

ผลของความเร็วพัดลมและใบพัดทิศทางของเครื่องปรับอากาศรูปแบบการไหล  
และการกระจายอุณหภูมิของอากาศ

Effects of fan speed and vane direction of air conditioner  
on the flow pattern and temperature distribution



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2559

ผลของความเร็วพัดลมและใบพัดทิศทางของเครื่องปรับอากาศต่อรูปแบบการไหล  
และการกระจายอุณหภูมิของอากาศ

Effects of fan speed and vane direction of air conditioner  
on the flow pattern and temperature distribution



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิศวกรรมเครื่องกล  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Effects of fan speed and vane direction of air conditioner  
on the flow pattern and temperature distribution



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABUNG  
2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2559  
สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ผลของความเร็วพัดลมและใบปรับทิศทางของเครื่องปรับอากาศต่อรูปแบบการไหลและการกระจาย อุณหภูมิของอากาศ  
Effects of fan speed and vane direction of air conditioner on the flow pattern and temperature distribution

ผู้จัดทำ

1. นายศิริระพีชญ์ กระจ่างทอง รหัสประจำตัว 56011213
2. นายสุทธิพงษ์ ชุนทอง รหัสประจำตัว 56011340
3. นายสุรศักดิ์ พวงเงิน รหัสประจำตัว 56011369



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. ดร.ณัฏวิภา เจียรระโนวชิระ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของความเร็วพัดลมและใบพัดทิศทางของเครื่องปรับอากาศ

ต่อรูปแบบการไหลและการกระจายอุณหภูมิของอากาศ

นายศิระพิชญ์	กระสาทอง	56011213
นายสุทธิพงศ์	ขุนทอง	56011340
นายสุรศักดิ์	พวงเงิน	56011369
ผศ.ดร.ณัฏวิภา	เจียรระโนวชิระ	อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2559		

### บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องการกระจายตัวของอุณหภูมิและความเร็วลมจากเครื่องปรับอากาศ เพื่อเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศและพัฒนาเพื่อความสะดวกสบายของผู้บริโภค รวมถึงแสดงวิธีการจำลองโดยใช้โปรแกรมจากคอมพิวเตอร์เพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่ศึกษาและพัฒนาเรื่องการปรับอากาศต่อไป โดยเปรียบเทียบการทดลองจริงกับการจำลองในโปรแกรม ห้องทดลองจริงถูกแบ่งเป็นระยะ 1, 2, 3, 4 และ 5 เมตร เพื่อความละเอียดในการวัดและเปรียบเทียบค่า ใบพัดระดับของเครื่องปรับอากาศมี 5 ระดับ และมี 4 ระดับแรงลม ซึ่งการทดลองได้อ้างอิงมาจากมาตรฐาน ASHRAE 55 เมื่อได้ผลการทดลองแล้ว นำไปเปรียบเทียบกับผลของการจำลองโดยใช้โปรแกรม พบว่าเมื่อลมเย็นเคลื่อนที่ออกจากเครื่องปรับอากาศจะลดระดับลงจนมีความสูงเหนือพื้นห้องเล็กน้อย ซึ่งจากการเปรียบเทียบผลการทดลองกับผลการจำลองจากโปรแกรมมีค่าความคลาดเคลื่อนในระดับไม่สูงมาก ทั้งในส่วนของอุณหภูมิและความเร็วลม นอกจากนี้ยังพบว่ารูปแบบการเคลื่อนที่ของลมเย็นนั้นมีความใกล้เคียงกันทั้งในส่วนของ การทดลองและการสร้างแบบจำลองจากโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Effects of fan speed and vane direction of air conditioner

on the flow pattern and temperature distribution

Sirapich	Krasathong	56011213
Suttipong	Kunthong	56011340
Surasak	Puang-ngern	56011369
Asst.Prof.Dr. Nuthvipa	Jayranaiwachira	Advisor
Year 2016		

## ABSTRACT

This project studies about temperature distribution and wind's velocity of air-conditioner, to increase air-condition efficiency from the result of the experimental and to response the consumer satisfaction, include the representation about boundary conditions and equations for simulated experimental from computer program which is used for those who want to study or develop the wind distribution and air conditioning. This research has been experimented and modeled to both comparable values. The room was created for an experiment by separate into 1, 2, 3, 4 and 5 meters from an air conditioner. Using all functions of vane (5 functions) and wind velocity (4 functions) and then measure wind's velocity and temperature that reference from ASHRAE Standard 55, comparing the result with simulation. It was found that when the cold air moves out from the air conditioner has flow down until at few heights above the floor. Comparing the result of experiment and the computer simulation has founded that have few errors, both in terms of temperature and wind's velocity. It was also found that the flow pattern of cold winds was similar in both experimental and computer simulated result.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาโทฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาจาก ผศ.ดร.ณัฐวิภา เจริญระโนวชิระ อาจารย์ประจำภาควิชาเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง รวมทั้งเป็นผู้ตรวจทานความถูกต้องของปริญญาโทของคณะผู้ศึกษาทางคณะผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง รวมทั้งครูและอาจารย์ในทุกระดับการศึกษา ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แขนงต่างๆ รวมทั้งคณะกรรมการสอบปริญญาโทที่ได้แนะนำข้อผิดพลาดต่างๆ ในการจัดทำ

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยส่งความปรารถนาดี ความหวังดีและสละทรัพย์เลี้ยงดู รวมทั้งมอบโอกาสทางการศึกษาจนการจัดทำปริญญาโทเสร็จสิ้นอย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณคุณพิทักษ์ พรหมไธสง (พี่จิม) และคุณกิริติ กิรสมุทรานนท์ (พี่ไนต์) ที่ได้สละเวลาอันมีค่ามาสอนการใช้โปรแกรมสร้างแบบจำลอง อันเป็นส่วนสำคัญยิ่งในการศึกษาครั้งนี้

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ในภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ที่ได้ให้กำลังใจและคำแนะนำต่างๆอันมีประโยชน์

และท้ายที่สุดขอขอบคุณเพื่อนๆในคณะผู้จัดทำที่ได้ทุ่มเทร่างกายและใจในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

นายศิระพิชญ์ กระจ่างทอง

นายสุทธิพงศ์ ขุนทอง

นายสุรศักดิ์ พวงเงิน

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	X
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.2 ระบบปรับอากาศ.....	3
2.2.1 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ.....	4
2.2.2 ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน.....	5
2.3 กระบวนการจ่ายลมเย็นของหัวจ่าย.....	6
2.4 พัฒนและการเคลื่อนที่ของอากาศ.....	9
2.4.1 พัฒนชนิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง.....	9
2.5 ปรากฏการณ์ Coanda.....	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.6 การคำนวณทางพลศาสตร์ของของไหล.....	11
2.7 สมการควบคุมพื้นฐานสำหรับการไหล.....	12
2.8 แบบจำลองความปั่นป่วน Standard K-epsilon.....	14
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ.....	21
3.1 การทดลอง.....	21
3.2 การสร้างแบบจำลอง.....	26
3.2.1 การออกแบบห้องทดลองโดยใช้โปรแกรม.....	26
3.2.2 การกำหนดโดเมนและเมช.....	27
3.2.3 การกำหนดคุณสมบัติและเงื่อนไขของขอบเขต.....	32
3.2.4 สภาพการทำงาน.....	36
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	39
4.1 ผลการทดลองของอุณหภูมิตั้งแต่.....	39
4.2 ผลของรูปแบบการไหลของลมเย็น.....	66
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	70
5.1 สรุปผลการศึกษา.....	70
5.2 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....	70
บรรณานุกรม.....	74
ภาคผนวก ก.....	76
ภาคผนวก ข.....	98

# สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบพัดลมชนิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง.....	10
ตารางที่ 2.2 แสดงสมการพื้นฐานสำหรับการไหลแบบปั่นป่วนในรูปแบบของเทนเซอร์.....	18
ตารางที่ 3.1 แสดงชนิดเทอร์โมคัปเปิล.....	21
ตารางที่ 3.2 แสดงอุปกรณ์วัดความเร็วลมชนิดต่างๆ.....	22
ตารางที่ 3.3 แสดงความเร็วลมที่ทางออกเครื่องปรับอากาศ.....	23
ตารางที่ 3.4 แสดงมุมปรับระดับของเครื่องปรับอากาศ.....	23
ตารางที่ 3.5 แสดงค่าความเร็วลมที่ใช้ในแต่ละความเร็วพัดลมใบปรับระดับที่ 1.....	36
ตารางที่ 3.6 แสดงค่าความเร็วลมที่ใช้ในแต่ละความเร็วพัดลมใบปรับระดับที่ 2.....	37
ตารางที่ 3.7 แสดงค่าความเร็วลมที่ใช้ในแต่ละความเร็วพัดลมใบปรับระดับที่ 3.....	37
ตารางที่ 3.8 แสดงค่าความเร็วลมที่ใช้ในแต่ละความเร็วพัดลมใบปรับระดับที่ 4.....	37
ตารางที่ 3.9 แสดงค่าความเร็วลมที่ใช้ในแต่ละความเร็วพัดลมใบปรับระดับที่ 5.....	38
ตารางที่ 4.1 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ระยะต่างๆ ใบปรับระดับที่ 1 ความเร็วลมที่ 1.....	40
ตารางที่ 4.2 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ระยะต่างๆ ใบปรับระดับที่ 1 ความเร็วลมที่ 2.....	41
ตารางที่ 4.3 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ระยะต่างๆ ใบปรับระดับที่ 1 ความเร็วลมที่ 3.....	42
ตารางที่ 4.4 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ระยะต่างๆ ใบปรับระดับที่ 1 ความเร็วลมที่ 4.....	43
ตารางที่ 4.5 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ระยะต่างๆ ใบปรับระดับที่ 2	

## สารบัญตาราง(ต่อ)

	หน้า
ความเร็วมติที่ 1.....	45
ตารางที่ 4.6 ค่าอนุกรมวิธีระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ระยะต่างๆ ใบปรับระดับที่ 2	
ความเร็วมติที่ 2.....	46
ตารางที่ 4.7 ค่าอนุกรมวิธีระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ระยะต่างๆ ใบปรับระดับที่ 2	
ความเร็วมติที่ 3.....	47
ตารางที่ 4.8 ค่าอนุกรมวิธีระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ระยะต่างๆ ใบปรับระดับที่ 2	
ความเร็วมติที่ 4.....	48
ตารางที่ 4.9 ค่าอนุกรมวิธีระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ระยะต่างๆ ใบปรับระดับที่ 3	
ความเร็วมติที่ 1.....	50
ตารางที่ 4.10 ค่าอนุกรมวิธีระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ระยะต่างๆ ใบปรับระดับที่ 3	
ความเร็วมติที่ 2.....	51
ตารางที่ 4.11 ค่าอนุกรมวิธีระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ระยะต่างๆ ใบปรับระดับที่ 3	
ความเร็วมติที่ 3.....	52
ตารางที่ 4.12 ค่าอนุกรมวิธีระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ระยะต่างๆ ใบปรับระดับที่ 3	
ความเร็วมติที่ 4.....	53
ตารางที่ 4.13 ค่าอนุกรมวิธีระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ระยะต่างๆ ใบปรับระดับที่ 4	
ความเร็วมติที่ 1.....	55
ตารางที่ 4.14 ค่าอนุกรมวิธีระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ระยะต่างๆ ใบปรับระดับที่ 4	
ความเร็วมติที่ 2.....	56

## สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.15 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ระยะต่างๆ ไบปรี่ระดับที่ 4 ความเร็วลมที่ 3.....	57
ตารางที่ 4.16 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ระยะต่างๆ ไบปรี่ระดับที่ 4 ความเร็วลมที่ 4.....	58
ตารางที่ 4.17 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ระยะต่างๆ ไบปรี่ระดับที่ 5 ความเร็วลมที่ 1.....	60
ตารางที่ 4.18 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ระยะต่างๆ ไบปรี่ระดับที่ 5 ความเร็วลมที่ 2.....	61
ตารางที่ 4.19 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ระยะต่างๆ ไบปรี่ระดับที่ 5 ความเร็วลมที่ 3.....	62
ตารางที่ 4.20 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ระยะต่างๆ ไบปรี่ระดับที่ 5 ความเร็วลมที่ 4.....	63
ตาราง ก.1 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองไบปรี่ระดับที่ 1 ความเร็วลมที่ 1.....	78
ตาราง ก.2 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองไบปรี่ระดับที่ 1 ความเร็วลมที่ 2.....	79
ตาราง ก.3 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองไบปรี่ระดับที่ 1 ความเร็วลมที่ 3.....	80
ตาราง ก.4 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองไบปรี่ระดับที่ 1 ความเร็วลมที่ 4.....	81
ตาราง ก.5 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองไบปรี่ระดับที่ 2 ความเร็วลมที่ 1.....	82
ตาราง ก.6 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองไบปรี่ระดับที่ 2 ความเร็วลมที่ 2.....	83
ตาราง ก.7 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองไบปรี่ระดับที่ 2 ความเร็วลมที่ 3.....	84
ตาราง ก.8 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองไบปรี่ระดับที่ 2 ความเร็วลมที่ 4.....	85

## สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตาราง ก.9 ค่าอุณหภูมิตะหว่างการทดลองและแบบจำลองใบปรับระดับที่ 3 ความเร็วลมที่ 1.....	86
ตาราง ก.10 ค่าอุณหภูมิตะหว่างการทดลองและแบบจำลองใบปรับระดับที่ 3 ความเร็วลมที่ 2.....	87
ตาราง ก.11 ค่าอุณหภูมิตะหว่างการทดลองและแบบจำลองใบปรับระดับที่ 3 ความเร็วลมที่ 3.....	88
ตาราง ก.12 ค่าอุณหภูมิตะหว่างการทดลองและแบบจำลองใบปรับระดับที่ 3 ความเร็วลมที่ 4.....	89
ตาราง ก.13 ค่าอุณหภูมิตะหว่างการทดลองและแบบจำลองใบปรับระดับที่ 4 ความเร็วลมที่ 1.....	90
ตาราง ก.14 ค่าอุณหภูมิตะหว่างการทดลองและแบบจำลองใบปรับระดับที่ 4 ความเร็วลมที่ 2.....	91
ตาราง ก.15 ค่าอุณหภูมิตะหว่างการทดลองและแบบจำลองใบปรับระดับที่ 4 ความเร็วลมที่ 3.....	92
ตาราง ก.16 ค่าอุณหภูมิตะหว่างการทดลองและแบบจำลองใบปรับระดับที่ 4 ความเร็วลมที่ 4.....	93
ตาราง ก.17 ค่าอุณหภูมิตะหว่างการทดลองและแบบจำลองใบปรับระดับที่ 5 ความเร็วลมที่ 1.....	94
ตาราง ก.18 ค่าอุณหภูมิตะหว่างการทดลองและแบบจำลองใบปรับระดับที่ 5 ความเร็วลมที่ 2.....	95
ตาราง ก.19 ค่าอุณหภูมิตะหว่างการทดลองและแบบจำลองใบปรับระดับที่ 5 ความเร็วลมที่ 3.....	96
ตาราง ก.20 ค่าอุณหภูมิตะหว่างการทดลองและแบบจำลองใบปรับระดับที่ 5 ความเร็วลมที่ 4.....	97
ตาราง ข.1 ความเร็วลมที่ตำแหน่งเดียวกันของการจำลองและการทดลองใบปรับระดับที่ 1.....	99
ตาราง ข.2 ความเร็วลมที่ตำแหน่งเดียวกันของการจำลองและการทดลองใบปรับระดับที่ 2.....	100
ตาราง ข.3 ความเร็วลมที่ตำแหน่งเดียวกันของการจำลองและการทดลองใบปรับระดับที่ 3.....	101
ตาราง ข.4 ความเร็วลมที่ตำแหน่งเดียวกันของการจำลองและการทดลองใบปรับระดับที่ 4.....	102
ตาราง ข.5 ความเร็วลมที่ตำแหน่งเดียวกันของการจำลองและการทดลองใบปรับระดับที่ 5.....	103

# สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ.....	4
รูปที่ 2.2 ระบบการปรับอากาศแบบแยกส่วน.....	5
รูปที่ 2.3 แสดงการแบ่งพื้นที่ของการกระจายลมเย็น.....	6
รูปที่ 2.4 พัฒมชนิดใบพัดโค้งหน้า.....	9
รูปที่ 2.5 พัฒมชนิดใบพัดโค้งหลัง.....	10
รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะลมเมื่อออกจากพัดลม.....	10
รูปที่ 2.7 แสดงปรากฏการณ์ Coanda.....	11
รูปที่ 2.8 ภาพประกอบลักษณะของความเร็วในการไหลแบบปั่นป่วน.....	12
รูปที่ 3.1 ห้องทดลองจากมุมมองด้านบน.....	21
รูปที่ 3.2 แสดงตำแหน่งที่ต้องการวัดความเร็วลม.....	22
รูปที่ 3.3 แสดงตำแหน่งที่มีการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล.....	22
รูปที่ 3.4 แสดงตำแหน่งใบปรับระดับ.....	23
รูปที่ 3.5 แผนภาพการทดลอง.....	25
รูปที่ 3.6 ภาพขนาดโมเดลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง.....	26
รูปที่ 3.7 ภาพขนาดโมเดลเครื่องปรับอากาศ.....	26
รูปที่ 3.8 โดเมนของห้องทดลองที่ใบปรับระดับที่ 1.....	27
รูปที่ 3.9 Meshing โดเมนของห้องทดลองที่ใบปรับระดับที่ 1.....	27
รูปที่ 3.10 โดเมนของห้องทดลองที่ใบปรับระดับที่ 2.....	28
รูปที่ 3.11 Meshing โดเมนของห้องทดลองที่ใบปรับระดับที่ 2.....	28
รูปที่ 3.12 โดเมนของห้องทดลองที่ใบปรับระดับที่ 3.....	29

## สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.13 Meshing โดเมนของห้องทดลองที่ใบปรับระดับที่ 3.....	29
รูปที่ 3.14 โดเมนของห้องทดลองที่ใบปรับระดับที่ 4.....	30
รูปที่ 3.15 Meshing โดเมนของห้องทดลองที่ใบปรับระดับที่ 5.....	30
รูปที่ 3.16 โดเมนของห้องทดลองที่ใบปรับระดับที่ 5.....	31
รูปที่ 3.17 Meshing โดเมนของห้องทดลองที่ใบปรับระดับที่ 5.....	31
รูปที่ 3.18 กำหนด Inlet ของโดเมน.....	32
รูปที่ 3.19 กำหนด Outlet ของโดเมน.....	32
รูปที่ 3.20 กำหนด Wall ของโดเมน.....	32
รูปที่ 3.21 การกำหนดลักษณะการไหล และสมการพลังงาน.....	33
รูปที่ 3.22 การกำหนดคุณสมบัติของอากาศ.....	33
รูปที่ 3.23 การกำหนดเงื่อนไขของขอบเขต.....	34
รูปที่ 3.24 การกำหนดเวลาที่ใช้คำนวณ.....	34
รูปที่ 3.25 เริ่มการคำนวณ.....	35
รูปที่ 3.26 การแสดงผลจากการคำนวณ.....	35
รูปที่ 3.27 ค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่ง Thermocouple ติดตั้งอยู่.....	36
รูปที่ 3.28 จำนวนช่องลมเย็น.....	36
รูปที่ 4.1-4.5 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 1 และความเร็วลมที่ 1.....	40
รูปที่ 4.6-4.10 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 1 และความเร็วลมที่ 2.....	41
รูปที่ 4.11-4.15 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 1 และความเร็วลมที่ 3....	42
รูปที่ 4.16-4.20 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 1 และความเร็วลมที่ 4....	43

## สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.21-4.25 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 2 และความเร็วลมที่ 1....	45
รูปที่ 4.26-4.30 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 2 และความเร็วลมที่ 2....	46
รูปที่ 4.31-4.35 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 2 และความเร็วลมที่ 3....	47
รูปที่ 4.36-4.40 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 2 และความเร็วลมที่ 4....	48
รูปที่ 4.41-4.45 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 3 และความเร็วลมที่ 1....	50
รูปที่ 4.46-4.50 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 3 และความเร็วลมที่ 2....	51
รูปที่ 4.51-4.55 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 3 และความเร็วลมที่ 3....	52
รูปที่ 4.56-4.60 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 3 และความเร็วลมที่ 4....	53
รูปที่ 4.61-4.65 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 4 และความเร็วลมที่ 1....	55
รูปที่ 4.66-4.70 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 4 และความเร็วลมที่ 2....	56
รูปที่ 4.71-4.75 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 4 และความเร็วลมที่ 3....	57
รูปที่ 4.76-4.80 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 4 และความเร็วลมที่ 4....	58
รูปที่ 4.81-4.85 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 5 และความเร็วลมที่ 1....	60
รูปที่ 4.86-4.90 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 5 และความเร็วลมที่ 2....	61
รูปที่ 4.91-4.95 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 5 และความเร็วลมที่ 3....	62
รูปที่ 4.96-4.100 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 5 และความเร็วลมที่ 4....	63
รูปที่ 4.101-4.104 แสดงอุณหภูมิที่ใบปรับระดับ 1 ความเร็วลมที่ 1 ที่ระยะเวลาต่างๆ.....	65
รูปที่ 4.105-4.108 แสดงอุณหภูมิที่ใบปรับระดับ 1 ความเร็วลมที่ 3 ที่ระยะเวลาต่างๆ.....	66
รูปที่ 4.109 ภาพเปรียบเทียบการไหลของลมเย็นของใบปรับระดับต่างๆ ที่ความเร็วพัดลมที่ 1.....	67
รูปที่ 4.110 ภาพเปรียบเทียบการไหลของลมเย็นของใบปรับระดับต่างๆ ที่ความเร็วพัดลมที่ 2.....	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.111 ภาพเปรียบเทียบการไหลของลมเย็นของใบปรับระดับต่างๆ ที่ความเร็วพัดลมที่ 3.....	68
รูปที่ 4.112 ภาพเปรียบเทียบการไหลของลมเย็นของใบปรับระดับต่างๆ ที่ความเร็วพัดลมที่ 4.....	69
รูปที่ 5.1 ห้องทดลองและบุคคลในมุมมองด้านข้าง.....	71
รูปที่ 5.2 แบบจำลองความเร็วลมในห้องที่ความเร็วลมระดับ 3 ใบปรับระดับที่ 1.....	72
รูปที่ 5.3 แบบจำลองความเร็วลมในห้องที่ความเร็วลมระดับ 3 ใบปรับระดับที่ 5.....	72
รูปที่ 5.4 แบบจำลองการกระจายอุณหภูมิในห้องที่ความเร็วลมระดับ 3 ใบปรับระดับที่ 1.....	73
รูปที่ 5.5 แบบจำลองการกระจายอุณหภูมิในห้องที่ความเร็วลมระดับ 3 ใบปรับระดับที่ 5.....	73
รูปที่ ก.1-ก.5 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 1 และความเร็วลมที่ 1.....	77
รูปที่ ก.6-ก.10 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 1 และความเร็วลมที่ 2.....	79
รูปที่ ก.11-ก.15 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 1 และความเร็วลมที่ 3....	80
รูปที่ ก.16-ก.20 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 1 และความเร็วลมที่ 4....	81
รูปที่ ก.21-ก.25 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 2 และความเร็วลมที่ 1....	82
รูปที่ ก.26-ก.30 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 2 และความเร็วลมที่ 2....	83
รูปที่ ก.31-ก.35 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 2 และความเร็วลมที่ 3....	84
รูปที่ ก.36-ก.40 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 2 และความเร็วลมที่ 4....	85
รูปที่ ก.41-ก.45 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 3 และความเร็วลมที่ 1....	86
รูปที่ ก.46-ก.50 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 3 และความเร็วลมที่ 2....	87
รูปที่ ก.51-ก.55 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 3 และความเร็วลมที่ 3....	88
รูปที่ ก.56-ก.60 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 3 และความเร็วลมที่ 4....	89
รูปที่ ก.61-ก.65 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 4 และความเร็วลมที่ 1....	90

## สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ ก.66-ก.70 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 4 และความเร็วลมที่ 2....	91
รูปที่ ก.71-ก.75 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 4 และความเร็วลมที่ 3....	92
รูปที่ ก.76-ก.80 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 4 และความเร็วลมที่ 4....	93
รูปที่ ก.81-ก.85 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 5 และความเร็วลมที่ 1....	94
รูปที่ ก.86-ก.90 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 5 และความเร็วลมที่ 2....	95
รูปที่ ก.91-ก.95 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 5 และความเร็วลมที่ 3....	96
รูปที่ ก.96-ก.100 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองของใบปรับระดับที่ 5 และความเร็วลมที่ 4....	97
รูปที่ ข.1 ผลการจำลองความเร็วลมที่ใบปรับระดับ 1.....	99
รูปที่ ข.2 ผลการจำลองความเร็วลมที่ใบปรับระดับ 2.....	100
รูปที่ ข.3 ผลการจำลองความเร็วลมที่ใบปรับระดับ 3.....	101
รูปที่ ข.4 ผลการจำลองความเร็วลมที่ใบปรับระดับ 4.....	102
รูปที่ ข.5 ผลการจำลองความเร็วลมที่ใบปรับระดับ 5.....	103

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันประเทศไทยมีอุณหภูมิที่สูงขึ้น จึงส่งผลให้ความต้องการการใช้งานเครื่องปรับอากาศมีความต้องการสูงขึ้นตามไปด้วย โดยถูกนำไปติดตั้งในสถานที่ต่างๆ อาทิ ที่พักอาศัย อาคารสำนักงาน ฯ โดยการทำงานทั่วไปของเครื่องปรับอากาศจะปล่อยอากาศออกทางช่องโดยมีบานสวิงในการปรับทิศทางของอากาศ แต่เนื่องจากบานสวิงที่ใช้ในการปรับทิศทางของอากาศนั้น สามารถปรับทิศทางของอากาศได้เพียงแนวตั้งฉากกับเครื่องปรับอากาศ ทำให้การกระจายตัวของอุณหภูมิภายในบริเวณที่มีการปรับอากาศไม่สม่ำเสมอ โดยเฉพาะในบริเวณรอบลำอากาศที่ถูกปล่อยออกมา ทำให้ใช้ระยะเวลาในการทำความเย็นให้แก่ห้องนานขึ้น

ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาการกระจายอุณหภูมิของอากาศและความเร็วของอากาศจากเครื่องปรับอากาศในสภาวะที่ไม่มีแหล่งความร้อนในขณะที่ทำการทดลอง เพื่อนำมาพัฒนาเครื่องปรับอากาศในการกระจายอุณหภูมิให้ดียิ่งขึ้นในอนาคต รวมทั้งสร้างแบบจำลองจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบผลการทดลอง

### 1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1. เพื่อศึกษาผลกระทบของความเร็วมวลและใบปรับระดับในแง่การกระจายตัวของอุณหภูมิและลักษณะการเคลื่อนที่ลมเย็นของเครื่องปรับอากาศ จากการทดลองและการสร้างแบบจำลอง

1.2.2. เพื่อสร้างตัวอย่างการทดลองของการสร้างแบบจำลอง สำหรับบุคคลที่สนใจจะศึกษาและพัฒนาเครื่องปรับอากาศ

### 1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1. เครื่องปรับอากาศขนาด 3.7 กิโลวัตต์ (12,624 BTU/hr) ความแรงลมที่ใช้ทำการทดลอง 4 ระดับ , บานสวิงปรับ 5 ระดับ

1.3.2. ขนาดห้องที่ใช้ทำการทดลอง กว้าง 4.2 เมตร x ยาว 6.1 เมตร x สูง 3.4 เมตร สถานที่ชั้น 3 อาคารภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล บริเวณรอบข้างไม่มีการปรับอากาศ มีอุณหภูมิห้องและอุณหภูมิผนังเฉลี่ย 30°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.3. ระยะห่างจากเครื่องปรับอากาศในแนวระดับที่ใช้ทำการทดลองที่ระยะ 1,2,3,4 และ 5 เมตร

1.3.4. ใช้โปรแกรม ANSYS ในการสร้างแบบจำลองการไหลของอากาศและการกระจายตัวของอุณหภูมิ

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ผลการทดลองของอุณหภูมิและความเร็วลมจากการทดลองและการสร้างแบบจำลอง เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบความแม่นยำของผลที่ได้

1.4.2 แบบจำลองของโปรแกรมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์และปรับปรุงเครื่องปรับอากาศ สำหรับบุคคลที่สนใจทำการศึกษาและพัฒนา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# วรรณกรรมปริทัศน์และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Zboril V. และคณะ [1] ได้ทำการศึกษาทดลองการกระจายของลมจากเครื่องปรับอากาศ โดยการใช้ห้องทดลองที่จำลองเสมือนสำนักงานทั่วไปที่มีห้องจาลองมีความร้อนควบคุมจากคอมพิวเตอร์ เพื่อศึกษาความแตกต่างของอุณหภูมิที่จุดแต่ละจุดในแนวตั้งฉากกับพื้นห้อง พบว่าระหว่าง 0.1 ถึง 1.1 เมตรจากพื้นมีอุณหภูมิต่างกันถึง 3 เคลวิน และเครื่องคอมพิวเตอร์ ทำให้ห้องมีความร้อนมากกว่าตัวคน Volavy J. และคณะ [2] ได้ทำการศึกษาทดลองการกระจายของอุณหภูมิในห้องแบบจำลองห้องโดยสารของเครื่องบิน โดยการใช้การจำลองโมเดลที่นิ่งและผู้โดยสารจากคอมพิวเตอร์ เพื่อศึกษาว่าในแต่ละจุดซึ่งประกอบไปด้วยส่วนศีรษะ ลำตัว และส่วนเท้า นั้น มีอุณหภูมิเท่ากันหรือไม่ Igor B. และคณะ [3] ได้ทำการสร้างแบบจำลองห้องปรับอากาศเพื่อเปรียบเทียบการกระจายตัวอุณหภูมิ และรูปแบบการไหลระหว่าง ห้องที่มีการแผ่รังสีจากแสงแดดกับห้องที่ไม่มีการแผ่รังสี ว่าแบบไหนมีผลต่อความสบายมากกว่ากัน ซึ่งแบบที่ไม่มีการแผ่รังสีจะมีการกระจายอุณหภูมิได้ดีกว่าอีกแบบและส่งผลกระทบต่อความสบายได้ดีกว่าแบบแผ่รังสีจากแสงแดด และ Chen Z. และคณะ [4] มีการสร้างแบบจำลองเปรียบเทียบการกระจายตัวอุณหภูมิ และการถ่ายเทอนุภาค ระหว่างเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (split-type) และ แบบส่วนกลาง (central-type) ซึ่งแบบแยกมีการกระจายตัวอุณหภูมิที่ดีกว่าและ แบบส่วนกลางมีการถ่ายเทอนุภาคที่เร็วกว่า

### 2.2 ระบบปรับอากาศ

คือ กระบวนการรักษาสภาวะอากาศโดยการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น ความสะอาด การกระจายลม และเสียง ให้เกิดความรู้สึกสบายต่อผู้อยู่อาศัยในอาคารธุรกิจและ/หรือเกิดสภาวะอากาศ ตามความต้องการในโรงงานอุตสาหกรรม ระบบปรับอากาศเป็นการประยุกต์การใช้งานของระบบทำความเย็น ดังนั้น การทำงานในอุปกรณ์หลักจะเหมือนระบบทำความเย็น ส่วนใหญ่เราใช้ระบบปรับอากาศเพื่อความสบายโดยเฉพาะในส่วนสำนักงาน เพราะประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนชื้น สำหรับอุตสาหกรรมบางประเภทมีการใช้ระบบปรับอากาศในกระบวนการผลิตเพื่อรักษาอุณหภูมิและความชื้นให้เหมาะสม รวมทั้งการใช้เพื่อระบายความร้อนให้กับอุปกรณ์หรือเครื่องจักรในกระบวนการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.1 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ

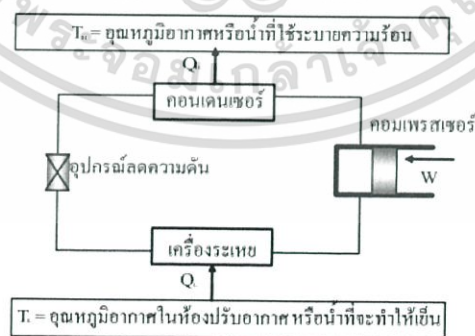
โดยส่วนใหญ่ระบบปรับอากาศจะใช้หน่วยทำความเย็น (Refrigeration Unit) ที่ทำงานโดยอาศัยหลักการของวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ (Vapor Compression Cycle) จากรูปที่ 2.1 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอประกอบด้วย อุปกรณ์พื้นฐาน 4 ตัวได้แก่

1.) อีวาโปเรเตอร์หรือคอยล์เย็น (Evaporator) ทำหน้าที่ดึงความร้อนจากอากาศ (หรือน้ำในกรณีของ เครื่องทำน้ำเย็น) ที่เคลื่อนผ่านคอยล์เย็น โดยสารทำความเย็นซึ่งไหลอยู่ภายในคอยล์เย็นจะเปลี่ยนสถานะจาก ของผสมระหว่างของเหลวและไอที่ความดันต่ำ อุณหภูมิต่ำ ไปเป็นไอร้อนยิ่งยวดที่ความดันและอุณหภูมิ ใกล้เคียงกัน

2.) คอมเพรสเซอร์ (Compressor) ทำหน้าที่เพิ่มความดันและอุณหภูมิของสารทำความเย็น คอมเพรสเซอร์จะอัดไอสารทำความเย็นซึ่งมีความดันและอุณหภูมิต่ำให้มีความดันและอุณหภูมิสูงขึ้น เพื่อส่งต่อไปยังคอนเดนเซอร์ คอมเพรสเซอร์เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้สารทำความเย็นเกิดการไหลเวียนในระบบ และมี อุณหภูมิสูงพอที่จะระบายความร้อนทิ้งสู่สิ่งแวดล้อม

3.) คอนเดนเซอร์หรือคอยล์ร้อน (Condenser) ทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นที่มาจากคอมเพรสเซอร์โดยสารทำความเย็นจะเปลี่ยนสถานะจากไอที่ความดันสูงอุณหภูมิสูง เป็นของเหลวที่ความดันสูงอุณหภูมิสูงการระบายความร้อน อาจใช้วิธีระบายความร้อนด้วยอากาศหรือน้ำก็ได้

4.) วาล์วลดความดัน (Expansion Valve) ทำหน้าที่ลดความดันของสารทำความเย็นที่มาจากคอนเดนเซอร์สารทำความเย็นจะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวความดันสูง อุณหภูมิสูงเป็นของผสมระหว่างของเหลวและไอที่ความดันต่ำอุณหภูมิต่ำก่อนไหลเข้าสู่อีวาโปเรเตอร์ต่อไป[5]

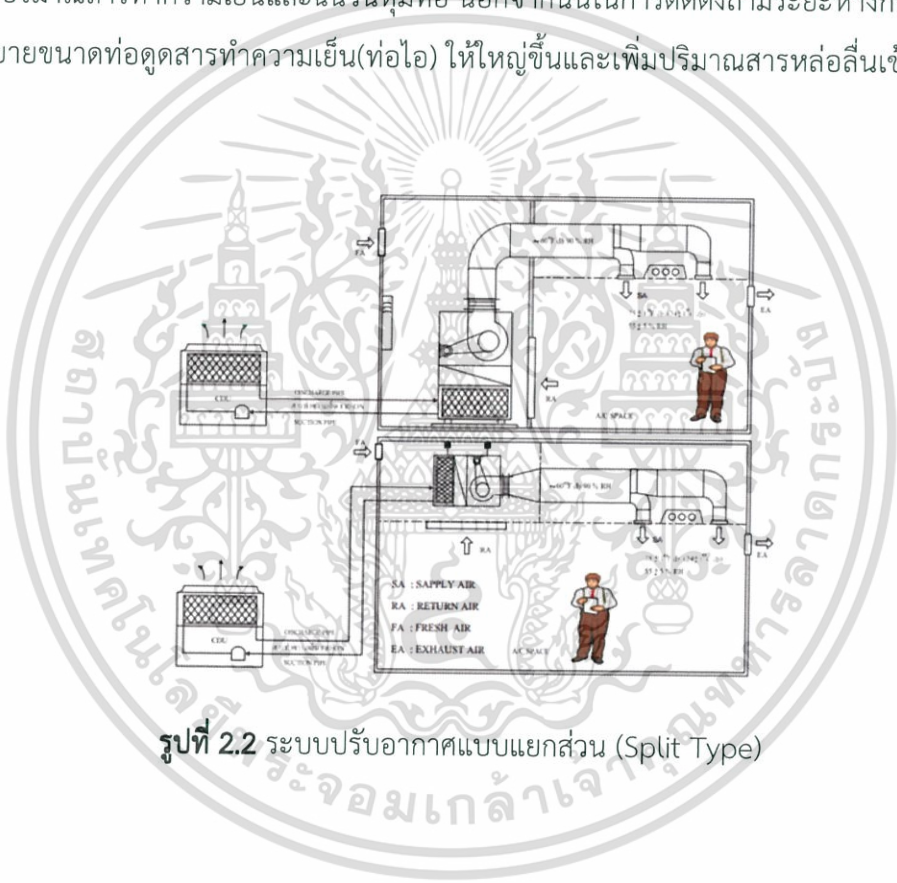


รูปที่ 2.1 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.2 ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type)

ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) เป็นแบบที่มีขนาดเล็กที่สุด ซึ่งส่วนใหญ่ใช้กับห้องปรับอากาศในโรงงานเพราะสะดวกในการใช้งานและการดูแลรักษาไม่ยุ่งยากมากนัก แต่ประสิทธิภาพต่ำกว่าระบบใหญ่ ส่วนประกอบของระบบทำความเย็น แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ Condensing Unit อาจอยู่ภายนอกห้อง ซึ่งประกอบด้วยขดท่อความร้อน พัดลม และ เครื่องอัดไอ ส่วนที่สองคือ Fan Coil Unit จะอยู่ภายในห้อง ซึ่งประกอบด้วยขดท่อทำความเย็นและพัดลม โดยทั้งสองส่วนจะเชื่อมต่อกันด้วยท่อทองแดง สิ่งที่สำคัญของระบบนี้จะต้องทำความสะอาดขดท่อและกรองอากาศเป็นประจำ รวมทั้งตรวจเช็คปริมาณสารทำความเย็นและฉนวนหุ้มท่อ นอกจากนี้ในการติดตั้งถ้ามีระยะห่างกันเกิน 5 เมตร จะต้องขยายขนาดท่อดูดสารทำความเย็น(ท่อไอ) ให้ใหญ่ขึ้นและเพิ่มปริมาณสารหล่อลื่นเข้าไปในเครื่องอัดไอ[6]

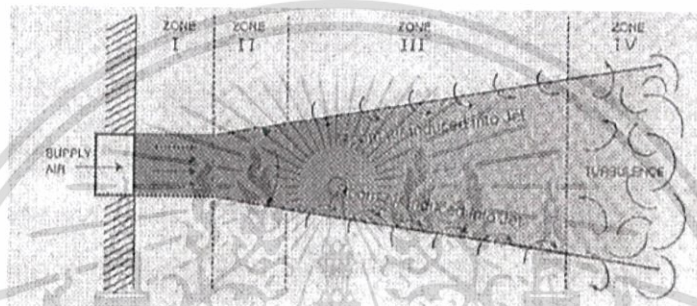


รูปที่ 2.2 ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 กระบวนการจ่ายลมเย็นของหัวจ่าย

ในกระบวนการจ่ายลมของหัวจ่ายจะมีทั้งแบบกระจายลมเย็นในกระบวนการทำความเย็น และลมร้อนในกระบวนการทำความร้อน ซึ่งอุณหภูมิลมจ่ายจะมีผลต่อรูปแบบการกระจายลม คือ ลมร้อนซึ่งเบากว่ามีแนวโน้มที่จะลอยขึ้นและลมเย็นซึ่งหนักกว่ามีแนวโน้มที่จะตกลงสู่ระดับล่าง การศึกษาในเบื้องต้นจะพิจารณาการกระจายลมที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Isothermal Air Jet) จากหัวจ่ายลม ซึ่งความเร็วของอากาศจะได้รับผลจากแรงลอยตัว เนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิโดยสามารถแบ่งเขตต่างๆ ออกเป็น 4 เขต ดังนี้[7]



รูปที่ 2.3 แสดงการแบ่งพื้นที่ของการกระจายลมเย็น

จากรูป จะทำการพิจารณาโดยหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมที่หัวจ่าย ( $V_0$ ) กับความเร็วลมที่จุดพิจารณาใดๆ ที่ระยะห่างจากหัวจ่ายเป็นระยะทาง  $X$

เขตที่ I

จะมีขอบเขตจากหัวจ่ายจนถึงระยะห่างจากหัวจ่ายประมาณ 1.5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางหัวจ่าย ซึ่งที่ภายในขอบเขตดังกล่าว อากาศยังไม่ได้มีการผสมกันระหว่างอากาศ จากหัวจ่าย ภายในห้อง ความเร็วอากาศค่อนข้างคงที่ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก สภาวะในขอบเขตที่ I สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วอากาศที่ระยะทาง  $X$  จากหัวจ่ายกับความเร็วเฉลี่ยของอากาศที่หัวจ่าย ดังสมการ

$$V_x = K_1 \times V_0 \quad (2.1)$$

โดยที่  $V_x$  = ความเร็วของอากาศที่ระยะ  $x$  จากหัวจ่าย (FPM)

$V_0$  = ความเร็วอากาศที่ออกจากหัวจ่าย (FPM)

$K_1$  = ค่าคงที่ระยะ Throw สำหรับเขต I

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เขตที่ II

จะเริ่มตั้งแต่บริเวณสิ้นสุดของเขตที่ I จนถึงระยะห่างจากหัวจ่ายประมาณ 8 เท่า ของเส้นผ่านศูนย์กลางหัวจ่ายแบบกลม ถ้าเป็นหัวจ่ายแบบ Slot ซึ่งมีอัตราส่วนความยาว Slot ต่อความกว้าง (Aspect Ratio) มากๆ (แต่ไม่เกิน 40) จะมีระยะทางในเขตที่ II ค่อนข้างมาก คือ มีระยะจนถึง 4 เท่าของความยาว Slot เนื่องจากหัวจ่ายแบบ Slot มักจะนำมาใช้กับห้องที่มีฝ้าเพดานสูงๆ เนื่องจากบริเวณใกล้หัวจ่ายจะมีการ diffuse ค่อนข้างน้อยจึงทำให้ลมตกลงมาในพื้นที่ใช้งานได้ สำหรับในเขต II นี้ จะมีความสัมพันธ์ระหว่าง  $V_x$  กับตัวแปรอื่นๆ ดังสมการ

$$V_x = V_0 \times \left[ K_2 \times \frac{\sqrt{A_0}}{X} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.2)$$

โดยที่  $K_2$  = ค่าคงที่ระยะ Throw สำหรับเขต II

$A_0$  = พื้นที่ประสิทธิผลของหัวจ่าย (Effective Area) (Ft<sup>2</sup>)

$X$  = ระยะ Throw (Ft)

$$X = \left[ \frac{Q_0}{V_x} \right]^2 \times \frac{K_2}{A_0^{\frac{3}{2}}}$$

$Q_0$  = อัตราการจ่ายลมจากหัวจ่าย (CFM)

