกราฟ จะได้กราฟอุณหภูมิจุดน้ำค้างดังรูปที่ 4.17 และได้ค่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างเฉลี่ยเท่ากับ 18.340 องศาเซลเซียส



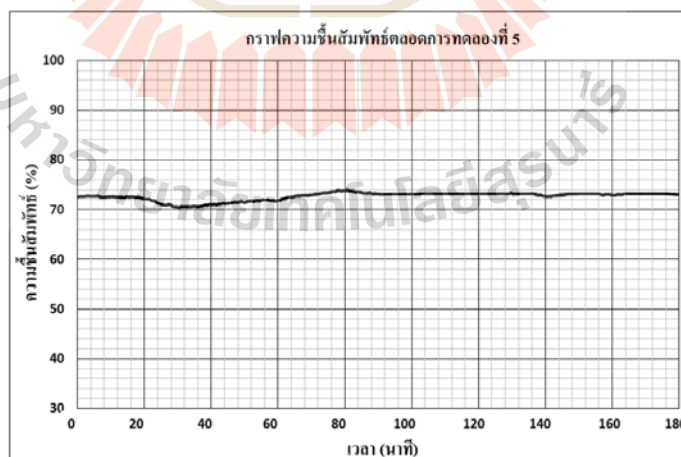
รูปที่ 4.17 กราฟแสดงอุณหภูมิจุดน้ำค้างตลอดการทดลองที่ 4

#### 4.3.5 การทดลองครั้งที่ 5

การทดลองนี้สามารถผลิตน้ำได้ทั้งหมด 24.9 มิลลิลิตรในเวลา 3 ชั่วโมง วัดอุณหภูมิห้องได้ดังกราฟในรูปที่ 4.18 โดยมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิห้องตลอดการทดลองเท่ากับ 30.05 องศาเซลเซียส และวัดค่าร้อยละของค่าความชื้นสัมพัทธ์ ได้ดังรูปที่ 4.19 โดยมีค่าร้อยละความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 72.470



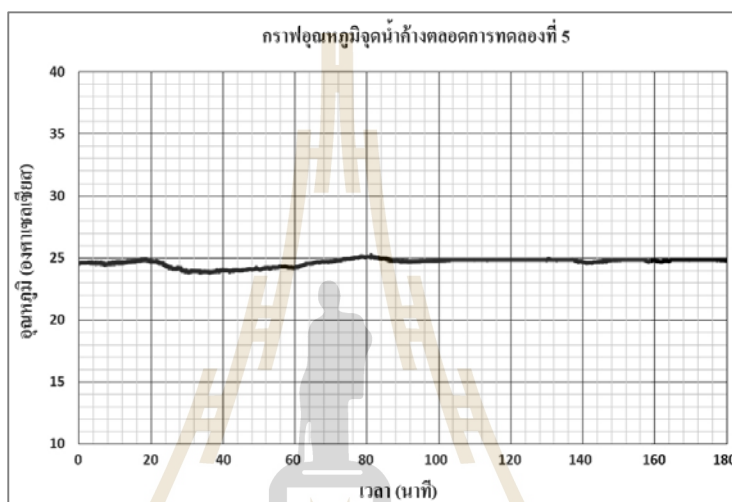
รูปที่ 4.18 กราฟแสดงอุณหภูมิห้องตลอดการทดลองที่ 5



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ตลอดการทดลองที่ 5

จากกราฟอุณหภูมิห้องในรูปที่ 4.18 และกราฟความชื้นสัมพัทธ์ในรูปที่ 4.19 สามารถคำนวณค่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างได้จากสมการที่ 2.2

เมื่อกำหนดค่าอุณหภูมิจุดน้ำค้าง จากข้อมูลแต่ละจุดของอุณหภูมิห้อง และค่าความชื้นสัมพัทธ์แล้ว นำข้อมูลมาพล็อตเป็นกราฟ จะได้กราฟอุณหภูมิจุดน้ำค้างดังรูปที่ 4.20 และได้ค่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างเฉลี่ยเท่ากับ 24.554 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงอุณหภูมิจุดน้ำค้างตลอดการทดลองที่ 5