## เขตที่ III

สภาวะอากาศในเขตนี้จะเริ่มมีการหมุนวนเพื่อเหนี่ยวนำอากาศภายในห้องให้เกิดการไหลเวียนและผสมกันมากขึ้น ขอบเขตที่ III นี้จะมีระยะเริ่มตั้งแต่บริเวณสิ้นสุดของเขตที่ II จนถึงระยะ 25 ถึง 100 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางหัวจ่ายแบบกลม และมีความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วอากาศที่ระยะทาง  $X$  จากหัวจ่ายกับความเร็วอากาศบริเวณหัวจ่าย ดังนี้

$$\frac{V_x}{V_0} = \frac{K_3 \times \sqrt{A_0}}{X} \quad (2.3)$$

โดยที่  $K_3$  = ค่าคงที่ระยะ Throw สำหรับเขต III

หรือ

$$V_x = \frac{K_3 \times Q_0}{X \times \sqrt{A_0}}$$

เขตที่ IV

เป็นขอบเขตท้ายสุดที่ความเร็วอากาศจะลดลงอย่างรวดเร็ว ที่ประมาณต่ำกว่า 50 CFM ลงมา กระแสอากาศจะค่อยๆ มีวนตัวกลมกลืนเข้ากันกับอากาศภายในห้อง ถ้าเป็นอากาศที่ผ่านกระบวนการทำความเย็นเคลื่อนตัวมาในเขตนี้ จะมีอุณหภูมิใกล้เคียงกันกับอุณหภูมิห้อง ( $\pm 1-2^\circ\text{F}$ ) ในเขตที่ IV นี้ สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วอากาศกับตัวแปรอื่นๆ ดังนี้

$$\frac{V_x}{V_0} = \left[ K_4 \times \frac{\sqrt{A_0}}{X} \right]^2 \quad (2.4)$$

โดยที่  $K_4$  = ค่าคงที่ระยะ Throw สำหรับเขต IV

หรือ

$$X = \left[ \frac{Q_0}{V_x} \right]^{\frac{1}{2}} \times K_4$$

### 2.3.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศที่ออกจากหัวจ่าย

จากที่ผ่านมาข้างต้น พิจารณาเฉพาะตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับขนาด เช่น ระยะ Throw, ความเร็ว, หรือรูปแบบการไหลของอากาศ แต่ไม่ได้พิจารณาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศ ซึ่งในทางปฏิบัติเมื่ออากาศเย็นในกระบวนการทำความเย็นหรืออากาศร้อนในกระบวนการทำความร้อนถูกจ่ายเข้าสู่ห้องและจะเกิดการเหนี่ยวนำอากาศภายในห้อง ทำให้เกิดการหมุนเวียนที่มากขึ้นเรื่อยๆ พร้อมกันนี้ อุณหภูมิอากาศจะค่อยๆ สูงขึ้น(ในกระบวนการทำความเย็น หรือเย็นลงในกระบวนการทำความร้อน) จนกระทั่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ดังกล่าว โดยสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$T_x - T_0 = 0.8 (T_{room} - T_0) \times \left(\frac{V_x}{V_0}\right) \quad (2.5)$$

โดยที่  $T_x$  = อุณหภูมิอากาศที่ระยะ X ห่างจากหัวจ่าย (°F)

$T_{room}$  = อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในห้อง (°F)

$T_0$  = อุณหภูมิอากาศที่หัวจ่าย (°F)

## 2.4 พัฒนาการและการเคลื่อนที่ของอากาศ

ในระบบการปรับอากาศ อากาศจะเคลื่อนที่ได้ดีที่สุดสำหรับการไหลในพัดลมชนิดตามแนวแกน (axial flow) หรือพัดลมชนิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (centrifugal flow) พัดลมชนิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางมี 2 ชนิด คือ ชนิดใบพัดโค้งหน้า (forward curved impellers) และชนิดใบพัดโค้งหลัง (backward curved impellers) โดยต่อกับสายพานที่ต่อกับต้นกำลังหรือต่อกับต้นกำลังโดยตรง [8]

### 2.4.1 พัดลมชนิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (centrifugal flow)

พัดลมชนิดนี้เป็นชนิดที่ถูกใช้งานมากที่สุดในระบบการปรับอากาศ ซึ่งสามารถแบ่งได้อีก 2 ชนิด คือ ชนิดใบพัดโค้งหน้า (forward curved impellers) และชนิดใบพัดโค้งหลัง (backward curved impellers)

#### 1.) ชนิดใบพัดโค้งหน้า (forward curved impellers)

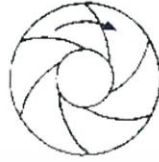
พัดลมชนิดนี้เหมาะสมกับการทำงานที่ความเร็วลมและความดันต่ำกว่าชนิดชนิดใบพัดโค้งไปข้างหลัง (backward curved impellers) เนื่องจากมีโครงสร้างของพัดลมที่เบา ทำให้มีราคาต่ำกว่าและลมที่ได้ไม่เสถียร



รูปที่ 2.4 พัดลมชนิดใบพัดโค้งหน้า

2.) ชนิดใบพัดโค้งหลัง(backward curved impellers)

พัดลมชนิดนี้เหมาะสมกับช่วงของการทำงานที่ความเร็วลมและความดันสูง ทำให้มีราคาที่สูงกว่า แต่ในขณะเดียวกันก็มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าพัดลมชนิดใบพัดโค้งหน้า(forward curved impellers)

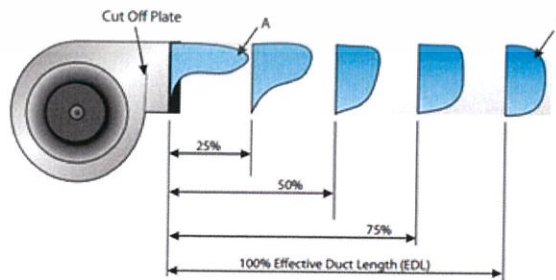


รูปที่ 2.5 พัดลมชนิดใบพัดโค้งหลัง

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบพัดลมชนิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

	พัดลมชนิดไหลตามแกน	พัดลมชนิดใบพัดโค้งหน้า	พัดลมชนิดใบพัดโค้งหลัง
ราคา	ถูก	ปานกลาง	แพง
ความดัน	ต่ำ-ปานกลาง	ต่ำ-ปานกลาง	สูง
ปริมาณลม	มีช่วงไม่เสถียร	มีช่วงไม่เสถียร	เสถียร
เสียง	ดัง	ปานกลาง	ต่ำ

ลักษณะความเร็วในท่อที่ระยะต่างๆหลังจากออกจากพัดลมแบบแรงเหวี่ยง อากาศจะถูกผลักออกจากตัวพัดลมโดยการเคลื่อนที่ของใบพัด ดังนั้นที่ทางออกบริเวณด้านบนบนของท่อจะมีความเร็วสูง ในขณะที่บริเวณด้านล่างอากาศพยายามที่จะเข้าไปในพัดลมอีกครั้ง ทำให้ทางออกอากาศจะมีความเร็วเป็นลบ เนื่องจากอากาศมีการหมุนวนเข้าไปในพัดลม ที่จุด A ดังภาพ ความเร็วและความดันมีค่าที่สูงมาก ในขณะที่ความดันสถิตที่ใช้ได้มีค่าต่ำ เนื่องจากอากาศเคลื่อนที่ลงข้างล่างทำให้ความเร็วของอากาศมีความสม่ำเสมอมากขึ้นทั่วทั้งท่อ รวมทั้งความดันสถิตมีค่าเพิ่มขึ้น ที่จุด B ความเร็วมีความสม่ำเสมอมากขึ้นและมีค่าลดลงกว่าบริเวณทางออก(จุด A) (รูปที่ 2.6)



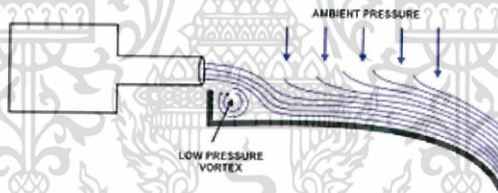
รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะลมเมื่อออกจากพัดลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5 ปรากฏการณ์ Coanda หรือ Surface effect

จากเนื้อหาข้างต้นที่ผ่านมา จะเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ของตัวแปรระหว่างความเร็ว, ระยะ Throw ของหัวจ่ายชนิดต่างๆ ซึ่งพิจารณาหัวจ่ายที่จ่ายลมสู่ห้องโดยไม่มีผนังหรือเพดานใกล้เคียง บริเวณหัวจ่าย แต่ในทางปฏิบัติหัวจ่ายลมจะถูกติดตั้งอยู่ที่ฝ้าเพดานหรือใกล้ๆผนังๆ ซึ่งจะทำให้เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า Coanda Effect หรือ Surface Effect อากาศจากหัวจ่ายที่ไหลด้วยความเร็วเมื่อไหลผ่านพื้นผิวใดๆ บริเวณพื้นผิวดังกล่าวจะมีความดันต่ำ และอากาศภายในห้องซึ่งนิ่งกว่าจะมีความดันสูง เกิดแรงดูดบริเวณผิวและแรงผลักดันที่อีกด้าน ทำให้อากาศที่ออกจากหัวจ่ายไหลเกาะไปกับพื้นผิว โดยจะยังไม่มีการผสมกับอากาศภายในห้อง ทำให้ระยะ Throw มากขึ้น

เมื่อไหลเกาะฝ้าไปจนถึงระยะหนึ่งอากาศจากหัวจ่ายเริ่มมีความเร็วต่ำลง และเกิดการผสมกับอากาศภายในห้องมากยิ่งขึ้นทำให้อากาศเย็นตกลง นอกจากนี้ยังมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอากาศภายในห้อง และถูกเหนี่ยวนำผสมกับอากาศภายในห้องในที่สุด ปรากฏการณ์นี้จะเกิดขึ้นกับหัวจ่ายลมที่ติดตั้งอยู่บนฝ้าเพดาน ที่หัวจ่ายจะมีใบปรับทิศทางลมให้พุ่งออกในแนวทำมุมกับแนวราบหรือหัวจ่ายแบบติดผนัง (รูปที่ 2.7) [7]



รูปที่ 2.7 แสดงปรากฏการณ์ Coanda

(ที่มา [en.wikipedia.org/wiki/Coandă\\_effect](http://en.wikipedia.org/wiki/Coandă_effect))

## 2.6 การคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics:CFD)

ในอดีตการทำความเข้าใจในปรากฏการณ์ของการไหล การถ่ายเทความร้อน รวมถึงปรากฏการณ์อื่นๆ จำเป็นต้องพึ่งพาการทดลอง ซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูง ใช้เวลานานรวมถึงอาจต้องนำกลับทดลองซ้ำในกรณีที่มีการแก้ไขเปลี่ยนแปลงจำลอง โดยที่ไม่ทราบว่ารูปแบบที่เปลี่ยนไปนั้นอาจทำให้ได้ผลที่ดีขึ้นหรือแย่ลงอย่างไร เพื่อแก้ไขปัญหาเหล่านี้จึงได้นำเอาการคำนวณทางพลศาสตร์ของไหลเข้ามาใช้สำหรับปัญหาที่มีความซับซ้อน โดยการคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล ซึ่งเป็นศาสตร์ศาสตร์ที่ว่าด้วยการแก้ระบบสมการนาเวียร์-สโตกส์ (Navier-Stoke Equation) ที่อยู่ในรูปแบบของสมการอนุพันธ์เชิงย่อย (Partial differential Equations) ซึ่งประกอบด้วยสมการของการอนุรักษ์มวล โมเมนตัมและพลังงาน สมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

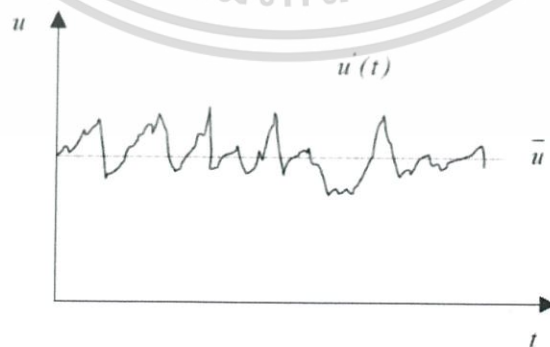
เหล่านี้สามารถแก้ได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยการใช้ระเบียบวิธีทางตัวเลข(Numerical Method) เช่น ระเบียบวิธีผลต่างสืบเนื่อง(Finie Difference Method) หรือระเบียบวิธีไฟไนต์อีลิเมนต์(Finite Eliment Method) เป็นต้น ซึ่งระเบียบวิธีทางตัวเลขนี้จะเปลี่ยนสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยที่ใช้อธิบายพฤติกรรมทางกายภาพ ให้เป็นสมการพีชคณิต(Algebraic Equation) ซึ่งอยู่ในรูปของการบวก ลบ คูณ หาร ซึ่งสามารถหาผลเฉลยได้ง่ายขึ้น การคำนวณทางพลศาสตร์ของไหลนี้ไม่ได้เข้าแทนที่ทฤษฎีหรือการทดลอง หากแต่เป็นเพียงการเสริมสร้างความเข้าใจ และยืนยันผลที่ได้จากทฤษฎีและการทดลอง

สำหรับการไหลของของไหลที่มีความหนืด เป็นการไหลที่รวมผลที่จากการกระจายตัว และปรากฏการณ์ที่เกิดจากความหนืด โดยสมการควบคุม(Governing Equations) ที่เขียนในรูปแบบอนุรักษ์(Conservation Form) ของการไหลของของไหลที่มีความหนืด(Viscous Flow) ที่ใช้สำหรับกรณีการไหลอยู่ในสภาวะคงตัว(Steady state), ของไหลอัดตัวไม่ได้(Incompressible fluid) และพิจารณาแบบ 2 มิติ (Two dimensional) ซึ่งสามารถแสดงสมการเชิงอนุพันธ์ 2 สมการ คือ

- 1.) สมการอนุรักษ์มวลหรือสมการความต่อเนื่อง (Continuity equation)
- 2.) สมการอนุรักษ์โมเมนตัม (Momentum equation)

## 2.7 สมการควบคุมพื้นฐานสำหรับการไหล(Governing Equation of Fluid Dynamic)

โดยปกติแล้วค่าของตัวแปรในการไหลแบบปั่นป่วนจะมีค่าคงที่ และค่าเหล่านี้จะเปลี่ยนแปลงตามเวลาที่เปลี่ยนไป ดังเช่นตัวอย่างของความเร็ว  $u$  ที่แสดงในภาพประกอบ ซึ่งลักษณะเช่นนี้ทำให้การคำนวณค่าตัวแปรที่มีแปรมีความยุ่งยากเพิ่มขึ้นเป็นอันมาก เพราะฉะนั้นจึงสมมติว่าคุณสมบัติต่างๆ ที่พิจารณาในกรณีของการไหลแบบปั่นป่วนนี้ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน โดยใช้หลักการ Reynold decomposition กล่าวคือ แบ่งออกเป็นค่าเฉลี่ยไม่ขึ้นกับเวลา เช่น  $\bar{u}$ ,  $\bar{v}$  หรือ  $\bar{p}$  กับส่วนที่แทนผลของ Flutuation ที่ขึ้นกับเวลา เช่น  $\tilde{u}$ ,  $\tilde{v}$  หรือ  $\tilde{p}$



รูปที่ 2.8 ภาพประกอบลักษณะของความความเร็วในการไหลแบบปั่นป่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการพื้นฐานของการไหลแบบปั่นป่วนสำหรับสมการความต่อเนื่อง (Continuity Equation) และสมการโมเมนตัม (Momentum equation) สามารถเขียนสมการทั้งสองให้อยู่ในของเทนเซอร์ (Tensor) ได้ดังนี้

สมการความต่อเนื่อง(Continuity Equation)

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i) = 0 \quad (2.6)$$

สมการโมเมนตัม (Momentum equation)

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i u_j) = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \mu \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right] \quad (2.7)$$

โดยที่  $\rho$  เป็นความหนาแน่น  $u$  เป็นความเร็วของของไหล  $p$  เป็นค่าความดัน  $\mu$  เป็นค่าความหนืด

จาก Reynolds decomposition ทุกตัวแปรในการไหลสามารถแบ่งออกได้เป็นส่วนที่เป็นค่าเฉลี่ยและส่วนที่แทนที่ผลของการสั่น ตัวอย่างเช่น  $f$  สามารถแบ่งออกได้เป็น

$$f = \bar{f} + f' \quad (2.8)$$

จากนั้นทำการเฉลี่ยในช่วงเวลาหนึ่ง(Time-averaging) จะได้ว่า

$$\bar{f}(x) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_t^{t+T} f(x, t) dt \quad (2.9)$$

ซึ่งเมื่อทำการเฉลี่ยแล้วจะทำให้ค่าเฉลี่ยของส่วนที่แทนผลของ Fluctuation นั้นมีค่าเท่ากับศูนย์ ( $\overline{f'} = 0$ ) และจะได้ว่าค่าเฉลี่ยของผลคูณทั้งสองตัวแปรมีค่าเป็น  $\overline{fg} = \overline{f} \overline{g} + \overline{f'g'}$  หากทำการเฉลี่ยในช่วงเวลาหนึ่งกับสมการความต่อเนื่องและสมการโมเมนตัมจะได้

$$\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_i} = 0 \quad (2.10)$$

$$\rho \bar{u}_j \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} = -\frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \mu \left( \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) \right] + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} \quad (2.11)$$

สมการข้างต้นนี้เรียกว่าสมการ Reynold-Averaged Navier-Stokes(RANS) ซึ่งจะสังเกตได้ว่าสมการนี้มีรูปแบบสมการเหมือนกับสมการ(2) ยกเว้นเพียงเทอม Reynolds stresses ( $\tau_{ij} = -\rho \overline{u'_i u'_j}$ ) ที่เพิ่มขึ้นมา ซึ่งเทอมที่เพิ่มมานี้ก็เนื่องจากการไหลที่เป็นแบบปั่นป่วนนั่นเอง เทอม  $\tau_{ij}$  ที่

เพิ่มขึ้นมานี้มีผลทำให้ไม่สามารถแก้สมการเชิงอนุพันธ์ทั้งสองได้ สืบเนื่องมาจากจำนวนตัวแปรที่มากกว่าสมการ(2.11) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องอาศัยการสร้างแบบจำลองความปั่นป่วน(Turbulence Model)มาช่วยในการคำนวณ ซึ่งจะได้กล่าวถึงแบบจำลองนี้ในหัวข้อต่อไป[9]

## 2.8 แบบจำลองความปั่นป่วน Standard $k - \epsilon$

แบบจำลองความปั่นป่วน (Turbulence model) เป็นแบบจำลองที่ช่วยในการคำนวณสมการความต่อเนื่องและสมการ Reynolds-averaged Navier-Stokes equation (RANS) ในการไหลแบบปั่นป่วน โดยจะใช้ในการหาค่า Reynolds stress ซึ่งในการคำนวณนั้นไม่จำเป็นต้องหาค่า Fluctuation แต่จะสนใจเพียงค่าเฉลี่ยของการไหลเท่านั้น โดยแบบจำลองความปั่นป่วนที่ดีนั้นต้องสามารถคำนวณพฤติกรรมกรไหลในลักษณะต่างๆ ได้อย่างแม่นยำรวมทั้งช่วยประหยัดหน่วยความจำแบบจำลอง ความปั่นป่วนที่ใช้กันอยู่ในการจำลองการไหลแบบปั่นป่วนมีอยู่หลายแบบด้วยกัน แต่ในงานวิจัยนี้ได้ เลือกใช้แบบจำลอง Standard  $k - \epsilon$  ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Two-equation turbulence model ที่นิยมใช้ในการคำนวณการไหลแบบปั่นป่วนก็คือ  $k - \epsilon$  model ซึ่งแบบจำลองนี้ก็มีหลายรูปแบบด้วยกัน แต่รูปแบบที่ได้รับความนิยมกันมากที่สุดก็คือแบบจำลองของ Launder and Spalding (1974) ที่เรียกว่า Standard  $k - \epsilon$  model ซึ่งจะใช้ Boussinesq Approximation ในการหาค่าของ Reynolds stress ดังสมการ (2.12)

$$-\overline{\rho u'_i u'_j} = -\frac{2}{3} \rho k \delta_{ij} + \mu_t \left( \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) \quad (2.12)$$

$$\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\epsilon} \quad (2.13)$$

โดยที่  $\mu_t$  คือค่าความหนืดของความปั่นป่วน (turbulent or eddy viscosity) ซึ่งหาได้จากสมการ (2.8) และค่าคงที่  $C_\mu = 0.09$  และ  $k$  คือ พลังงานจลน์ของความปั่นป่วน  $\left( k = \frac{1}{2} \overline{u'_i u'_i} \right)$  ส่วน  $\epsilon$  คืออัตรา การแยกสลายของความปั่นป่วน (turbulent dissipation rate)

$$\rho \bar{u}_j \frac{\partial \bar{u}}{\partial x_i} = -\frac{\partial \bar{p}^*}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \mu_{eff} \left( \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) \right] \quad (2.14)$$

โดยเทอมของ Modified pressure ( $\bar{p}^*$ ) และ Effective viscosity ( $\mu_{eff}$ ) สามารถนิยามได้ดังสมการ (2.15)

$$\bar{p}^* = \bar{p} + \frac{2}{3} \rho k, \mu_{eff} = \mu + \mu_t, \mu_t = C_\mu \rho \frac{k^2}{\epsilon} \quad (2.15)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.) สมการ Turbulent kinetic energy ( $k$ ) คือพลังงานจลน์ต่อหนึ่งหน่วยมวลของ Turbulent fluctuation ซึ่งหาได้จาก

$$k = \frac{1}{2} \overline{u'_i u'_i} = \frac{1}{2} (\overline{u'^2} + \overline{v'^2} + \overline{w'^2}) \quad (2.16)$$

จากสมการ Reynolds-Averaged Navier-Stokes (RANS) (2.14) เมื่อนำความหนาแน่น ( $\rho$ ) มารวมทั้งสองข้างของสมการและจัดรูปของสมการใหม่จะได้ว่า

$$\overline{u}_j \frac{\partial \overline{u}_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \overline{p}}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \overline{v} \left( \frac{\partial \overline{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \overline{u}_j}{\partial x_i} \right) \right] - \frac{\partial \overline{u'_i u'_i}}{\partial x_j} \quad (2.17)$$

เทอมต่างๆ ในสมการเชิงอนุพันธ์ของ  $k$  ในการสร้างรูปแบบที่ซับซ้อนและมีลักษณะที่เหมือนจริง ในสมการ Turbulent kinetic energy ( $k$ ) สามารถทำได้โดยกำหนด Eddy viscosity ดังนี้

$$v_t \propto (\text{length scale}) \times (\text{turbulent velocity fluctuation}) \\ v_t \propto L \sqrt{k} \quad (2.18)$$