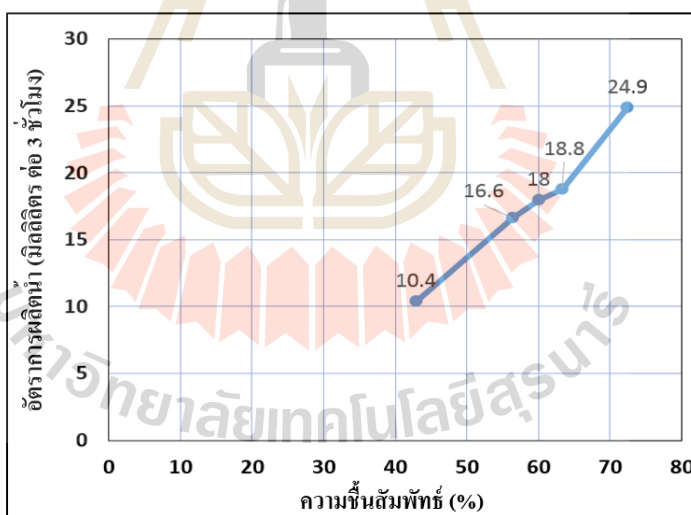


#### 4.4 เปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลการทดลอง

เพื่อความชัดเจนในการเปรียบเทียบผลการทดลองทั้ง 5 ครั้ง ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.1 เมื่อนำข้อมูลปริมาณน้ำและความชื้นสัมพัทธ์มาพล็อตกราฟ จะได้ดังรูปที่ 4.21

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลผลการทดลองเครื่องควบแน่นน้ำทั้ง 5 ครั้ง

การทดลอง (ครั้งที่)	อุณหภูมิห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (องศาเซลเซียส)	ปริมาณน้ำ (มิลลิลิตร)
1	32.208	63.310	24.522	18.8
2	32.375	60.038	23.461	18.0
3	32.717	56.454	22.877	16.6
4	32.807	42.916	18.340	10.4
5	30.050	72.470	24.554	24.9



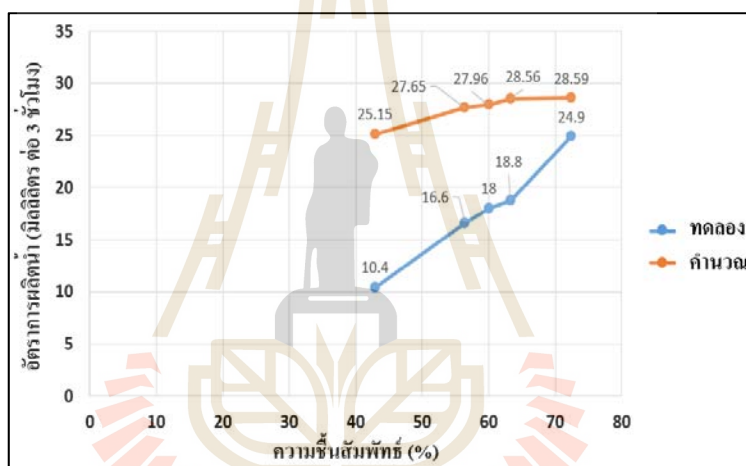
รูปที่ 4.21 เปรียบเทียบปริมาณน้ำที่วัดได้กับค่าความชื้นสัมพัทธ์

จากรูปที่ 4.21 แนวโน้มของกราฟแสดงให้เห็นว่าความชื้นสัมพัทธ์ส่งผลโดยตรงกับการผลิตน้ำของเครื่องควบแน่นน้ำ โดยที่ความสามารถในการควบแน่นน้ำจะแปรผันโดยตรงกับความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นสูงจะสามารถจะผลิตน้ำได้มาก

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลอุณหภูมิห้อง ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิจุดน้ำค้าง มาคำนวณหาปริมาณน้ำ โดยใช้สมการที่ 2.1 สมการที่ 2.2 และสมการที่ 2.3 ผลการคำนวณแสดงในคอลัมน์ที่ 6 ของตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลผลการทดลองและการคำนวณของเครื่องควบแน่นน้ำทิ้ง 5 ครั้ง

การทดลอง (ครั้งที่)	อุณหภูมิห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (องศาเซลเซียส)	ปริมาณน้ำ (มิลลิเมตร)	
				ทดลอง	คำนวณ
1	32.208	63.310	24.522	18.8	28.56
2	32.375	60.038	23.461	18.0	27.96
3	32.717	56.454	22.877	16.6	27.65
4	32.807	42.916	18.340	10.4	25.15
5	30.050	72.470	24.554	24.9	28.96