1.1) สมการ Turbulent kinetic energy ( $k$ ) สามารถหาได้จากการนำ  $u'_i$  คูณตลอด ในสมการ Navier-Stokes (2.2) และสมการ RANS (2.14) จากนั้นนำผลที่ได้จากทั้งสองสมการมาลบกัน และทำการจัดรูปซึ่งจะได้

$$\overline{u}_j \frac{\partial k}{\partial x_j} = -\frac{\partial}{\partial x_j} \left( \frac{1}{2} \overline{u'_j u'_j u'_i} \right) - \overline{v} \frac{\partial k}{\partial x_j} + \frac{p' u'_j}{\rho} - \overline{u'_i u'_j} \frac{\partial \overline{u}_i}{\partial x_j} - \overline{v} \frac{\partial \overline{u}_i}{\partial x_j} \frac{\partial \overline{u}_i}{\partial x_j} \quad (2.19)$$

โดยความหมายของแต่ละเทอม คือ

เทอมที่ (1) คือเทอม Transport ของ  $k$  โดยการพา

เทอมที่ (2) คือเทอมการแพร่ของความปั่นป่วน

เทอมที่ (3) คือเทอมการแพร่ของความหนืด

เทอมที่ (4) คือเทอมการแพร่ของความดัน

เทอมที่ (5) คือเทอมการผลิตของ  $k$  ซึ่งจะใช้สัญลักษณ์  $P$

เทอมที่ (6) คือเทอมการแยกสลาย (Dissipation) ของ  $k$  ซึ่งเทอมนี้สามารถแทนด้วยตัวแปร

$\varepsilon$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2) Turbulent Diffusion และ Dissipation Rate จากสมมติฐานของ Gradient Diffusion เราสามารถจำลองเทอมการแพร่ของความปั่นป่วนได้ดังนี้

$$-\frac{1}{2} \overline{u'_j u'_i u'_i} = \frac{v_i}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x_j} \quad (2.20)$$

เมื่อ  $\sigma_k$  คือ Prandtl-Schmidt number  $\approx 1.0$  ซึ่งโดยปกติจะสมมติว่าเทอมนี้ได้รวมเทอมการแพร่ของความดัน  $\left(-\frac{p'u'_j}{\rho}\right)$  เข้าไปด้วยแล้ว

2.) สมการ Dissipation rate ( $\mathcal{E}$ ) สมการ Transport ของ  $\mathcal{E}$  สามารถหาได้จากการกำหนดรูปแบบตามสมการ Navier-Stokes จากการกำหนดนี้พบว่าสมการ Transport จะมีความซับซ้อนมากอย่างไรก็ตามสมการนี้สามารถถูกจำลองให้อยู่ในรูปแบบอย่างง่ายได้

สำหรับ Two-equation models นั้นยังมีตัวแปรอื่นนอกจาก  $\mathcal{E}$  โดยตัวแปรต่างๆจะจัดอยู่ในรูปดังนี้

$$\phi = k^m L^n \quad (2.21)$$

ซึ่งตัวแปรนี้จะถูกใช้ในสมการรูปทั่วไปคือ

$$\overline{u}_j \frac{\partial \phi}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left\{ \frac{v_t}{\sigma_\phi} \frac{\partial \phi}{\partial x_j} \right\} + C_{\phi 1} \frac{\phi}{k} P - C_{\phi 2} \phi \frac{\sqrt{k}}{L} \quad (2.22)$$

สำหรับแบบจำลอง  $k - \mathcal{E}$  เราสามารถนิยาม  $\mathcal{E}$  จากสมการ

$$\mathcal{E} = \frac{k^{3/2}}{L} \quad (2.23)$$

แทนตัวแปร  $\phi$  ในสมการรูปทั่วไป(2.22) ด้วย  $\mathcal{E}$  จะได้สมการของ  $\mathcal{E}$  สำหรับ Re สูงๆ คือ

$$\overline{u}_j \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left\{ \frac{v_t}{\sigma_\epsilon} \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial x_j} \right\} + C_{\epsilon 1} \frac{\mathcal{E}}{k} P - C_{\epsilon 2} \phi \frac{\mathcal{E}^2}{k} \quad (2.24)$$

ซึ่งเทอมต่างๆในสมการ (2.19) มีความหมายทางกายภาพดังนี้

เทอมที่ (1) คือเทอม Transport ของ  $\mathcal{E}$  โดยการพา

เทอมที่ (2) คือเทอมการแพร่ของความปั่นป่วน

เทอมที่ (3) คืออัตราการผลิตของ  $\mathcal{E}$

เทอมที่ (4) คืออัตราการแยกสลายของ  $\mathcal{E}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจะสังเกตว่าอัตราการผลิตจะเกี่ยวเนื่องกันกับ Turbulence energy และอัตราการ แยกสลายจะถูก กำหนดให้อยู่ในรูปแบบอย่างง่าย คือ  $\varepsilon$  / (turbulence time scale) โดยค่า time scale นี้จะเป็น อัตราส่วนของ  $k/\varepsilon$

2.1) ค่าคงที่ของ Model จากการสลายตัว (Decay) ของ Turbulence ทำให้สามารถ ลดรูป สมการ  $k$  และ  $\varepsilon$  ได้เป็น

$$\bar{u} \frac{\partial k}{\partial x} = -\varepsilon \text{ และ } \bar{u} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} = -C_{\varepsilon 2} \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (2.25)$$

การลดลงของ  $k$  จะเป็นแบบ Power law ( $k \propto x^{-n}$ ) และจะได้

$$C_{\varepsilon 2} = \frac{n+1}{n} \quad (2.26)$$

จากผลการทดลองพบว่า  $n \approx 1.25$  ดังนั้น  $C_{\varepsilon 2} \approx 1.8$

ที่บริเวณใกล้ผนังนั้น  $P \approx \varepsilon$ ,  $k \approx \frac{u_\tau^2}{\sqrt{C_\mu}}$ ,  $\approx \frac{u_\tau^3}{ky}$ ,  $v_t = C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}$  และ สมการของ  $\varepsilon$  สามารถ ลดรูปได้ดังนี้

$$0 = \frac{\partial}{\partial x_i} \left\{ \frac{v_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right\} + C_{\varepsilon 2} \frac{\varepsilon}{k} P - C_{\varepsilon 2} \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (2.27)$$

ซึ่งสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่าง  $C_{\varepsilon 1}$  และ  $C_{\varepsilon 2}$  ได้ดังนี้

$$C_{\varepsilon 1} = C_{\varepsilon 2} - \frac{k^2}{\sigma_\varepsilon \sqrt{C_\mu}} \quad (2.28)$$

ดังนั้นค่าคงที่สำหรับ  $k - \varepsilon$  model ที่ Re สูงๆ คือ  $C_\mu = 0.09$

2.2) สรุปสมการของ  $k - \varepsilon$  สำหรับ Reynolds number สูง ๆ

$$\bar{u}_j \frac{\partial k}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left\{ \frac{v_t}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x_j} \right\} + P - \varepsilon \quad (2.29)$$

$$\bar{u}_j \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left\{ \frac{v_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right\} + C_{\varepsilon 1} \frac{\varepsilon}{k} P - C_{\varepsilon 2} \phi \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (2.30)$$

จากสมการ (2.29) และ (2.30) เมื่อนำความหนาแน่น ( $\rho$ ) คูณทั้งสองข้างของสมการและ จัดรูปของ สมการใหม่จะได้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\rho \bar{u}_j \frac{\partial k}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left\{ \frac{u_t}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x_j} \right\} + P - \rho \varepsilon \quad (2.31)$$

$$\rho \bar{u}_j \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left\{ \frac{v_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right\} + C_{\varepsilon 1} \frac{\varepsilon}{k} P - C_{\varepsilon 2} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (2.32)$$

เมื่อ  $P$  = Production of kinetic energy

$$\tau_{ij} \left( \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} \right) = \mu_t \left[ 2 \left( \left( \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} \right)^2 \right) + \left( \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} \right)^2 \right] \quad (2.33)$$

ในการไหลแบบปั่นป่วนนั้น บริเวณใกล้ผนังจะมีผลของความหนืดและ Turbulence ซึ่งจะมีอิทธิพลที่สำคัญต่อการไหล และค่าความเร็วจะขึ้นอยู่กับ Boundary layer ซึ่งในที่นี้ การคำนวณความเร็วในบริเวณใกล้ผนังจะใช้วิธี Wall function

2.3) สรุปสมการการไหลแบบปั่นป่วน จากเนื้อหาทั้งหมดที่กล่าวไปแล้วในข้างต้นสามารถสรุปสมการที่จำเป็นต้องใช้ในการ คำนวณการไหลโดยทั่วไป โดยแบ่งเป็นสมการพื้นฐานสำหรับการไหลแบบปั่นป่วนดังแสดงในตาราง 2.2

**ตารางที่ 2.2** แสดงสมการพื้นฐานสำหรับการไหลแบบปั่นป่วนในรูปแบบของเทนเซอร์

Transport equation	Differential form
Continuity	$\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_i} = 0$
Momentum	$\bar{\rho} u_j \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} = -\frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \mu_{eff} \left( \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) \right]$
Turbulent kinetic energy	$\bar{\rho} u_j \frac{\partial k}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left\{ \frac{\mu_t}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x_j} \right\} + P - \rho \varepsilon$
Dissipation rate	$\bar{\rho} u_j \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left\{ \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right\} + C_{\varepsilon 1} \frac{\varepsilon}{k} P - C_{\varepsilon 2} \rho \frac{\varepsilon^2}{k}$
Boussinesq approximation	$-\bar{\rho} u_i u_j = -\frac{2}{3} \rho k \delta_{ij} + \mu_t \left( \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{เมื่อ } P = \tau_{ij} \left( \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} \right) = \mu_t \left[ 2 \left( \left( \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} \right)^2 \right) + \left( \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} \right)^2 \right],$$

$$\mu_{eff} = \mu + \mu_t, \mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}$$

$$C_\mu = 0.09, C_{\varepsilon 1} = 1.44, C_{\varepsilon 2} = 1.92, \sigma_k = 1.0 \text{ และ } \sigma_\varepsilon = 1.3$$

#### 2.4) สมการควบคุมการเคลื่อนที่ของอนุภาค (Governing Equation of Particle Motion)

สมการการเคลื่อนที่ของอนุภาคได้จากการอินทิเกรตของการสมดุลแรงที่กระทำกับอนุภาค ซึ่งอยู่ในรูปกรอบ Lagrangian (Fluent 6.2 User's guide, 2005) การสมดุลแรงนี้ได้พิจารณาเทอมทางซ้ายมือกับเทอมต่างๆ ของแรงที่กระทำกับอนุภาคสามารถเขียนได้ดังนี้

$$\frac{du_p}{dt} = F_D(u - u_p) + \frac{gx(\rho_p - \rho)}{\rho_p} + F_x \quad (2.34)$$

โดยที่  $u$  คือ ความเร็วของก๊าซ

$u_p$  คือ ความเร็วของอนุภาค

$\mu$  คือ ความหนืดของก๊าซ

$\rho$  คือ ความหนาแน่นของก๊าซ

$\rho_p$  คือ ความหนาแน่นของอนุภาค

$F_x$  คือ แรงอื่นๆ ที่กระทำกับอนุภาค

$F_D$  คือ แรงดูดลากต่อหน่วยของอนุภาคมีค่าดังสมการ (2.30)

สำหรับสมการ (2.34) แสดงการคำนวณหาสัมประสิทธิ์แรงดูดลาก (drag coefficient) เมื่อ  $a_1$ ,  $a_2$  และ  $a_3$  คือค่าคงที่ของสมการใช้สำหรับอนุภาคทรงกลมที่นำเสนอโดย Morsi and Alexander

$$C_D = a_1 + \frac{a_2}{Re} + \frac{a_3}{Re^2} = \frac{24}{Re} (1 + b_1 Re^{b_2}) + \frac{b_3 Re}{b_4 + Re} \quad (2.35)$$

โดยที่  $b_1 = \exp(2.3288 - 64581\phi + 2.4486\phi^2)$

$b_2 = 0.0964 + 0.5565\phi$

$b_3 = \exp(4.905 - 13.8944\phi + 18.4222\phi^2 - 10.2599\phi^3)$

$b_4 = \exp(1.4681 + 12.2584\phi - 20.7322\phi^2 + 15.8855\phi^3)$

สำหรับอนุภาคที่เล็กกว่าไมคอน สามารถหาได้จากสมการ (2.32)

$$F_D = \frac{18\mu}{\rho_p d_p^2 C_c} \quad (2.36)$$

โดยที่  $C_c$  คือ แฟคเตอร์ปรับค่าของคันทิงแฮม (Cunningham) ในกฎของสโตกส์ ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

$$C_c = 1 + \frac{2\lambda}{d_p} \left( 1.275 + 0.4e^{-\left(\frac{1.1d_p}{2\lambda}\right)} \right) \quad (2.37)$$

เมื่อ  $\lambda$  เป็นค่าเฉลี่ยโมเลกุลของเส้นทางอิสระ (Molecular mean free path) [10]



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

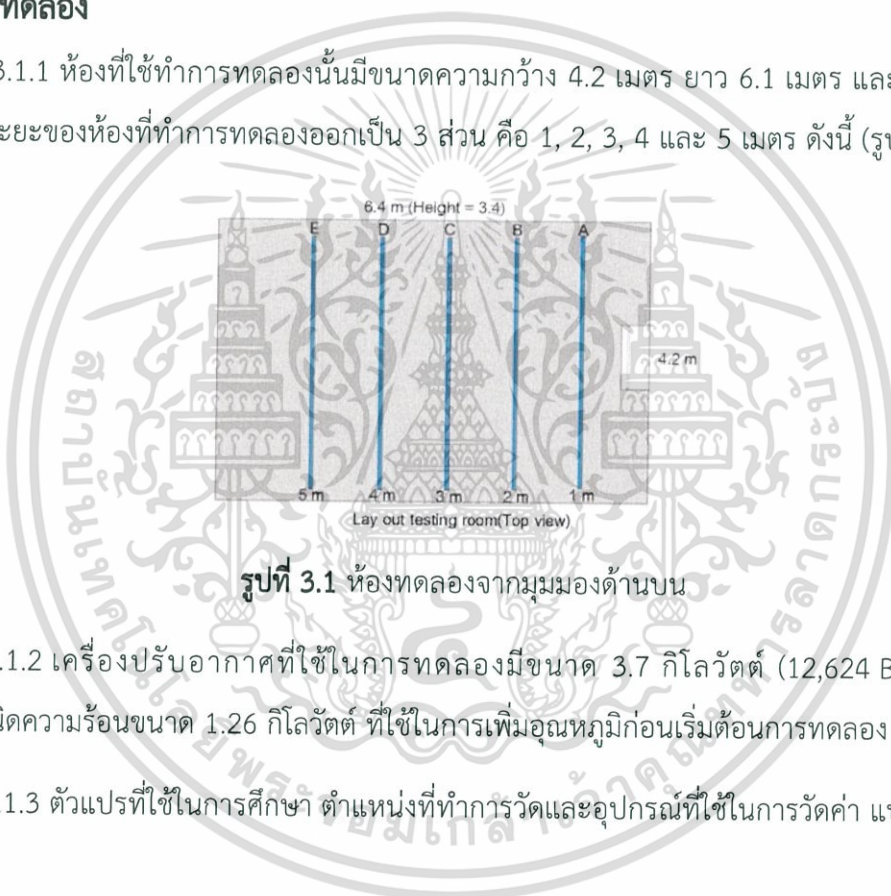
## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินการ

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาโดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่1.การทดลอง และส่วนที่2.การสร้างแบบจำลองจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยทำการเปรียบเทียบผลการทดลองของทั้งสองส่วน เพื่อหาความแม่นยำการคำนวณของแบบจำลองจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

#### 3.1 การทดลอง

3.1.1 ห้องที่ใช้ทำการทดลองนั้นมีขนาดความกว้าง 4.2 เมตร ยาว 6.1 เมตร และสูง 3.4 เมตร โดยแบ่งระยะของห้องที่ทำการทดลองออกเป็น 3 ส่วน คือ 1, 2, 3, 4 และ 5 เมตร ดังนี้ (รูปที่ 3.1)



รูปที่ 3.1 ห้องทดลองจากมุมมองด้านบน

3.1.2 เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลองมีขนาด 3.7 กิโลวัตต์ (12,624 BTU/hr) และแหล่งกำเนิดความร้อนขนาด 1.26 กิโลวัตต์ ที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิก่อนเริ่มต้นการทดลอง

3.1.3 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา ตำแหน่งที่ทำการวัดและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่า แบ่งออกเป็น 2 ส่วน

- 1.) การวัดอุณหภูมิ จะใช้เทอร์โมคัปเปิล ชนิด K ในการวัดอุณหภูมิ (ตารางที่ 3.1)

ตารางที่ 3.1 แสดงชนิดเทอร์โมคัปเปิล

Thermocouple Type	Material Identification	Temperature Range, °C	Reference Junction Tolerance at (0°C)	
			Standard Tolerance (whichever is greater)	Special Tolerance (whichever is greater)
T	Copper versus Constantan	0 to 350	±1 K or ±0.75%	±0.5 K or ±0.4%
J	Iron versus Constantan	0 to 750	±2.2 K or ±0.75%	±1.1 K or ±0.4%
E	Nickel/10% Chromium versus Constantan	0 to 900	±1.7 K or ±0.5%	±1 K or ±0.4%
K	Nickel/10% Chromium versus 5% Aluminum, Silicon	0 to 1250	±2.2 K or ±0.75%	±1.1 K or ±0.4%
N	Nickel/14% Chromium, 1.5% Silicon versus Nickel/4.5% Silicon, 0.1% Magnesium	0 to 1250	±2.2 K or ±0.75%	±1.1 K or ±0.4%

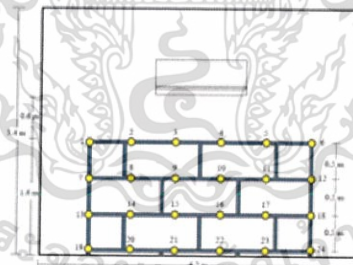
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) การวัดความเร็วลมจะใช้แอนนิมอมิเตอร์ ชนิดใบพัด (Propeller or Revolving (Rotating) Vane Anemometers) ใช้อ่านค่าการเคลื่อนที่ในเชิงเส้นของอากาศในช่วงเวลานั้นๆ มีหลากหลายขนาด ซึ่ง เครื่องวัดความเร็วลมที่ดีต้องมีความเร็วเริ่มต้นที่ 0.25 เมตร/วินาที หรือสูงกว่า ดังนั้นจึงไม่สามารถวัดความเร็วลมที่ต่ำกว่าได้ [11] (ตารางที่ 3.2)

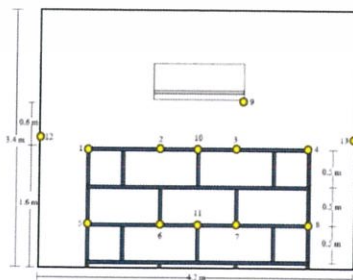
ตารางที่ 3.2 แสดงอุปกรณ์วัดความเร็วลมชนิดต่างๆ

Measurement Means	Application	Range, m/s	Precision	Limitations
Smoke puff or airborne solid tracer	Low air velocities in rooms; highly directional	0.025 to 0.25	10 to 20%	Awkward to use but valuable in tracing air movement.
Deflecting vane anemometer	Air velocities in rooms, at outlets, etc.; directional	0.15 to 120	5%	Requires periodic calibration check.
Revolving (rotating) vane anemometer	Moderate air velocities in ducts and rooms; somewhat directional	0.5 to 15	2 to 5%	Subject to significant errors when variations in velocities with space or time are present. Easily damaged. Affected by turbulence intensity. Requires periodic calibration.