รูปที่ 4.22 กราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำจากการทดลองและการคำนวณต่อหน่วยความชื้นสัมพัทธ์

จากรูปที่ 4.22 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณน้ำจากการทดลองและปริมาณน้ำจากการคำนวณ ต่อหน่วยความชื้นสัมพัทธ์ แสดงให้เห็น ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับความสามารถในการควบแน่นของน้ำ โดยปริมาณน้ำที่วัดได้กับปริมาณน้ำจากการคำนวณ มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือในสภาวะความชื้นสัมพัทธ์สูง น้ำจะสามารถควบแน่นได้มากกว่า ในสภาวะความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ

จากการทดลอง เครื่องควบแน่นน้ำสามารถผลิตน้ำ ได้สูงสุด 24.9 มิลลิลิตร ในระยะเวลา 3 ชั่วโมง ซึ่งจะต้องจ่ายค่าไฟทั้งหมดเป็นเงิน 1.6191 บาท (ได้จากคำนวณในหัวข้อที่ 3.2.1) หากต้องการคำนวณค่าไฟฟ้าต่อการผลิตน้ำ 1 ลิตร สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$x = \frac{1000 \times 1.6191}{24.9} = 65.024$$

ต้องจ่ายค่าไฟฟ้าเป็นจำนวนเงิน 65.024 บาทต่อน้ำ 1 ลิตร

ในหนึ่งวันจะสามารถผลิตน้ำได้ ทั้งหมด 196.8 มิลลิลิตร และจากข้อมูลด้านสาธารณสุข ได้กล่าวว่า มนุษย์ ที่มีน้ำหนักประมาณ 60 กิโลกรัม ควรดื่มน้ำเฉลี่ยวันละประมาณ 2 ลิตร ซึ่งหากต้องการผลิตน้ำให้เพียงพอต่อการบริโภคของมนุษย์ 1 คน จะต้องเพิ่มจำนวนเพลทีเยร์เป็น อย่างน้อย 11 คู่ ถึงจะเพียงพอ

อย่างไรก็ตาม ปริมาณน้ำที่เครื่องสามารถผลิตได้นั้น ก็ยังน้อยกว่าปริมาณน้ำจากการคำนวณ เหตุที่ทำให้ผลจากการทดลองคลาดเคลื่อนจากผลการคำนวณ เกิดขึ้นจากหลายเหตุปัจจัยด้วยกัน การคำนวณเป็นแบบอุดมคติ ของการควบแน่นแบบหยด ซึ่งลักษณะการควบแน่นในแบบอุดมคตินี้ ต้องเป็นหยดน้ำที่มีขนาดเท่า ๆ กัน เมื่อเกิดการควบแน่นแล้ว หยดน้ำจะต้องไหลออกจากผิว ควบแน่นทันที และเกิดการควบแน่นรอบใหม่เกิดขึ้น โดยไอน้ำสัมผัสโดยตรงกับผิวควบแน่น แต่ในความเป็นจริง หยดน้ำจะยังไม่ไหลออกจากผิวควบแน่นทันที ต้องรอให้หยดน้ำใหญ่ขึ้น และมีน้ำหนักมากพอที่จะเอาชนะแรงตึงผิว จึงจะสามารถไหลออกจากผิวควบแน่นได้ การควบแน่นในขณะที่น้ำเกาะอยู่ที่ผิวควบแน่นก็ยังมีอยู่แต่ไม่ได้เกิดจากการสัมผัสโดยตรงกับผิว ของอนุเมียม จึงทำให้ประสิทธิภาพของการควบแน่นลดลง

#### 4.5 สรุป

เนื้อหาในบทนี้กล่าวถึงขั้นตอน วิธีการทดลอง การเก็บผลการทดลองและตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้อง นั่นคือ ค่าอุณหภูมิห้อง ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ค่าอุณหภูมิจุดน้ำค้าง และค่าปริมาณน้ำที่ เครื่องควบแน่นสามารถผลิตได้ รวมไปถึงการคำนวณปริมาณน้ำจากทฤษฎี เพื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำที่ผลิตได้จริง สิ่งที่ได้ปรากฏให้เห็นนั่นคือ การเกิดการควบแน่นจากการ คำนวณและจากการทดลองมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือค่าความชื้นสัมพัทธ์แปรผัน โดยตรงกับปริมาณน้ำ