สำหรับตำแหน่งที่ใช้ในการวัดค่าลมและอุณหภูมินั้น ได้อ้างอิงตามมาตรฐาน ASHRAE 55 โดยการวัดอุณหภูมิและความเร็วของอากาศจะทำการวัดที่ตำแหน่ง สูงจากพื้น 0.1, 0.6 และ 1.1 เมตร [12] รวมทั้งเพิ่มตำแหน่งที่ความสูง 1.6 เมตร เพื่อให้ทราบค่าที่แม่นยำมากยิ่งขึ้นในขณะทำการทดลอง โดยการวัดความเร็วลมนั้นจะมีจำนวนตำแหน่งที่มากกว่า เพื่อให้ทราบถึงลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศ ดังรูปที่ 3.2 และการวัดอุณหภูมิจะวัดที่ตำแหน่งดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.2 แสดงตำแหน่งที่ทำการวัดความเร็วลม



รูปที่ 3.3 แสดงตำแหน่งที่มีการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 ในการทดลองนั้นได้วัดค่าความเร็วลมที่ตำแหน่งทางออกของเครื่องปรับอากาศ ดังแสดงในตารางที่ 3.3

**ตารางที่ 3.3** แสดงความเร็วลมที่ทางออกเครื่องปรับอากาศ

	ความเร็วลม (เมตร/วินาที)
F1	1.3
F2	2.4
F3	3.5
F4	4.5

สำหรับใบปรับระดับนั้นมีตำแหน่งดังแสดงในรูปที่ 3.4 และมีค่าองศาแสดงในตารางที่ 3.4



**รูปที่ 3.4** แสดงตำแหน่งใบปรับระดับ

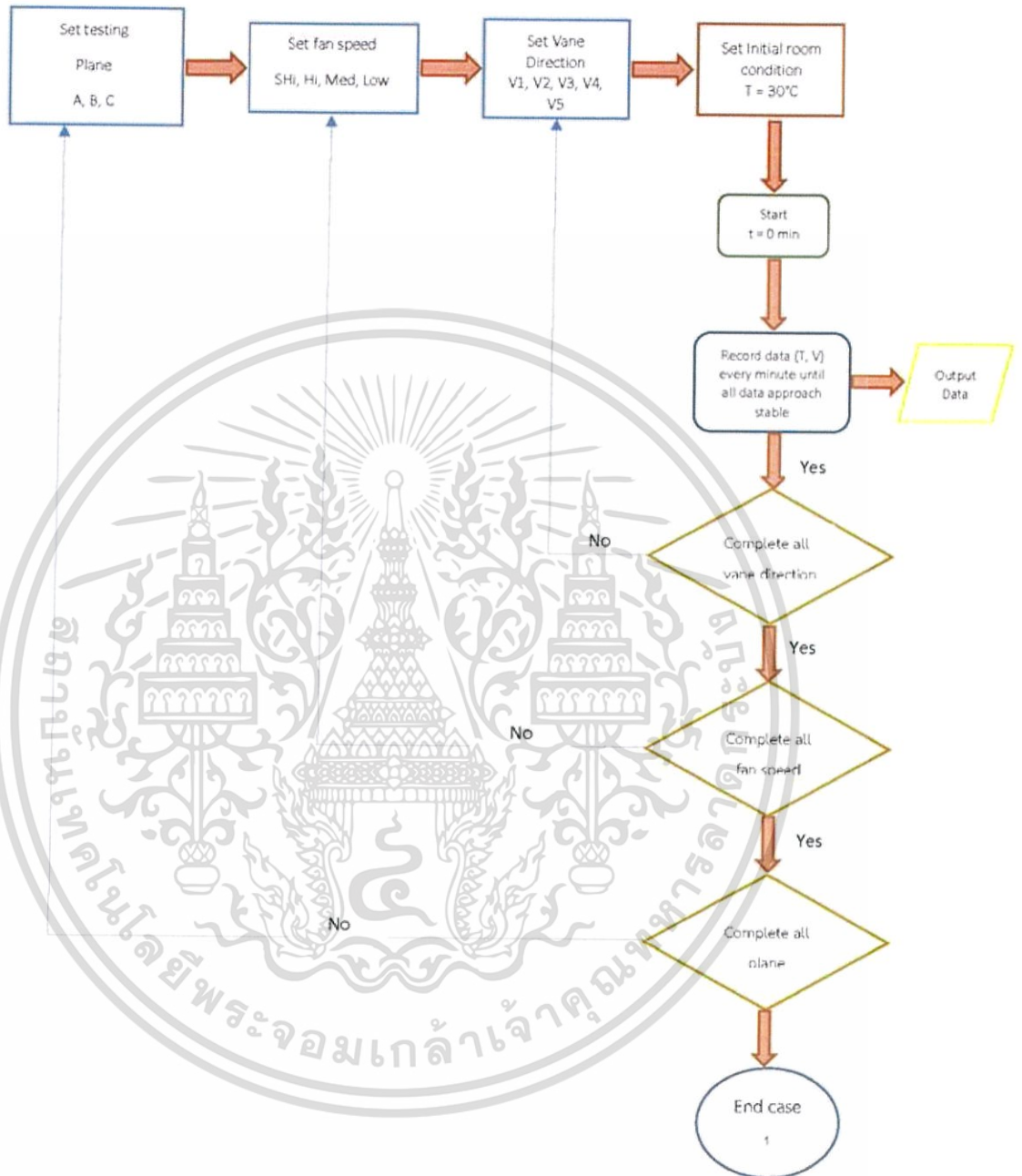
**ตารางที่ 3.4** แสดงมุมใบปรับระดับของเครื่องปรับอากาศ

	มุมใบปรับระดับ (องศา)
V1	15
V2	27-28
V3	36
V4	47
V5	57-58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.5 ขั้นตอนการทดลอง

- 1.) ก่อนเริ่มทำการทดลองจะต้องทำการให้ความร้อนแก่ห้อง จนกระทั่งทั่วทั้งห้องมีอุณหภูมิประมาณ 30°C เมื่ออุณหภูมิถึงตามที่กำหนดนำแหล่งกำเนิดความร้อนออกจากพื้นที่การทดลอง
- 2.) เปิดเครื่องปรับอากาศ ปรับค่าที่รีโมทควบคุม ณ ความเร็วลมและใบปรับระดับที่ต้องการทดลอง
- 3.) กดเครื่องบันทึกค่าข้อมูลเพื่อทำการเก็บบันทึกค่าอุณหภูมิทุกๆ 1 นาที เป็นระยะเวลา 45 นาที และผู้ทำการทดลองออกจากห้องทดสอบ
- 4.) เมื่อถึงเวลาที่กำหนดผู้ทดลองกดหยุดการบันทึกที่เครื่องบันทึกข้อมูล และนำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟในคอมพิวเตอร์
- 5.) สำหรับการวัดลมนั้นจะทำการวัดลมที่ตำแหน่งต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น และทำการจดบันทึกค่า นอกจากนี้ยังวัดความเร็วลมในตำแหน่งที่มีความเร็วลมสูงสุด เพื่อนำมาเปรียบเทียบลักษณะการเคลื่อนที่ของลมที่เกิดจากการสร้างแบบจำลอง



รูปที่ 3.5 แผนภาพการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.2 การสร้างแบบจำลอง

### 3.2.1 การออกแบบห้องทดลองโดยใช้โปรแกรม AutoCAD

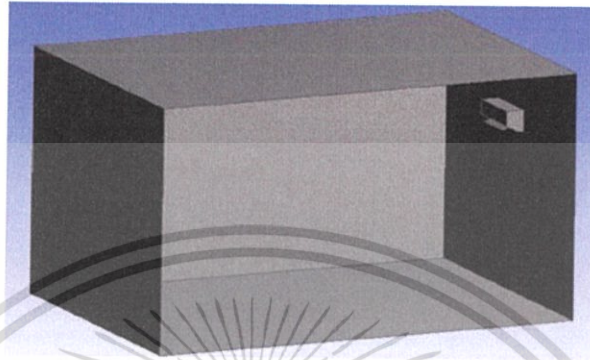
แบบจำลองห้องที่ใช้ในการทดลองถูกสร้างโดยใช้โปรแกรม AutoCAD ซึ่งมีขนาดเท่ากับห้องทดลองจริง รวมทั้งขนาดเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดเท่าของจริง ดังรูปที่ 3.6 และรูปที่ 3.7 และมีจำนวน mesh ของแบบจำลองอยู่ที่ 1,180,016 elements



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.2 กำหนดโดเมนและเมช

ในงานวิจัยนี้ได้แบ่งโดเมนเป็น 5 โดเมน ดังนี้ โดเมนที่ 1 เครื่องปรับอากาศที่ใบปรับระดับที่ 1 มีจำนวนเมชอยู่ที่ 1,180,016 อิลิเมนต์



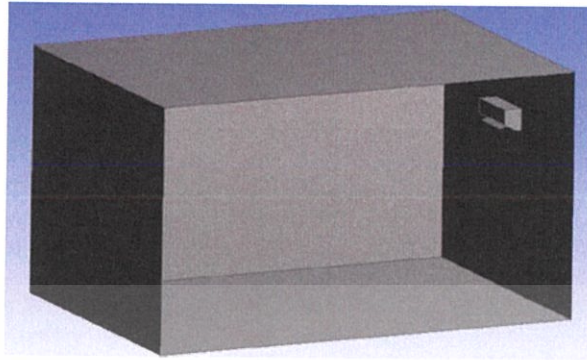
รูปที่ 3.8 โดเมนของห้องทดลองที่ใบปรับระดับที่ 1



รูปที่ 3.9 meshing โดเมนของห้องทดลองที่ใบปรับระดับที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดเมนที่ 2 เครื่องปรับอากาศที่ใบประดับที่ 2 มีจำนวนเมชอยู่ที่ 1,180,016 อิลเมนต์



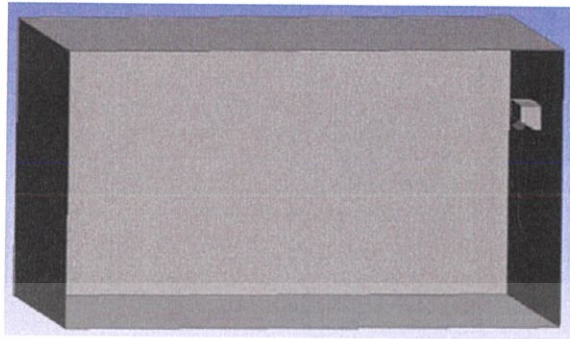
รูปที่ 3.10 โดเมนของห้องทดลองที่ใบประดับที่ 2



รูปที่ 3.11 meshing โดเมนของห้องทดลองที่ใบประดับที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดเมนที่ 3 เครื่องปรับอากาศที่ใบประดับที่ 3 มีจำนวนเมชอยู่ที่ 1,180,016 อีเลเมนต์



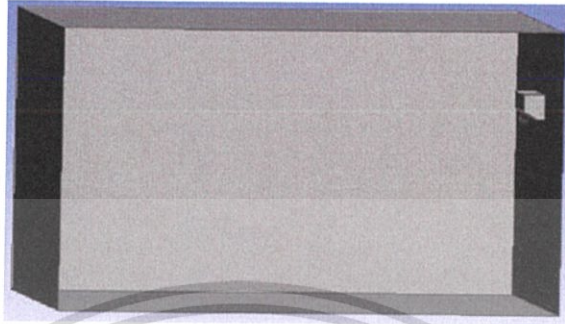
รูปที่ 3.12 โดเมนของห้องทดลองที่ใบประดับที่ 3



รูปที่ 3.13 meshing โดเมนของห้องทดลองที่ใบประดับที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดเมนที่ 4 เครื่องปรับอากาศที่ใบประดับระดับที่ 4 มีจำนวนเมชอยู่ที่ 1,180,016 อิลเมนต์



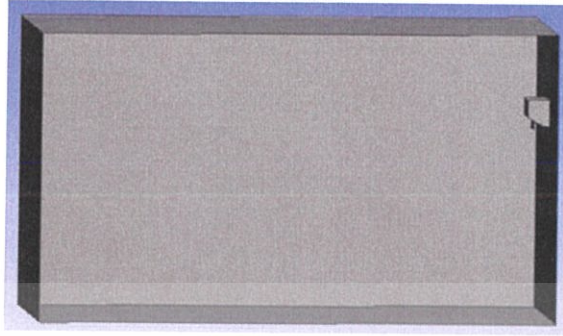
รูปที่ 3.14 โดเมนของห้องทดลองที่ใบประดับระดับที่ 4



รูปที่ 3.15 meshing โดเมนของห้องทดลองที่ใบประดับระดับที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดเมนที่ 5 เครื่องปรับอากาศที่ใบประดับที่ 5 มีจำนวนเมชอยู่ที่ 1,180,016 อีเลเมนต์



รูปที่ 3.16 โดเมนของห้องทดลองที่ใบประดับที่ 5

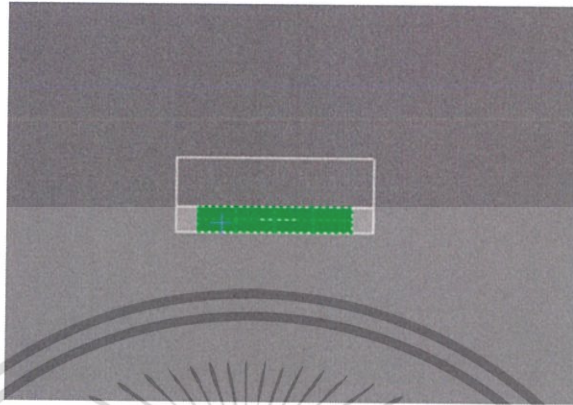


รูปที่ 3.17 meshing โดเมนของห้องทดลองที่ใบประดับที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.3 การกำหนดคุณสมบัติและเงื่อนไขขอบเขต

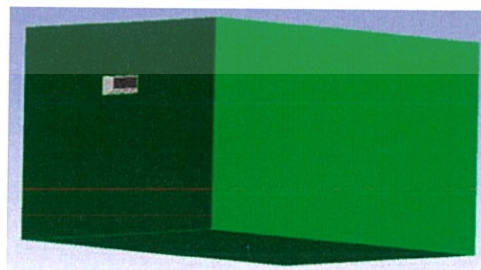
จากโดเมนข้างต้นได้กำหนดคุณสมบัติต่างๆของโดเมนเป็น Inlet, Outlet และ Walls



รูปที่ 3.18 กำหนด Inlet ของโดเมน



รูปที่ 3.19 กำหนด Outlet ของโดเมน

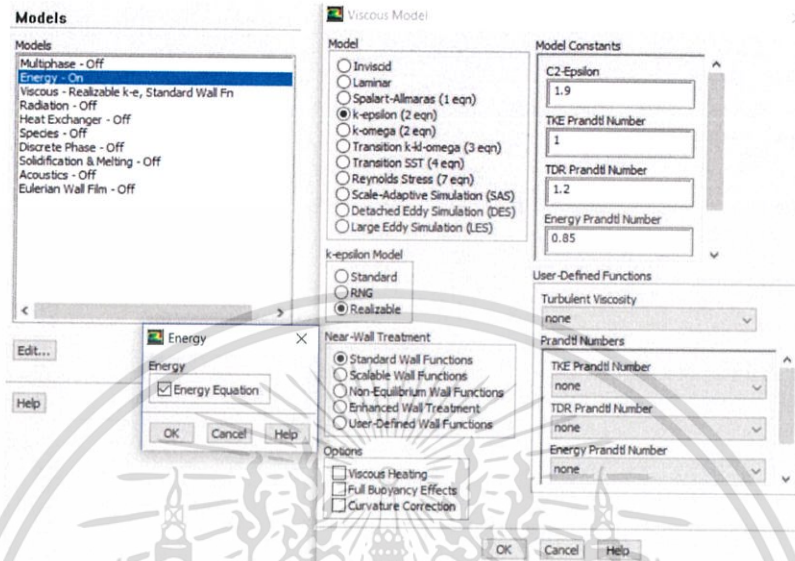


รูปที่ 3.20 กำหนด Wall ของโดเมน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

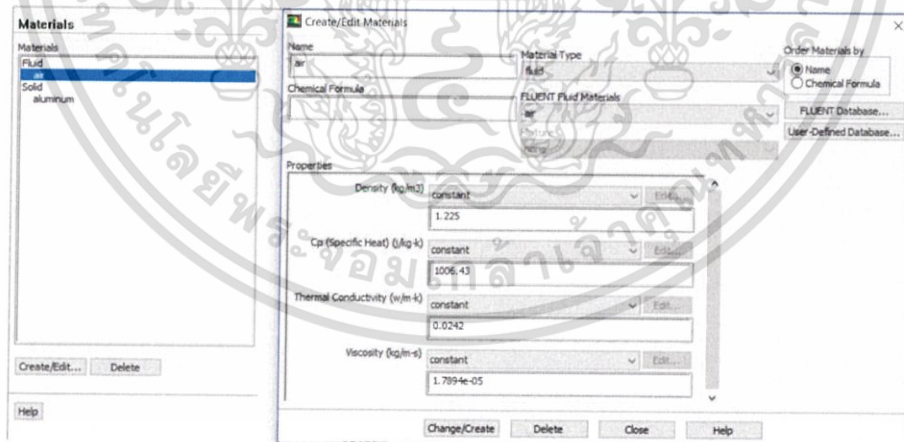
กำหนดเงื่อนไขขอบเขตดังนี้

(1) กำหนดลักษณะการไหลและสมการพลังงาน



รูปที่ 3.21 การกำหนดลักษณะการไหลและสมการพลังงาน

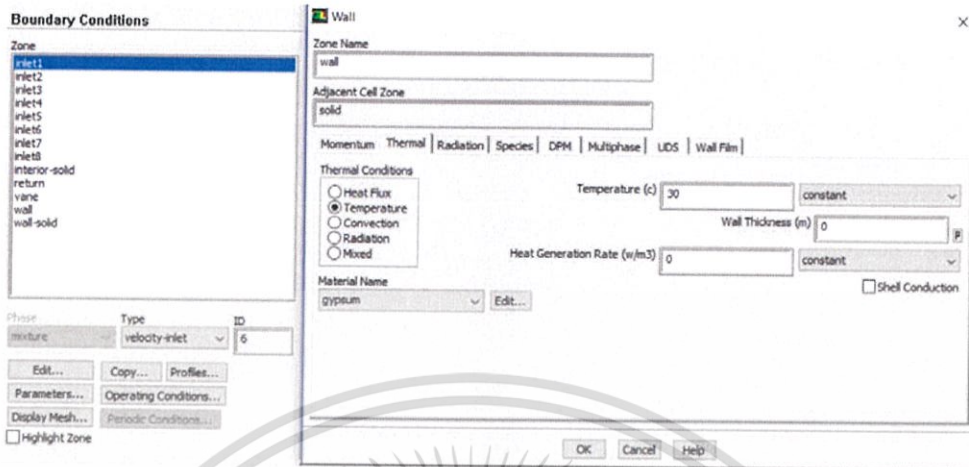
(2) กำหนดคุณสมบัติของอากาศ



รูปที่ 3.22 การกำหนดคุณสมบัติของอากาศ

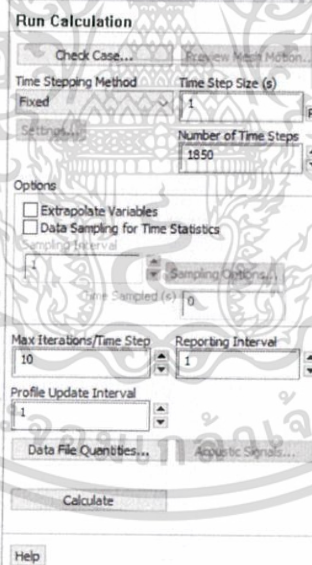
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## (3) กำหนดเงื่อนไขขอบเขต



รูปที่ 3.23 การกำหนดเงื่อนไขขอบเขต

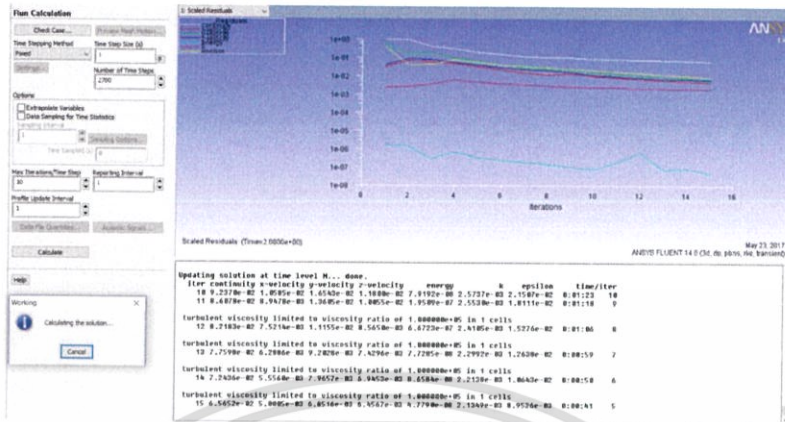
## (4) กำหนดเวลาที่ใช้ในการคำนวณ



รูปที่ 3.24 การกำหนดเวลาที่ใช้คำนวณ

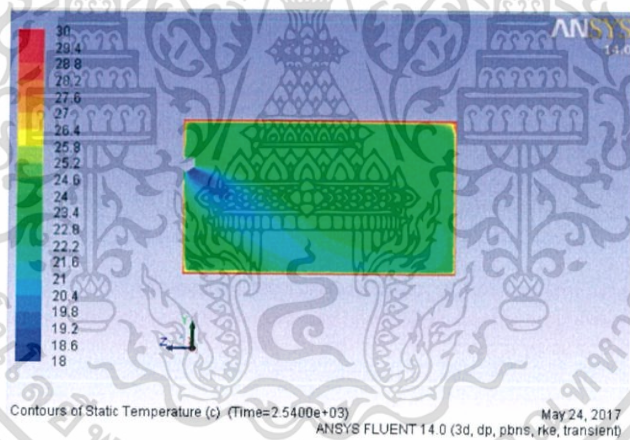
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(5) เริ่มการคำนวณ



รูปที่ 3.25 เริ่มการคำนวณ

(6) แสดงผลจากการคำนวณ



รูปที่ 3.26 การแสดงผลจากการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(7) บันทึกค่าที่ตำแหน่งที่จะทำการเปรียบเทียบ

```

mca of surface (13) projected onto plane (1, 0, 0) color: blue
Surface Group sweep-surface-13 :
Surface sweep-surface-13 (13):
Contour level 6, value in [21.581085, 22.182434].
    
```

รูปที่ 3.27 ค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งthermocoupleติดตั้งอยู่

### 3.2.4 สภาวะการทำงาน

ความเร็วลมและระดับใบปัดที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง ใช้การอ้างอิงกับค่าความเร็วลมที่ความลมเร็วรอบพัดลมและระดับใบปัดที่ใช้ในการทดลอง

ส่วนของช่องออกของลมเย็นในแบบจำลองถูกแบ่งออกเป็น 8 ช่องดังรูปที่ 3.28 แต่ละช่องจะมีความเร็วลมขาเข้าของแบบจำลองที่แตกต่างกัน ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

รูปที่ 3.28 จำนวนช่องลมเย็น

(1) ใบปัดระดับที่ 1

ตารางที่ 3.5 แสดงค่าความเร็วลมที่ใช้ในแต่ละความเร็วพัดลมที่ใบปัดระดับที่ 1

ความเร็วพัดลม	ช่อง							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1.87	1.75	1.87	1.53	2.32	2.03	2.12	2
2	2.18	2.16	2.25	2.03	2.86	2.41	2.7	2.7
3	2.66	2.54	2.7	2.27	2.95	3.2	3.22	3.34
4	3.09	3.04	3.61	2.91	4.1	3.63	4.42	4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) ใบปรับระดับที่ 2

ตารางที่ 3.6 แสดงค่าความเร็วลมที่ใช้ในแต่ละความเร็วพัดลมที่ใบปรับระดับที่ 2

ความเร็วพัดลม	ช่อง							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1.24	1.01	1.33	0.97	1.94	1.53	1.75	2.03
2	1.71	1.62	1.94	1.69	2.77	2.59	2.63	2.75
3	2.27	2	2.66	2.21	3.45	3.09	3.51	3.02
4	2.86	2.66	3.27	2.88	4.26	4.73	4.88	4.46

(3) ใบปรับระดับที่ 3

ตารางที่ 3.7 แสดงค่าความเร็วลมที่ใช้ในแต่ละความเร็วพัดลมที่ใบปรับระดับที่ 3

ความเร็วพัดลม	ช่อง							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1.01	0.87	1.35	0.9	1.85	1.75	1.94	1.73
2	1.46	1.69	1.82	1.51	2.79	2.82	2.63	3.06
3	2	2.03	2.3	2.05	3.33	3.45	3.18	3.27
4	2.43	2.82	3.13	2.5	4.03	4.37	4.1	4.39