## บทที่ 5

### สรุปงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปเนื้อหาวิทยานิพนธ์

น้ำคือทรัพยากรที่สำคัญต่อสรรพสิ่งต่าง ๆ บนโลกใบนี้ รวมทั้งมีความสำคัญยิ่งต่อมนุษย์ มนุษย์ใช้น้ำในการอุปโภคบริโภคทุกวัน ด้วยเหตุนี้ จึงมีการคิดค้นกระบวนการต่างๆที่จะได้มา และดำรงอยู่ซึ่ง ทรัพยากรน้ำ งานวิจัยนี้ได้เสนอทางเลือกหนึ่งในการผลิตน้ำโดยอาศัยหลักการ เปลี่ยนสถานะของน้ำ จากไอน้ำสถานะแก๊ส เป็นน้ำสถานะของเหลว นั่นคือหลักการควบแน่น นั่นเอง หลักการควบแน่นของน้ำ เกิดขึ้นได้ตามธรรมชาติ ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจนคือ การเกิดหยด น้ำเกาะข้างแก้ว ซึ่งเกิดจากอากาศกระทบกับผิวแก้วที่มีอุณหภูมิต่ำ หรือการเกิดฝนซึ่งเกิดจากไอน้ำ ในอากาศลอยตัวขึ้นสูงไปกระทบกับบรรยากาศที่มีอุณหภูมิต่ำ ไอน้ำจึงเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว ในลักษณะของก้อนเมฆ และเมื่อเมฆเหล่านี้ลอยตัวไปเจอกับอากาศเย็นน้ำจะตกลงมาเป็นฝน การควบแน่นตามธรรมชาติเหล่านี้ล้วนเกิดจากปัจจัยเดียวกัน คือ การลดลงของอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิลดลงความสามารถในการเก็บกักไอน้ำในอากาศจะน้อย ส่งผลให้ความชื้นสัมพัทธ์ของ อากาศเพิ่มขึ้น และเมื่ออุณหภูมิลดลงจนทำให้ความสามารถในการรองรับไอน้ำเท่ากับไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศ อากาศจะเริ่มเกิดปฏิกิริยาควบแน่นขึ้น อุณหภูมิในจุดนี้เรียกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้าง

เพลเทียร์เป็นอุปกรณ์ที่สามารถสร้างความเย็นได้ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้เพลเทียร์ ให้เป็นแหล่งกำเนิดความเย็นเพื่อสร้างปรากฏการณ์ควบแน่น จึงนำมาสู่การออกแบบเครื่อง ควบแน่นน้ำโดยประยุกต์ใช้โมดูลเพลเทียร์ โดยองค์ประกอบหลักๆของเครื่องควบแน่นน้ำประกอบ ไปด้วยส่วนระบายความร้อน ส่วนไหลเวียนอากาศ และระบบการจ่ายพลังงานไฟฟ้า นอกจากนี้ตัวแปรที่สำคัญที่มีผลต่อการเกิดปรากฏการณ์ควบแน่นคืออุณหภูมิและความชื้น ผู้วิจัยได้ติดตั้งเซ็นเซอร์ วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อเก็บข้อมูลประกอบการวิเคราะห์ การทำงานของเครื่องควบแน่น

การทดสอบเครื่องควบแน่นน้ำ ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูล ค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ และค่าปริมาณน้ำที่ผลิตได้จริงจากเครื่องควบแน่นน้ำ จากนั้นทำการคำนวณหาปริมาณน้ำโดยทฤษฎี โดยใช้ข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ แล้วนำปริมาณน้ำที่ผลิตได้จริงมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำที่คำนวณได้โดยทฤษฎี การเปรียบเทียบปริมาณน้ำจากการทดลองและปริมาณน้ำจาก การคำนวณ ต่อหน่วยความชื้นสัมพัทธ์ แสดงให้เห็น ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับ

ความสามารถในการควบแน่นของน้ำ โดยปริมาณน้ำที่วัดได้กับปริมาณน้ำจากการคำนวณมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือในสภาวะความชื้นสัมพัทธ์สูง น้ำจะสามารถควบแน่นได้มากกว่าในสภาวะความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ

## 5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

ปัญหาและข้อเสนอแนะของงานวิจัยนี้มีดังนี้

1) ปริมาณน้ำที่ผลิตได้จากเครื่องยังมีปริมาณที่น้อย และยังไม่เพียงพอ ต่อการบริโภค น้ำของมนุษย์ 1 คน ใน 1 วัน จากหัวข้อที่ 4.4 หากต้องการผลิตน้ำให้เพียงพอ ต้องเพิ่มชุดเครื่องควบแน่น อย่างน้อย 11 ชุด

2) งานวิจัยนี้มีการออกแบบให้มีระบบการไหลเวียนอากาศผ่านบริเวณควบแน่น โดยใช้พัดลมระบายอากาศขนาด 12V 0.65A ติดตั้งไว้บริเวณด้านบนของกล่อง โดยไม่มีการกำหนดความเร็วของการไหลเวียนอากาศผ่านบริเวณควบแน่น แต่มีข้อสังเกตจากงานวิจัย โดยที่ผู้วิจัยได้เคยใช้พัดลมระบายอากาศที่มีความเร็วลมมากกว่านี้ คือ พัดลมระบายอากาศขนาด 12V 2.7A ดังรูปที่ 5.1 ปรากฏว่าไม่เกิดการควบแน่นของน้ำที่บริเวณควบแน่น เนื่องจากเมื่อมีความเร็วลมมาก อุณหภูมิบริเวณผิวควบแน่นไม่สามารถลดลงไปจนถึงอุณหภูมิจุดน้ำค้างได้



รูปที่ 5.1 พัดลมระบายอากาศขนาด 12V 2.7A

3) ความแตกต่างของอัตราการผลิตน้ำจากการทดลองและอัตราการผลิตน้ำจากการคำนวณมีความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 36.259% การคำนวณนี้เป็นการคำนวณแบบอุดมคติ โดยคิดจากค่าเฉลี่ยของความชื้นสัมพัทธ์ และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิห้องทดลองการทดลอง ซึ่งในความเป็นจริงนั้น ในระยะเวลา 3 ชั่วโมง ที่ทำการทดลองค่าอุณหภูมิห้องและค่าความชื้นสัมพัทธ์ไม่ได้มีแค่ค่าเดียวแต่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา นอกจากนี้จากการสังเกตบริเวณขอบของผิวควบแน่น ยังมีน้ำที่เกิดขึ้นจากการควบแน่นเกาะอยู่และไม่ยอมไหลลงมาทำให้การเกิดการควบแน่นรอบใหม่เกิดขึ้นได้ยาก ณ บริเวณนั้นๆ ด้วยปัจจัยเหล่านี้จึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนดังกล่าว

### 5.3 แนวทางการพัฒนาในอนาคต

เนื่องจากระบบการทำความเย็นของเพลเทียร์มีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับระบบการทำความเย็นอื่นๆ ในการพัฒนาไปสู่ เครื่องควบแน่นน้ำแบบพกพา จึงมีความน่าสนใจและท้าทายต่อการพัฒนาต่อไป

## รายการอ้างอิง

- Silverman, Bernard A., and Wathana Sukarnjanaset. **"Results of the Thailand Warm-Cloud Hygroscopic particle seeding experiment."** Journal of Applied Meteorology 39.7 (2000) : 1160-1175.
- University of Texas at Austin. **"Chemists work to desalinate the ocean for drinking water, one nanoliter at a time."** ScienceDaily. ScienceDaily, 27 June 2013. <[www.sciencedaily.com/releases/2013/06/130627125525.htm](http://www.sciencedaily.com/releases/2013/06/130627125525.htm)>.
- Knust, Kyle N., et al. **"Electrochemically mediated seawater desalination."** Angewandte Chemie International Edition 52.31 (2013): 8107-8110.
- Holman, J. P. **"Heat transfer, Eighth SI Metric Edition."** (2001): 7-39.
- Chandra, Arora Ramesh. **Refrigeration and air conditioning.** PHI Learning Pvt. Ltd., 2010.
- Gupta, Man Prakash, et al. **"Ultrathin thermoelectric devices for on-chip peltier cooling."** Components, Packaging and Manufacturing Technology, IEEE Transactions on 1.9 (2011) :1395-1405.
- Hirachan, Agat, and Dereje Agonafer. **"Removing the Hot-Spots in High Power Devices Using the Thermoelectric Cooler and Micro Heat Pipe."** ASME 2012 International Mechanical Engineering Congress and Exposition. American Society of Mechanical Engineers, 2012.
- Litvinovitch, Viatcheslav, Peng Wang, and Avram Bar-Cohen. **"Superlattice Hot Spot Cooling."** Components and Packaging Technologies, IEEE Transactions on 33.1 (2010): 229-239.
- Dalola, Simone, et al. **"Characterization of thermoelectric modules for powering autonomous sensors."** Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on 58.1 (2009): 99-107.
- www.cui.com. (2016). **"Peltier Application Note"** Retrieved October 14, 2016, from CUINC Website : <http://www.cui.com/catalog/resource/peltier-app-note.pdf>
- Ray Winkelman. (2011). **"Photography, Condensation on Base of Ice Water Glass"** Retrieved October 14, 2016, from Clippix ETC Website:<http://etc.usf.edu/clippix/picture/condensation-on-base-of-ice-water-glass.html>

Faghri, A., Zhang, Y., & Howell, J. R. (2010). **Advanced heat and mass transfer**. Global Digital Press.







ภาคผนวก ก

ข้อมูลโค้ดภาษาซีโปรแกรม Arduino ที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่อง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
#include <DHT.h>
#include "DHT.h"
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#define ONE_WIRE_BUS 2
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
DeviceAddress insideThermometer;
DHT dht;
int i ;
int h ;
int b ;
int t = 0;
int D_H;
int D_L;
int c;
int M;
int T;
void setup()
{
  pinMode(13, OUTPUT);
  pinMode(10, OUTPUT);
  pinMode(12, OUTPUT);
  pinMode(8, OUTPUT);
  sensors.begin();
  if (!sensors.getAddress(insideThermometer, 0)) Serial.println("Unable to find address for
Device 0");
  Serial.begin(9600);
  Serial.println();
  Serial.println("Status\tHumidity (%)\tTemperature (C)\t(F)");
  dht.setup(3); // data pin 3
```

```

}
// function to print the temperature for a device
void printTemperature(DeviceAddress deviceAddress)
{
    float tempC = sensors.getTempC(deviceAddress);
    T=tempC*100;
    c = (int)T;

    Serial.println(tempC);
}
/*****/
void loop()
{
    delay(dht.getMinimumSamplingPeriod());
    float humidity = dht.getHumidity(); // ??????????????
    float temperature = dht.getTemperature(); // ??????????????
    /*Serial.print(dht.getStatusString());
    Serial.print("\t");*/
    Serial.print(humidity, 1);
    Serial.print("\t\t");
    Serial.print(temperature, 1);
    Serial.print("\t\t");
    sensors.requestTemperatures();
    printTemperature(insideThermometer);
    /*Serial.println("\t\t");
    Serial.println(dht.toFahrenheit(temperature), 1);*/
}
void printAddress(DeviceAddress deviceAddress)
{
    for (uint8_t i = 0; i < 8; i++)
    {

```

```
if (deviceAddress[i] < 16) Serial.print("0");  
Serial.print(deviceAddress[i], HEX);}}
```





## รายชื่อบทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา

Phungmuang, A., Uthansakul, P., (2016). **Water Condensation Generator Based on Peltier Cooler Module.** South East Asian Technical University Consortium (10<sup>th</sup> SEATUC Symposium), Shibaura Institute of Technology, Tokyo, Japan, 22<sup>nd</sup> -24<sup>th</sup> February, 2016



## ประวัติผู้เขียน

นาย อธิเทพ พึ่งเมือง เกิดเมื่อวันที่ 27 สิงหาคม พ.ศ. 2534 ที่จังหวัดเพชรบูรณ์ เริ่มศึกษาในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-6 ณ โรงเรียนบ้านหนองไผ่มาบชุมแสง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 โรงเรียนโพธิธรรมสุวัฒน์ จังหวัด พิจิตร และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์จาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปี พ.ศ. 2556

จากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรม อิเล็กทรอนิกส์และฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยขณะศึกษาได้รับทุนสนับสนุนจากทุนการศึกษาแก่นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาที่คณาจารย์ได้รับทุนวิจัยจากแหล่งทุนภายนอกหรือทุน OROG

มีบทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ จำนวน 1 ฉบับดังนี้

- 1) Phungmuang, A., Uthansakul, P., (2016). **Water Condensation Generator Based on Peltier Cooler Module.** South East Asian Technical University Consortium (10<sup>th</sup> SEATUC Symposium), Shibaura Institute of Technology, Tokyo, Japan, 22<sup>nd</sup>-24<sup>th</sup> February, 2016