(4) ใบปรับระดับที่ 4

ตารางที่ 3.8 แสดงค่าความเร็วลมที่ใช้ในแต่ละความเร็วพัดลมที่ใบปรับระดับที่ 4

ความเร็วพัดลม	ช่อง							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1.3	1.17	1.37	1.12	2.14	1.91	1.98	1.96
2	1.46	1.64	1.89	1.73	2.79	2.86	2.91	2.66
3	1.66	1.87	2.21	2	3.7	3.81	3.67	3.72
4	2.16	2.34	2.86	2.61	4.33	4.37	4.19	3.81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(5) ใบปรับระดับที่ 5

**ตารางที่ 3.9** แสดงค่าความเร็วลมที่ใช้ในแต่ละความเร็วพัดลมที่ใบปรับระดับที่ 5

ความเร็วพัดลม	ช่อง							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0.87	0.85	1.01	0.78	2.27	2.21	2.23	2.5
2	1.1	1.28	1.46	0.99	3.18	3.22	3.24	3.31
3	1.15	1.55	1.62	0.94	3.83	3.88	3.81	4.06
4	1.48	1.69	2.18	1.28	4.51	4.62	4.6	4.91

(6) อุณหภูมิเริ่มต้นที่ใช้ในการกำหนดคือ 30 องศาเซลเซียส

(7) อุณหภูมิสมเย็นจากเครื่องปรับอากาศคือ 16 องศาเซลเซียส

(8) เวลาที่ใช้กำหนดในการคำนวณเท่ากับ 45 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

เนื่องจากการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ผลของความเร็วลมและผลของการกระจายตัวของอนุภาคนิวเคลียส โดยทำการเปรียบเทียบผลระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากการสร้างแบบจำลอง

#### 4.1 ผลการทดลองของอนุภาคนิวเคลียส

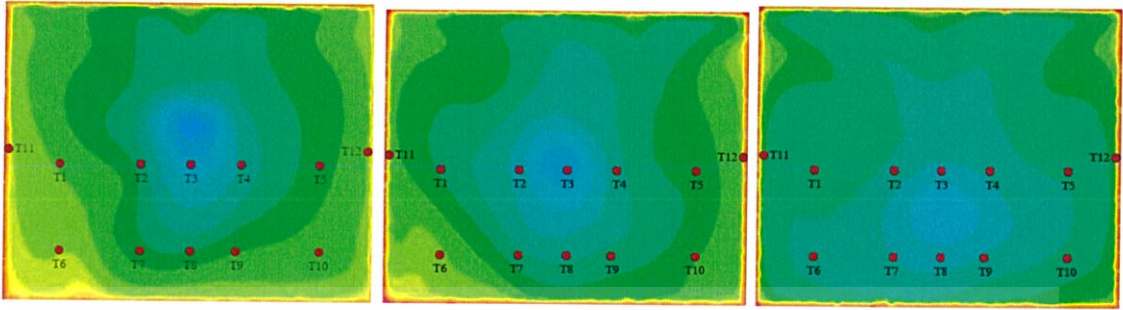
##### 4.1.1 ผลการทดลองของอนุภาคนิวเคลียสเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ผู้จัดทำได้ทำการเปรียบเทียบผลของอนุภาคนิวเคลียสจากการทดลองกับการสร้างแบบจำลองที่ตำแหน่งเดียวกัน เพื่อคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น โดยแบ่งเป็น 20 กรณี ในแต่ละใบปรับระดับและความเร็วพัดลม ดังนี้

- |  |  |
|--|--|
| 1.) ใบปรับระดับที่ 1 ความเร็วพัดลมที่ 1  | 11.) ใบปรับระดับที่ 3 ความเร็วพัดลมที่ 3 |
| 2.) ใบปรับระดับที่ 1 ความเร็วพัดลมที่ 2  | 12.) ใบปรับระดับที่ 3 ความเร็วพัดลมที่ 4 |
| 3.) ใบปรับระดับที่ 1 ความเร็วพัดลมที่ 3  | 13.) ใบปรับระดับที่ 4 ความเร็วพัดลมที่ 1 |
| 4.) ใบปรับระดับที่ 1 ความเร็วพัดลมที่ 4  | 14.) ใบปรับระดับที่ 4 ความเร็วพัดลมที่ 2 |
| 5.) ใบปรับระดับที่ 2 ความเร็วพัดลมที่ 1  | 15.) ใบปรับระดับที่ 4 ความเร็วพัดลมที่ 3 |
| 6.) ใบปรับระดับที่ 2 ความเร็วพัดลมที่ 2  | 16.) ใบปรับระดับที่ 4 ความเร็วพัดลมที่ 4 |
| 7.) ใบปรับระดับที่ 2 ความเร็วพัดลมที่ 3  | 17.) ใบปรับระดับที่ 5 ความเร็วพัดลมที่ 1 |
| 8.) ใบปรับระดับที่ 2 ความเร็วพัดลมที่ 4  | 18.) ใบปรับระดับที่ 5 ความเร็วพัดลมที่ 2 |
| 9.) ใบปรับระดับที่ 3 ความเร็วพัดลมที่ 1  | 19.) ใบปรับระดับที่ 5 ความเร็วพัดลมที่ 3 |
| 10.) ใบปรับระดับที่ 3 ความเร็วพัดลมที่ 2 | 20.) ใบปรับระดับที่ 5 ความเร็วพัดลมที่ 4 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

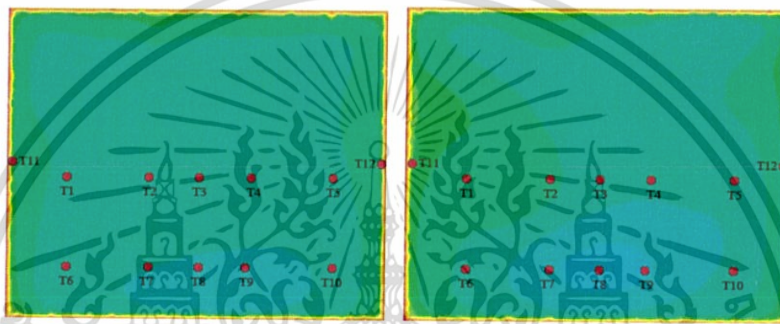
1.) ใบปรีระดับที่ 1 และความเร็วพัดลมที่ 1



รูปที่ 4.1 ระยะ 1 เมตร

รูปที่ 4.2 ระยะ 2 เมตร

รูปที่ 4.3 ระยะ 3 เมตร



รูปที่ 4.4 ระยะ 4 เมตร

รูปที่ 4.5 ระยะ 5 เมตร

ตารางที่ 4.1 ค่าอนุหุมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ใบปรีระดับที่ 1 ความเร็วลมที่ 1

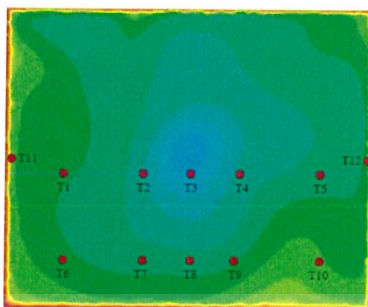
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.	24.3	24.3	23.7	23.6	24.1	23.6	23.8	22.6	23.7	23.5	23.3	23.5
	Sim.	23.8	22.6	21.1	22.5	25.2	23.9	23.7	23.5	23.6	25.4	24.4	25.2
	Err.(%)	2.10	7.52	12.32	4.89	4.37	1.26	0.42	3.83	0.42	7.48	4.51	6.75
2 เมตร	Exp.	24.2	24.2	20.8	23.4	24.3	23.6	23.0	23.1	23.5	23.4	23.5	23.8
	Sim.	23.3	22.2	20.6	21.8	24.6	24.7	23.5	23.2	24.0	25.4	24.3	25.7
	Err.(%)	3.86	9.01	0.97	7.34	1.22	4.45	2.13	0.43	2.08	7.87	3.29	7.39
3 เมตร	Exp.	24.4	24.6	22.0	23.5	24.4	23.3	22.5	23.9	23.2	23.5	23.3	23.5
	Sim.	22.9	22.5	22.4	22.8	23.2	23.1	22.5	22.0	22.3	24.3	23.6	24.5
	Err.(%)	6.55	9.33	1.79	3.07	5.17	0.87	0.00	8.64	4.04	3.29	1.27	4.08
4 เมตร	Exp.	24.6	24.9	24.6	25.0	24.7	23.5	23.4	23.4	23.6	23.5	23.7	24.1
	Sim.	22.8	22.5	22.4	22.8	23.2	23.1	22.0	21.5	21.6	22.8	23.6	23.7
	Err.(%)	7.89	10.67	9.82	9.65	6.47	1.73	6.36	8.84	9.26	3.07	0.42	1.69
5 เมตร	Exp.	24.4	24.6	22.5	25.1	24.9	22.6	23.1	24.1	23.1	23.1	22.8	23.1
	Sim.	22.8	22.6	22.5	22.5	22.6	22.8	22.4	22.1	22.0	22.6	23.2	23.1
	Err.(%)	7.02	8.85	0.00	11.56	10.18	0.88	3.13	9.05	5.00	2.21	1.72	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

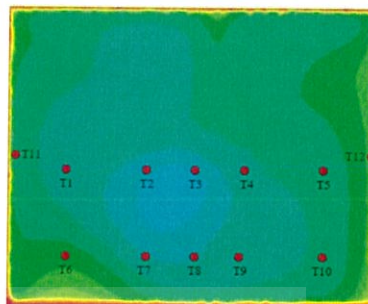
2.) ใบปรับระดับที่ 1 ความเร็วพัดลมที่ 2



รูปที่ 4.6 ระยะ 1 เมตร



รูปที่ 4.7 ระยะ 2 เมตร



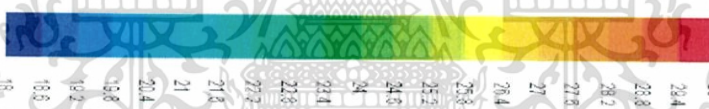
รูปที่ 4.8 ระยะ 3 เมตร



รูปที่ 4.9 ระยะ 4 เมตร



รูปที่ 4.10 ระยะ 5 เมตร

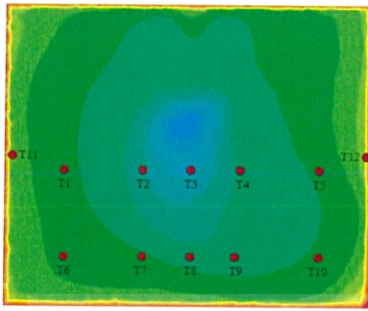


ตารางที่ 4.2 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ใบปรับระดับที่ 1 ความเร็วลมที่ 2

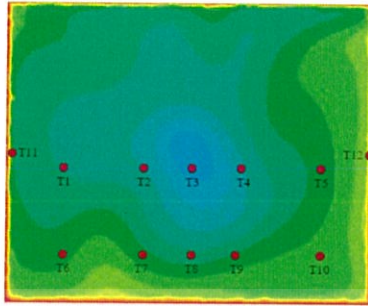
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	24.6	24.2	24.1	24.5	24.1	24.1	24.3	24.1	24.2	24.3	24.4	24.1
	Sim.(°C)	23.9	22.8	21.6	22.8	24.5	23.9	23.9	23.9	23.9	24.6	24.5	24.6
	Err.(%)	2.93	6.19	12.09	5.75	0.00	0.84	0.84	1.67	1.67	2.03	0.41	2.03
2 เมตร	Exp.(°C)	24.6	22.9	19.9	23.2	24.3	23.8	24.1	24.4	24.1	23.8	24.2	24.0
	Sim.(°C)	23.4	22.2	21.0	22.2	24.0	24.6	23.4	23.4	23.4	24.0	24.0	24.6
	Err.(%)	5.13	3.15	5.24	4.50	1.25	3.25	2.99	4.27	2.99	0.83	0.83	2.44
3 เมตร	Exp.(°C)	23.8	24.3	22.4	24.3	24.7	23.9	23.7	22.6	22.7	24.0	24.2	24.1
	Sim.(°C)	23.4	22.8	22.2	22.2	22.8	23.4	22.8	22.2	22.2	24.0	24.6	23.4
	Err.(%)	1.71	6.58	0.90	9.46	8.33	2.14	3.95	1.80	2.25	0.00	1.63	2.99
4 เมตร	Exp.(°C)	25.4	25.7	25.1	25.6	25.0	23.9	23.2	22.1	22.4	23.9	24.4	24.3
	Sim.(°C)	22.8	22.8	22.8	22.8	23.4	22.2	21.6	22.2	22.8	23.4	23.4	24.0
	Err.(%)	11.40	12.72	10.09	12.28	6.84	7.66	7.41	0.45	1.75	2.14	4.27	1.25
5 เมตร	Exp.(°C)	24.5	25.0	22.0	24.7	23.7	23.4	23.1	23.9	22.7	22.6	23.5	23.5
	Sim.(°C)	22.8	22.8	22.8	22.8	22.8	22.2	22.2	22.2	22.2	22.8	23.4	23.8
	Err.(%)	7.46	9.65	3.51	8.33	3.95	5.41	4.05	7.66	2.25	0.88	0.43	1.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

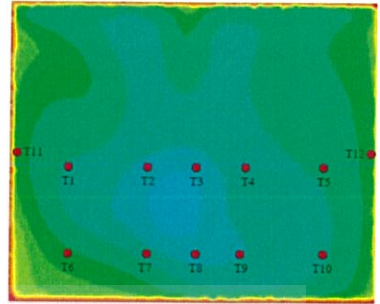
3.) ไปปรับระดับที่ 1 ความเร็วพัดลมที่ 3



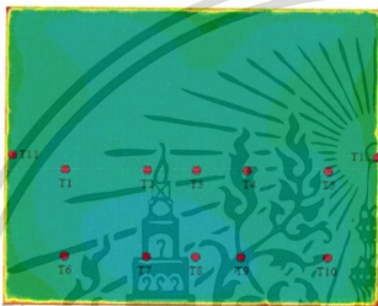
รูปที่ 4.11 ระยะ 1 เมตร



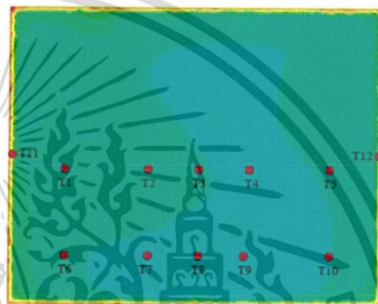
รูปที่ 4.12 ระยะ 2 เมตร



รูปที่ 4.13 ระยะ 3 เมตร



รูปที่ 4.14 ระยะ 4 เมตร



รูปที่ 4.15 ระยะ 5 เมตร

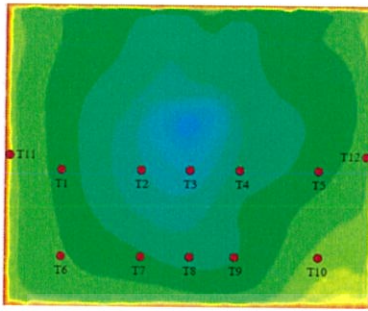


ตารางที่ 4.3 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ไปปรับระดับที่ 1 ความเร็วลมที่ 3

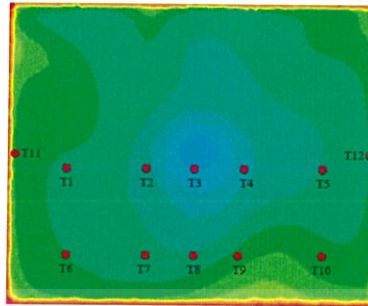
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	24.4	24.4	24.4	24.3	24.4	24.3	24.4	24.3	24.3	24.6	24.8	24.7
	Sim.(°C)	24.0	23.4	22.6	23.4	24.0	24.0	23.4	23.4	24.0	24.0	24.6	25.2
	Err.(%)	1.67	4.27	7.52	4.27	1.25	1.67	3.85	5.13	1.67	1.25	0.81	1.98
2 เมตร	Exp.(°C)	24.0	24.3	21.3	22.9	24.3	24.3	24.1	24.5	24.2	24.3	24.9	24.5
	Sim.(°C)	23.8	21.8	20.6	22.1	22.8	24.2	23.3	22.8	23.5	23.8	25.2	23.8
	Err.(%)	0.84	11.47	3.40	3.62	6.58	0.41	3.43	7.46	2.98	2.10	1.19	2.94
3 เมตร	Exp.(°C)	23.8	22.5	23.9	22.5	24.7	24.5	23.9	22.2	24.3	24.3	25.3	24.9
	Sim.(°C)	23.8	22.6	22.1	22.3	23.8	24.2	23.3	22.8	23.5	23.8	23.8	24.7
	Err.(%)	0.00	0.44	8.14	0.90	3.78	1.24	2.58	2.63	3.40	2.10	6.30	0.81
4 เมตร	Exp.(°C)	24.7	24.9	24.1	24.7	24.9	24.3	23.3	23.6	23.5	24.3	25.7	25.4
	Sim.(°C)	22.8	22.8	22.6	22.6	22.8	22.6	22.3	21.8	21.8	22.8	23.5	23.5
	Err.(%)	8.33	9.21	6.64	9.29	9.21	7.52	4.48	8.26	7.80	6.58	9.36	8.09
5 เมตร	Exp.(°C)	24.7	24.7	23.1	24.4	24.2	23.9	23.4	24.8	23.4	23.9	25.4	25.2
	Sim.(°C)	23.3	22.3	22.3	22.6	23.3	23.3	21.8	21.8	22.1	23.3	23.3	23.3
	Err.(%)	6.01	10.76	3.59	7.96	3.86	2.58	7.34	13.76	5.88	2.58	9.01	8.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

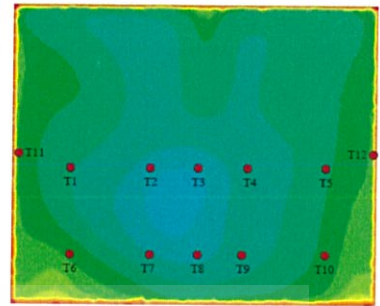
4.) ใบปรับระดับที่ 1 ความเร็วพัดลมที่ 4



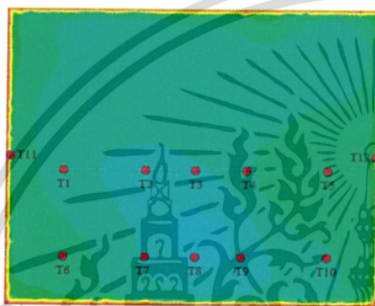
รูปที่ 4.16 ระยะ 1 เมตร



รูปที่ 4.17 ระยะ 2 เมตร



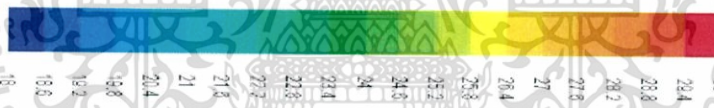
รูปที่ 4.18 ระยะ 3 เมตร



รูปที่ 4.19 ระยะ 4 เมตร



รูปที่ 4.20 ระยะ 5 เมตร



ตารางที่ 4.4 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ใบปรับระดับที่ 1 ความเร็วลมที่ 4

		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	24.6	24.5	24.1	24.3	24.4	24.3	24.4	24.4	24.3	24.5	24.9	24.6
	Sim.(°C)	24.0	22.2	21.6	23.4	24.0	23.4	23.4	22.8	22.8	24.0	24.5	24.7
	Err.(%)	2.50	10.36	12.50	2.99	1.25	4.27	3.85	7.46	7.02	1.67	1.63	0.40
2 เมตร	Exp.(°C)	24.1	23.8	22.0	23.5	24.1	24.1	24.0	24.2	24.0	24.0	24.6	24.3
	Sim.(°C)	23.4	22.2	21.0	22.2	23.4	24.6	22.8	22.2	22.8	23.4	24.6	24.0
	Err.(%)	2.99	7.21	4.76	5.86	2.99	2.03	5.26	9.01	5.26	2.56	0.00	1.25
3 เมตร	Exp.(°C)	23.4	22.5	23.6	22.5	24.7	24.6	24.0	22.1	24.0	24.1	24.9	24.8
	Sim.(°C)	24.0	22.8	21.6	22.2	22.8	23.4	22.2	21.6	22.2	24.0	24.6	24.0
	Err.(%)	2.50	1.32	9.26	1.35	8.33	5.13	8.11	2.31	8.11	0.42	1.22	3.33
4 เมตร	Exp.(°C)	24.0	23.6	22.7	23.3	24.5	24.1	23.1	23.4	23.4	24.0	25.7	25.1
	Sim.(°C)	22.8	22.8	22.8	22.8	22.8	22.8	21.6	22.2	22.2	22.8	23.4	23.5
	Err.(%)	5.26	3.51	0.44	2.19	7.46	5.70	6.94	5.41	5.41	5.26	9.83	6.81
5 เมตร	Exp.(°C)	24.3	24.2	22.7	24.1	24.1	23.7	23.0	24.1	23.1	23.5	25.0	24.8
	Sim.(°C)	22.8	22.8	22.2	22.2	22.8	22.8	22.2	22.2	22.2	22.2	23.4	23.4
	Err.(%)	6.58	6.14	2.25	8.56	5.70	3.95	3.60	8.56	4.05	5.86	6.84	5.98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการทดลองที่ใบปรับระดับ 1 ความเร็วลมตั้งแต่ 1-4 พบว่าลมเย็นจากเครื่องปรับอากาศ จะค่อยๆลดระดับความสูงลงในช่วงประมาณ 3-4 เมตรจากเครื่องปรับอากาศ และมีการกระจายตัวของ อุณหภูมิเกาะกลุ่มกันในช่วงระยะใกล้กับเครื่องปรับอากาศ ซึ่งจะเห็นได้ชัดเมื่อความเร็วอากาศมีค่าน้อย ในขณะที่เมื่อเพิ่มความเร็วลมเย็นอากาศภายในห้องจะมีการกระจายตัวของอุณหภูมิที่ดีมากยิ่งขึ้น สังเกต ได้จากชั้นระดับสีของอุณหภูมิตั้งแสดงในภาพ

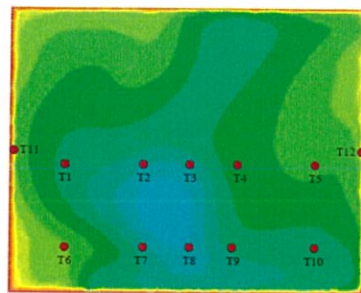


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

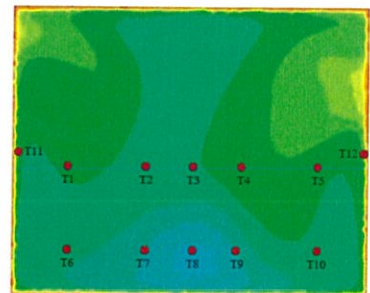
5.) ไปปรับระดับที่ 2 ความเร็วพัดลมที่ 1



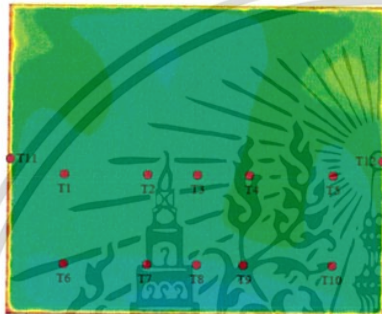
รูปที่ 4.21 ระยะ 1 เมตร



รูปที่ 4.22 ระยะ 2 เมตร



รูปที่ 4.23 ระยะ 3 เมตร



รูปที่ 4.24 ระยะ 4 เมตร



รูปที่ 4.25 ระยะ 5 เมตร

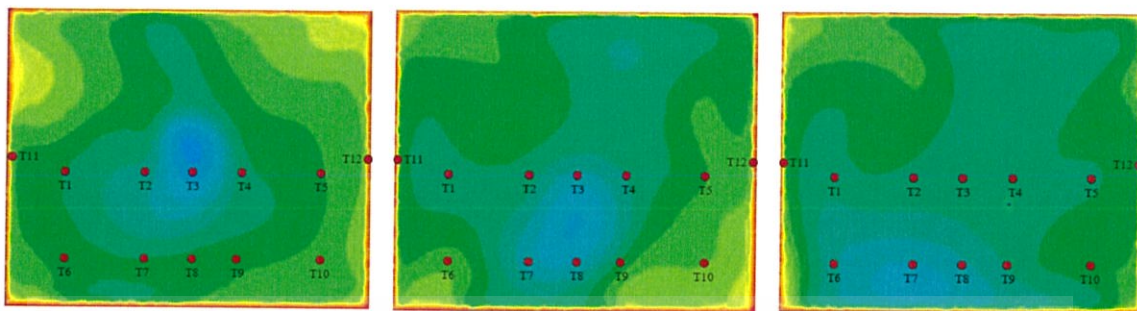


ตารางที่ 4.5 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ไปปรับระดับที่ 2 ความเร็วลมที่ 1

		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	24.6	22.3	24.2	24.4	23.7	23.8	23.6	23.6	23.6	21.2	23.6	23.6
	Sim.(°C)	24.0	22.8	21.0	23.4	24.7	24.5	23.9	23.0	23.9	23.9	23.3	23.3
	Err.(%)	2.50	2.19	12.38	3.42	1.21	3.27	0.42	7.83	1.26	1.26	1.29	1.29
2 เมตร	Exp.(°C)	24.4	24.5	22.9	24.6	24.4	23.7	23.3	23.1	23.1	23.7	24.1	23.8
	Sim.(°C)	23.3	22.7	22.7	23.9	24.5	23.9	23.3	22.1	23.3	23.3	24.3	23.9
	Err.(%)	4.72	7.93	0.88	2.93	0.41	0.84	0.00	4.52	0.86	1.72	0.82	0.42
3 เมตร	Exp.(°C)	24.6	24.6	21.7	24.6	24.2	23.1	23.0	24.1	22.6	22.8	22.9	22.8
	Sim.(°C)	23.9	23.3	22.7	23.9	23.9	23.3	22.7	22.1	22.7	22.7	23.3	23.3
	Err.(%)	2.93	5.58	4.41	2.93	1.26	0.86	1.32	9.05	0.44	0.44	1.72	2.15
4 เมตร	Exp.(°C)	25.5	25.7	25.6	25.7	25.3	25.1	25.4	25.7	25.4	25.2	25.8	26.0
	Sim.(°C)	23.3	23.3	23.3	23.9	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.9	23.9
	Err.(%)	9.44	10.30	9.87	7.53	8.58	7.73	9.01	10.30	9.01	8.15	7.95	8.79
5 เมตร	Exp.(°C)	24.4	24.7	22.3	24.3	23.9	22.6	22.7	24.3	22.5	22.1	23.1	22.8
	Sim.(°C)	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	22.7	22.7	22.7	22.7	22.7	23.9	23.3
	Err.(%)	4.72	6.01	4.29	4.29	2.58	0.44	0.00	7.05	0.88	2.64	3.35	2.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

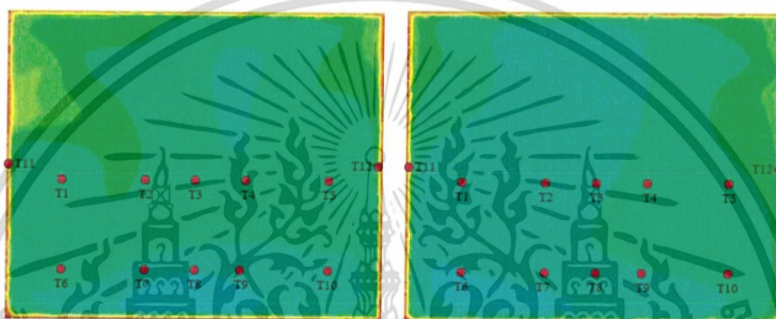
6.) ไบปรี่ระดับที่ 2 ความเร็วพัดลมที่ 2



รูปที่ 4.26 ระยะ 1 เมตร

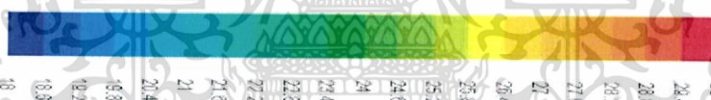
รูปที่ 4.27 ระยะ 2 เมตร

รูปที่ 4.28 ระยะ 3 เมตร



รูปที่ 4.29 ระยะ 4 เมตร

รูปที่ 4.30 ระยะ 5 เมตร

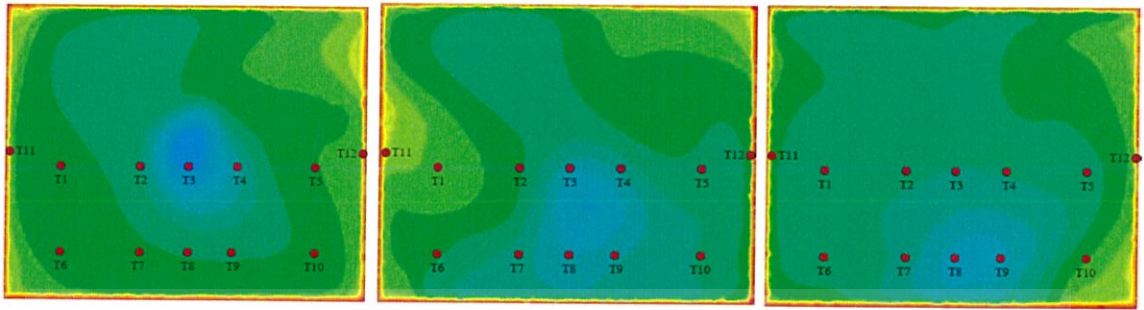


ตารางที่ 4.6 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ไบปรี่ระดับที่ 2 ความเร็วลมที่ 2

		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	24.3	23.4	24.4	24.7	23.9	23.9	24.1	24.1	24.1	23.3	24.4	24.1
	Sim.(°C)	23.9	22.7	21.3	22.7	23.9	23.9	23.3	23.3	23.9	24.5	24.5	23.4
	Err.(%)	1.67	3.08	13.15	7.49	3.35	0.00	2.58	0.00	0.84	1.63	0.41	2.99
2 เมตร	Exp.(°C)	25.0	24.4	22.6	24.2	24.6	24.3	24.5	24.7	24.5	24.5	25.0	24.9
	Sim.(°C)	23.3	23.3	22.1	22.7	23.9	24.5	23.3	22.5	23.3	24.5	25.1	24.5
	Err.(%)	7.30	4.72	2.26	6.61	2.93	0.82	5.15	9.78	5.15	0.00	0.40	1.63
3 เมตร	Exp.(°C)	25.1	24.9	21.6	24.9	24.8	23.9	23.1	24.3	22.6	23.9	24.1	23.9
	Sim.(°C)	23.3	23.3	22.7	23.3	23.3	23.9	23.3	22.1	22.1	23.9	24.5	23.9
	Err.(%)	7.73	6.87	4.85	6.87	6.44	0.00	0.86	9.95	2.26	0.00	1.63	0.00
4 เมตร	Exp.(°C)	25.0	25.3	24.9	25.1	24.6	23.9	23.3	23.0	23.1	23.9	24.6	24.2
	Sim.(°C)	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	22.7	22.7	22.7	23.3	23.3	23.3
	Err.(%)	7.30	8.58	6.87	7.73	5.58	2.58	2.64	1.32	1.76	2.58	5.58	3.86
5 เมตร	Exp.(°C)	25.1	25.2	23.8	25.1	24.7	24.4	24.3	24.7	24.2	24.0	24.8	24.7
	Sim.(°C)	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.5	23.5	23.5	23.5	23.5	24.5	23.8
	Err.(%)	7.73	8.15	2.15	7.73	6.01	3.83	3.40	5.11	2.98	2.13	1.22	3.78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

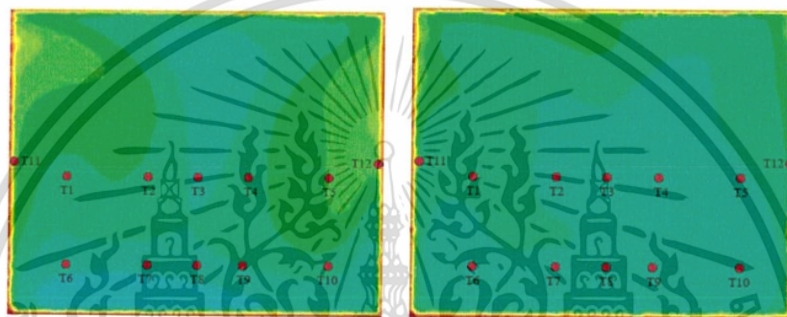
7.) ใบปรับระดับที่ 2 ความเร็วพัดลมที่ 3



รูปที่ 4.31 ระยะ 1 เมตร

รูปที่ 4.32 ระยะ 2 เมตร

รูปที่ 4.33 ระยะ 3 เมตร



รูปที่ 4.34 ระยะ 4 เมตร

รูปที่ 4.35 ระยะ 5 เมตร

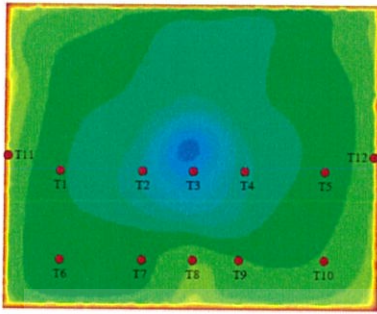


ตารางที่ 4.7 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ใบปรับระดับที่ 2 ความเร็วลมที่ 3

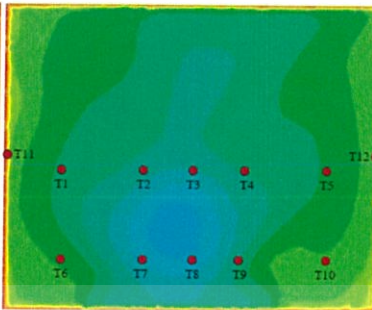
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	24.7	24.0	24.1	24.7	24.0	24.1	24.3	24.1	24.2	23.6	24.4	24.1
	Sim.(°C)	23.9	22.1	21.4	22.7	23.9	23.9	23.3	23.3	23.9	23.9	24.5	23.9
	Err.(%)	3.35	8.60	13.08	6.17	3.35	0.42	3.43	1.29	1.67	0.84	0.41	0.84
2 เมตร	Exp.(°C)	24.7	23.9	21.3	23.1	24.4	24.3	24.2	24.6	24.3	24.3	24.7	24.4
	Sim.(°C)	23.9	22.1	20.3	22.7	23.9	23.9	23.3	23.3	23.9	23.9	24.5	23.9
	Err.(%)	3.35	8.14	4.93	1.76	2.09	1.67	3.86	5.58	1.67	1.67	0.82	2.09
3 เมตร	Exp.(°C)	24.7	24.7	22.6	24.7	24.9	24.3	23.6	24.0	23.3	24.1	24.6	24.4
	Sim.(°C)	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.9	22.7	21.5	22.7	23.3	24.5	23.9
	Err.(%)	6.01	6.01	3.00	6.01	6.87	1.67	3.96	11.63	2.64	3.43	0.41	2.09
4 เมตร	Exp.(°C)	24.9	25.4	25.0	25.0	24.7	24.3	23.5	23.6	23.8	24.4	25.6	25.3
	Sim.(°C)	24.5	23.8	22.7	23.8	24.2	23.3	23.3	22.7	23.5	23.5	24.5	24.1
	Err.(%)	1.63	6.72	10.13	5.04	2.07	4.29	0.86	3.96	1.28	3.83	4.49	4.98
5 เมตร	Exp.(°C)	24.6	24.6	23.1	24.3	24.1	23.9	23.4	24.4	23.4	23.5	24.9	24.8
	Sim.(°C)	22.7	22.7	22.7	22.7	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	24.4	24.1
	Err.(%)	8.37	8.37	1.76	7.05	3.43	2.58	0.43	4.72	0.43	0.86	2.05	2.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

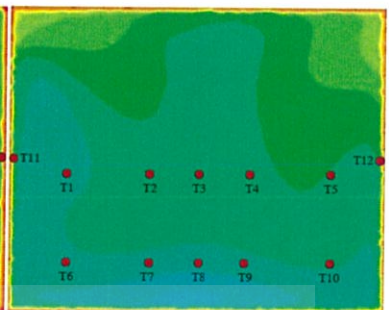
8.) ใบปรับระดับที่ 2 ความเร็วพัดลมที่ 4



รูปที่ 4.36 ระยะ 1 เมตร



รูปที่ 4.37 ระยะ 2 เมตร



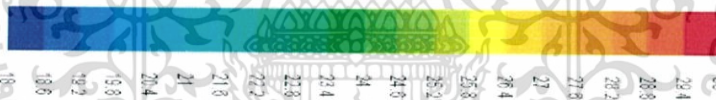
รูปที่ 4.38 ระยะ 3 เมตร



รูปที่ 4.39 ระยะ 4 เมตร



รูปที่ 4.40 ระยะ 5 เมตร



ตารางที่ 4.8 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ใบปรับระดับที่ 2 ความเร็วลมที่ 4

		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	25.0	24.6	24.3	24.5	24.4	24.4	24.6	24.4	24.5	24.3	25.1	24.9
	Sim.(°C)	23.9	22.7	21.5	22.1	23.9	23.9	23.9	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5
	Err.(%)	4.60	8.37	13.95	9.95	2.51	2.09	2.09	0.82	0.41	0.41	2.45	1.63
2 เมตร	Exp.(°C)	24.6	24.1	22.6	23.3	24.6	24.3	24.2	24.3	24.1	24.3	25.0	24.7
	Sim.(°C)	23.9	23.3	22.7	22.7	23.3	24.5	23.2	21.5	23.9	24.5	24.5	24.3
	Err.(%)	2.93	3.43	0.44	2.64	5.58	0.82	4.31	13.02	0.84	0.82	2.04	1.65
3 เมตร	Exp.(°C)	24.7	23.8	23.4	23.8	25.0	24.7	23.8	24.1	24.3	24.4	25.5	25.1
	Sim.(°C)	23.9	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	22.6	22.1	23.5	23.3	25.1	24.5
	Err.(%)	3.35	2.15	0.43	2.15	7.30	6.01	5.31	9.05	3.40	4.72	1.59	2.45
4 เมตร	Exp.(°C)	24.8	24.9	24.7	24.7	25.0	24.4	23.6	24.1	23.8	24.5	26.0	25.6
	Sim.(°C)	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	22.7	22.7	22.7	23.3	25.1	24.6
	Err.(%)	6.44	6.87	6.01	6.01	7.30	4.72	3.96	6.17	4.85	5.15	3.59	4.07
5 เมตร	Exp.(°C)	24.5	24.3	23.0	24.0	24.2	23.8	23.1	24.3	23.3	23.5	25.5	25.1
	Sim.(°C)	23.7	23.1	22.8	23.4	23.4	23.8	23.8	23.8	23.8	23.4	24.8	24.5
	Err.(%)	3.38	5.19	0.88	2.56	3.42	0.00	2.94	2.10	2.10	0.43	2.82	2.45

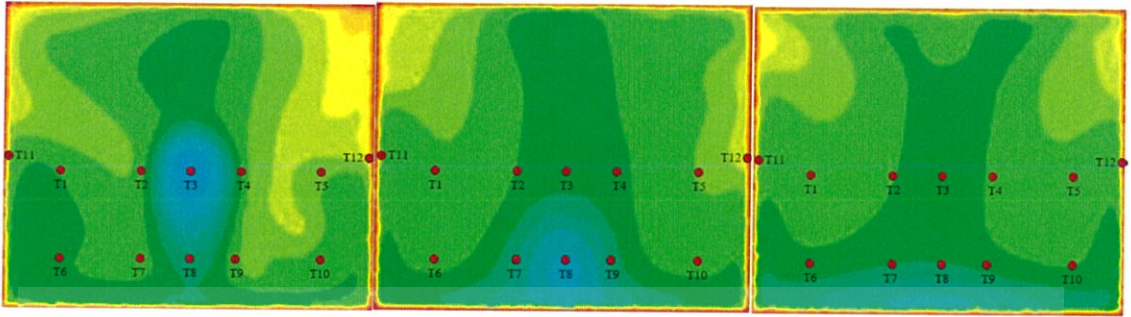
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการทดลองที่ใบปรับระดับ 2 ความเร็วลมตั้งแต่ 1-4 พบว่าลมเย็นจากเครื่องปรับอากาศ จะค่อยๆลดระดับความสูงลงในช่วงประมาณ 2-3 เมตรจากเครื่องปรับอากาศ และมีการกระจายตัวของ อุณหภูมิเกาะกลุ่มกันบริเวณพื้นในช่วงระยะใกล้กับเครื่องปรับอากาศ ซึ่งจะเห็นได้ชัดเมื่อความเร็วอากาศ มีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่อากาศภายในห้องจะมีการกระจายตัวของอุณหภูมิในช่วงระยะ 3-5 เมตรจาก เครื่องปรับอากาศ และจะกระจายตัวยิ่งขึ้นเมื่อความเร็วลมสูงขึ้น สังเกตได้จากชั้นระดับสีของอุณหภูมิตั้งแสดงในภาพ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

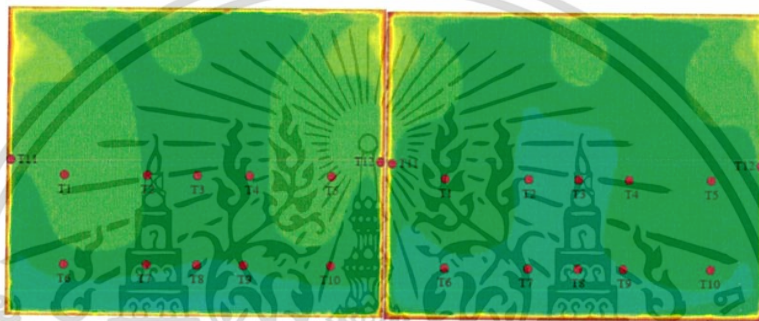
## 9.) ใบปรับระดับที่ 3 ความเร็วพัดลมที่ 1



รูปที่ 4.41 ระยะ 1 เมตร

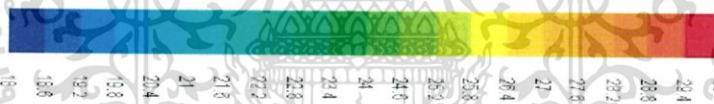
รูปที่ 4.42 ระยะ 2 เมตร

รูปที่ 4.43 ระยะ 3 เมตร



รูปที่ 4.44 ระยะ 4 เมตร

รูปที่ 4.45 ระยะ 5 เมตร

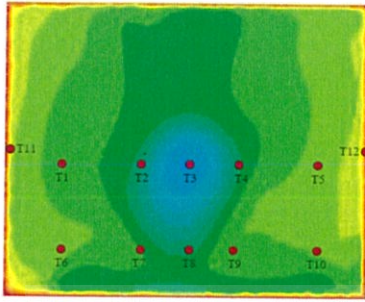


ตารางที่ 4.9 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ใบปรับระดับที่ 3 ความเร็วลมที่ 1

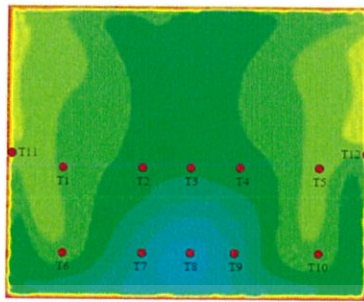
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	24.4	23.9	24.3	24.1	22.8	23.0	23.0	23.0	21.6	19.0	22.6	22.6
	Sim.(°C)	24.5	23.3	20.9	24.5	24.5	23.9	23.9	20.3	23.9	23.3	23.3	23.3
	Err.(%)	0.41	2.58	3.35	0.82	1.63	4.60	3.77	6.40	3.77	1.29	3.00	3.00
2 เมตร	Exp.(°C)	24.0	24.3	23.1	23.6	23.7	22.8	21.6	20.3	21.7	22.6	22.5	22.3
	Sim.(°C)	24.5	23.3	23.3	23.3	23.9	23.9	22.1	20.9	22.1	23.9	23.3	23.3
	Err.(%)	2.04	4.29	0.86	1.29	0.84	4.60	2.26	2.87	1.81	5.44	3.43	4.29
3 เมตร	Exp.(°C)	24.4	24.2	22.8	24.2	24.1	23.3	23.3	24.2	23.1	23.0	23.3	23.3
	Sim.(°C)	24.5	23.9	23.3	24.5	24.5	23.9	23.3	23.9	23.3	23.3	23.9	23.9
	Err.(%)	0.41	1.26	2.15	1.22	1.63	2.51	0.00	1.26	0.86	1.29	2.51	2.51
4 เมตร	Exp.(°C)	24.7	24.6	24.3	24.4	24.1	22.8	23.3	23.6	23.3	22.8	23.7	23.6
	Sim.(°C)	24.5	23.9	23.9	23.9	24.5	23.3	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	0.82	2.93	1.67	2.09	1.63	2.15	2.51	1.26	2.51	4.60	0.84	1.26
5 เมตร	Exp.(°C)	24.4	24.6	22.1	24.1	23.9	22.6	22.5	24.3	22.2	22.0	23.0	22.8
	Sim.(°C)	23.9	23.3	22.7	23.9	23.9	22.3	22.7	23.9	23.3	23.3	23.3	23.3
	Err.(%)	2.09	5.58	2.64	0.84	0.00	1.35	0.88	1.67	4.72	5.58	1.29	2.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

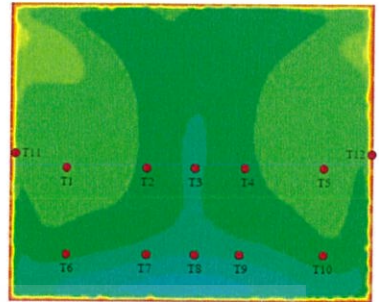
10.) ไบปรี่ระดับที่ 3 ความเร็วพัดลมที่ 2



รูปที่ 4.46 ระยะ 1 เมตร



รูปที่ 4.47 ระยะ 2 เมตร



รูปที่ 4.48 ระยะ 3 เมตร



รูปที่ 4.49 ระยะ 4 เมตร



รูปที่ 4.50 ระยะ 5 เมตร

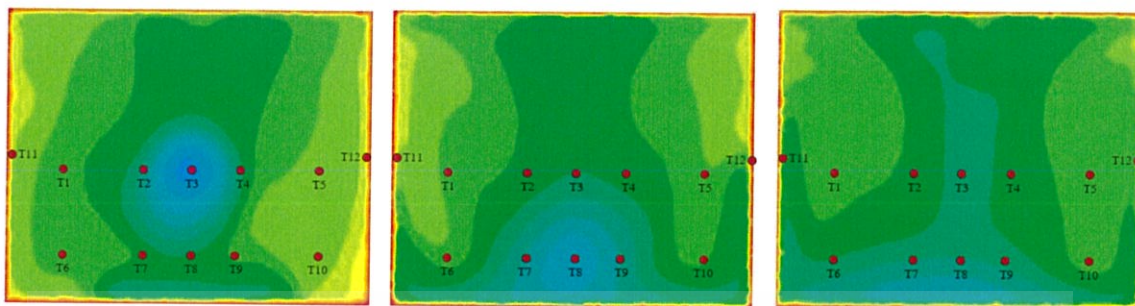


ตารางที่ 4.10 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ไบปรี่ระดับที่ 3 ความเร็วลมที่ 2

		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	24.1	23.3	24.6	24.6	23.6	23.7	23.7	23.7	20.9	19.4	23.6	23.4
	Sim.(°C)	24.5	23.3	20.9	24.5	24.5	23.9	23.9	20.3	23.9	23.3	23.3	23.3
	Err.(%)	1.63	0.00	0.00	0.41	0.41	1.26	0.84	4.43	0.84	1.72	1.29	0.43
2 เมตร	Exp.(°C)	24.5	24.7	23.9	24.5	24.3	23.4	22.6	21.2	22.2	23.3	23.2	22.8
	Sim.(°C)	24.5	23.3	23.3	23.3	23.9	23.9	22.1	20.9	22.1	23.9	23.3	23.3
	Err.(%)	0.00	6.01	2.58	5.15	1.67	2.09	2.26	1.44	0.45	2.51	0.43	2.15
3 เมตร	Exp.(°C)	24.6	24.4	21.4	24.4	24.1	23.3	22.9	24.1	22.2	22.9	22.7	22.5
	Sim.(°C)	24.5	23.9	23.3	24.5	24.5	23.9	23.3	23.9	23.3	23.3	23.9	23.9
	Err.(%)	0.41	2.09	8.15	0.41	1.63	2.51	1.72	0.84	4.72	1.72	5.02	5.86
4 เมตร	Exp.(°C)	24.7	25.1	24.7	24.9	23.6	23.4	23.7	23.6	23.8	23.6	24.1	23.8
	Sim.(°C)	24.5	23.9	23.9	23.9	24.5	23.3	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	0.82	5.02	3.35	4.18	3.67	0.43	0.84	1.26	0.42	1.26	0.84	0.42
5 เมตร	Exp.(°C)	24.6	25.4	24.4	24.6	24.1	23.5	23.5	23.6	23.7	23.4	24.1	23.9
	Sim.(°C)	23.9	23.9	23.5	23.9	23.9	23.3	22.7	23.9	23.3	23.3	23.3	23.3
	Err.(%)	2.93	6.28	3.83	2.93	0.84	0.86	3.52	1.26	1.72	0.43	3.43	2.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

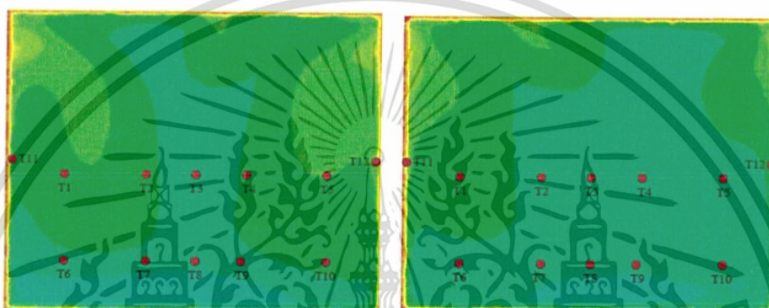
## 11.) ใบปรับระดับที่ 3 ความเร็วพัดลมที่ 3



รูปที่ 4.51 ระยะ 1 เมตร

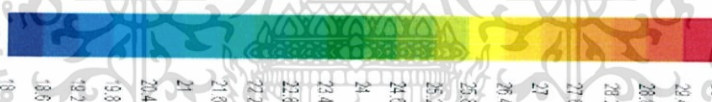
รูปที่ 4.52 ระยะ 2 เมตร

รูปที่ 4.53 ระยะ 3 เมตร



รูปที่ 4.54 ระยะ 4 เมตร

รูปที่ 4.55 ระยะ 5 เมตร

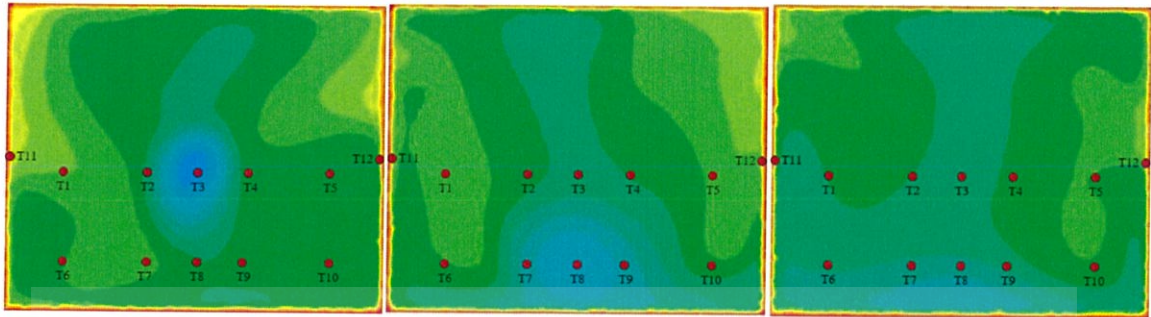


ตารางที่ 4.11 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ใบปรับระดับที่ 3 ความเร็วลมที่ 3

		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	24.6	22.5	24.6	24.5	24.1	24.3	24.4	24.1	23.3	21.9	24.3	23.9
	Sim.(°C)	24.5	22.7	22.1	23.3	24.5	24.5	24.5	23.3	23.9	23.9	24.5	24.5
	Err.(%)	0.41	0.88	5.43	5.58	0.00	1.63	0.82	6.01	2.09	0.84	0.82	2.45
2 เมตร	Exp.(°C)	25.6	25.5	24.9	25.6	25.2	24.8	24.0	23.0	23.8	25.1	24.7	24.3
	Sim.(°C)	24.5	23.9	23.9	23.9	24.5	24.5	22.7	21.5	22.1	24.5	24.5	23.9
	Err.(%)	4.49	6.69	4.18	7.11	2.86	1.22	5.73	6.98	7.69	2.45	0.82	1.67
3 เมตร	Exp.(°C)	25.2	25.1	21.6	25.1	24.5	23.7	23.3	24.6	22.5	23.6	23.4	23.3
	Sim.(°C)	24.5	23.9	22.7	23.9	24.5	23.9	23.9	23.9	22.7	23.9	23.9	23.3
	Err.(%)	2.86	5.02	4.85	5.02	0.00	0.84	2.51	2.93	0.88	1.26	2.09	0.00
4 เมตร	Exp.(°C)	24.9	25.6	25.1	25.2	24.4	24.2	24.3	24.3	24.2	24.3	24.9	24.6
	Sim.(°C)	24.2	23.9	23.9	23.9	24.5	23.9	23.3	23.3	23.3	23.9	23.9	23.5
	Err.(%)	2.89	7.11	5.02	5.44	0.41	1.26	4.29	4.29	3.86	1.67	4.18	4.68
5 เมตร	Exp.(°C)	24.8	25.5	24.4	24.7	24.1	23.6	23.7	23.8	23.8	23.5	24.3	23.9
	Sim.(°C)	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	22.7	22.7	22.7	22.7	22.7	23.9	23.3
	Err.(%)	3.77	6.69	2.09	3.35	0.84	3.96	4.41	4.85	4.85	3.52	1.67	2.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

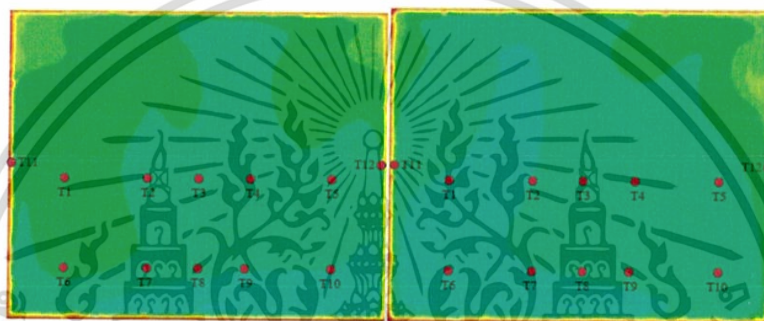
12.) ใบปรับระดับที่ 3 ความเร็วพัดลมที่ 4



รูปที่ 4.56 ระยะ 1 เมตร

รูปที่ 4.57 ระยะ 2 เมตร

รูปที่ 4.58 ระยะ 3 เมตร



รูปที่ 4.59 ระยะ 4 เมตร

รูปที่ 4.60 ระยะ 5 เมตร



ตารางที่ 4.12 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ใบปรับระดับที่ 3 ความเร็วลมที่ 4

		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	24.8	23.2	24.4	24.8	24.5	24.4	24.5	24.4	24.4	22.4	24.6	24.3
	Sim.(°C)	24.5	23.3	23.3	23.3	23.9	23.9	24.5	20.3	23.9	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	1.22	0.43	4.72	4.72	3.77	2.51	0.41	10.34	2.51	2.09	2.93	1.67
2 เมตร	Exp.(°C)	25.3	25.1	24.1	25.1	25.2	24.6	24.5	23.7	24.6	24.9	24.9	24.4
	Sim.(°C)	24.5	23.9	23.3	23.9	24.5	23.9	23.9	22.2	23.9	23.9	24.5	24.5
	Err.(%)	3.27	5.02	3.43	5.02	2.86	2.93	2.51	6.76	2.93	4.18	1.63	0.41
3 เมตร	Exp.(°C)	25.2	25.2	22.0	25.2	24.6	24.1	23.4	24.9	22.6	24.1	24.1	23.9
	Sim.(°C)	24.5	23.9	22.7	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.3	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	2.86	5.44	3.08	5.44	2.93	0.84	2.09	4.18	3.00	0.84	0.84	0.00
4 เมตร	Exp.(°C)	25.0	25.4	24.9	24.8	24.3	24.0	24.1	24.1	23.9	24.1	25.0	24.6
	Sim.(°C)	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	24.5	23.9
	Err.(%)	4.60	6.28	4.18	3.77	1.67	0.42	0.84	0.84	0.00	0.84	2.04	2.93
5 เมตร	Exp.(°C)	25.0	25.2	24.4	24.7	24.3	23.9	23.9	24.2	24.1	23.8	24.7	24.5
	Sim.(°C)	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.9	23.9
	Err.(%)	4.60	5.44	2.09	3.35	1.67	2.58	2.58	3.86	3.43	2.15	3.35	2.51

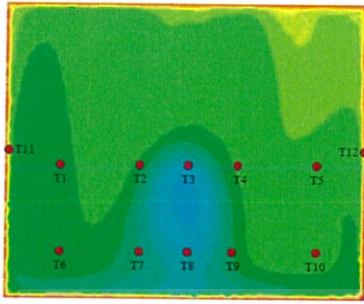
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการทดลองที่ใบปรับระดับ 3 ความเร็วลมตั้งแต่ 1-4 พบว่าลมเย็นจากเครื่องปรับอากาศ จะค่อยๆลดระดับความสูงลงในช่วงประมาณ 1-2 เมตรจากเครื่องปรับอากาศ และมีการกระจายตัวของ อุณหภูมิเกาะกลุ่มกันบริเวณพื้นในช่วงระยะใกล้กับเครื่องปรับอากาศ ซึ่งจะเห็นได้ชัดเมื่อความเร็วอากาศ มีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่อากาศภายในห้องจะมีการกระจายตัวของอุณหภูมิในช่วงระยะ 4-5 เมตรจาก เครื่องปรับอากาศ และจะกระจายตัวยิ่งขึ้นเมื่อความเร็วลมสูงขึ้น สังเกตได้จากชั้นระดับสีของอุณหภูมิตั้งแสดงในภาพ

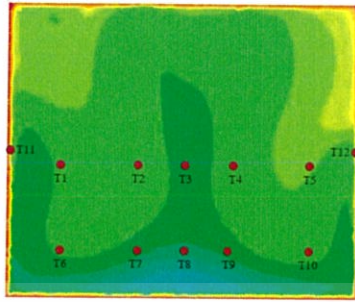


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

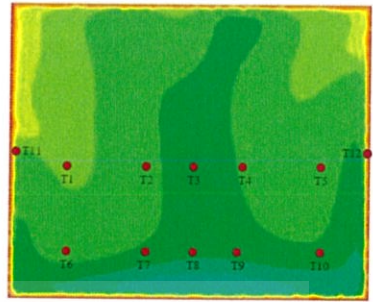
13.) ใบปรับระดับที่ 4 ความเร็วพัดลมที่ 1



รูปที่ 4.61 ระยะ 1 เมตร



รูปที่ 4.62 ระยะ 2 เมตร



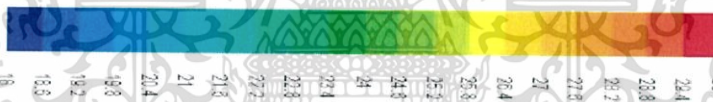
รูปที่ 4.63 ระยะ 3 เมตร



รูปที่ 4.64 ระยะ 4 เมตร



รูปที่ 4.65 ระยะ 5 เมตร

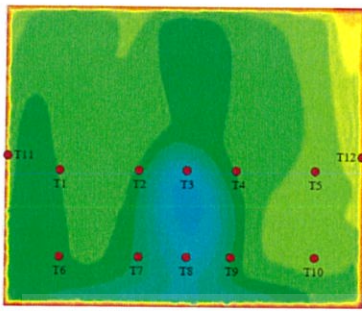


ตารางที่ 4.13 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ใบปรับระดับที่ 4 ความเร็วลมที่ 1

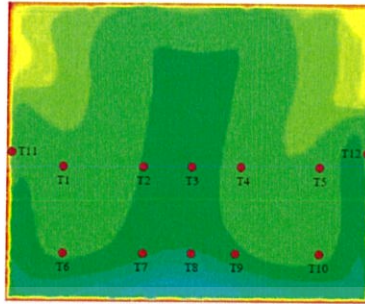
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	24.4	22.0	24.0	24.0	23.2	23.4	23.4	23.3	22.9	18.5	23.0	23.1
	Sim.(°C)	24.0	24.0	22.2	24.0	24.6	23.4	22.8	21.0	23.4	24.0	23.4	24.0
	Err.(%)	1.79	8.22	3.34	0.13	2.32	0.73	2.81	11.74	0.13	2.80	1.58	3.63
2 เมตร	Exp.(°C)	24.1	24.1	23.1	23.6	23.6	22.7	22.1	20.5	22.0	22.4	22.3	22.3
	Sim.(°C)	24.6	24.6	23.4	24.0	24.6	24.0	23.4	22.8	23.4	24.0	23.4	24.0
	Err.(%)	1.91	1.91	1.16	1.54	3.95	5.30	5.43	9.93	5.86	6.55	4.58	6.97
3 เมตร	Exp.(°C)	24.3	24.4	22.7	24.4	24.0	23.0	23.0	24.1	23.1	22.6	22.6	22.9
	Sim.(°C)	24.6	24.6	23.4	24.6	24.6	23.4	23.4	24.0	23.4	24.0	23.4	24.0
	Err.(%)	1.10	0.69	2.83	0.69	2.32	1.54	1.54	0.54	1.11	5.72	3.25	4.46
4 เมตร	Exp.(°C)	24.7	24.7	24.4	24.4	23.9	22.6	23.2	23.6	23.3	22.6	23.6	23.6
	Sim.(°C)	24.6	24.0	24.0	24.0	24.0	23.4	23.4	23.4	23.4	24.0	23.4	24.0
	Err.(%)	0.53	3.05	1.79	1.79	0.29	3.25	0.68	1.03	0.26	5.72	1.03	1.54
5 เมตร	Exp.(°C)	24.6	24.6	24.1	24.3	23.8	22.5	22.8	23.1	22.7	22.2	23.4	23.1
	Sim.(°C)	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	23.4	22.8	23.4	23.4	23.4	23.4	24.0
	Err.(%)	2.63	2.63	0.54	1.38	0.71	3.72	0.18	1.16	2.87	5.01	0.13	3.63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

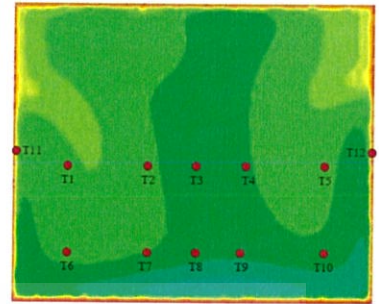
14.) ใบปรับระดับที่ 4 ความเร็วพัดลมที่ 2



รูปที่ 4.66 ระยะ 1 เมตร



รูปที่ 4.67 ระยะ 2 เมตร



รูปที่ 4.68 ระยะ 3 เมตร



รูปที่ 4.69 ระยะ 4 เมตร



รูปที่ 4.70 ระยะ 5 เมตร

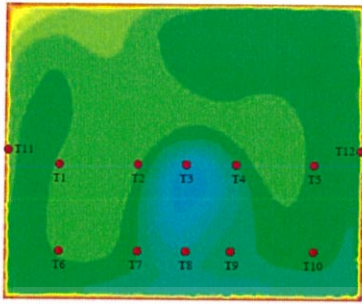


ตารางที่ 4.14 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ใบปรับระดับที่ 4 ความเร็วลมที่ 2

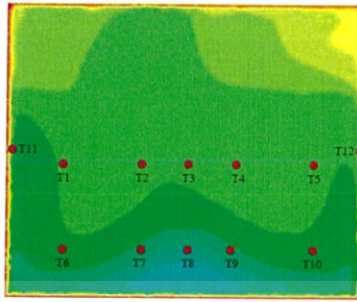
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	24.1	20.8	24.1	24.3	23.4	23.5	23.4	23.3	23.3	18.5	23.1	23.3
	Sim.(°C)	24.6	24.0	22.2	24.0	24.6	24.0	23.4	21.5	23.4	24.6	25.2	23.9
	Err.(%)	1.87	9.02	5.19	0.58	1.06	2.34	0.64	9.47	0.21	5.13	4.21	0.50
2 เมตร	Exp.(°C)	24.3	24.5	23.8	24.3	24.1	23.2	22.6	20.7	22.0	23.0	22.8	22.6
	Sim.(°C)	24.6	24.0	24.0	24.6	24.6	24.6	24.0	23.4	24.0	24.6	24.0	24.0
	Err.(%)	1.06	2.25	0.67	1.06	1.87	5.54	5.68	11.35	8.18	6.35	4.84	5.68
3 เมตร	Exp.(°C)	24.7	24.3	22.5	24.3	24.0	23.3	23.3	23.9	23.3	23.0	22.6	22.5
	Sim.(°C)	24.6	24.6	24.0	24.0	24.6	24.6	24.6	24.0	24.0	24.0	23.3	23.3
	Err.(%)	0.57	1.06	6.09	1.42	2.28	5.13	5.13	0.25	2.75	4.01	2.96	3.39
4 เมตร	Exp.(°C)	24.7	25.2	25.0	24.8	23.8	23.3	23.6	23.6	23.8	23.6	24.1	23.9
	Sim.(°C)	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	23.3	23.3	23.3	24.0	24.0	24.6	24.0
	Err.(%)	0.57	2.61	1.79	0.98	3.09	0.04	1.33	1.33	0.67	1.50	1.87	0.25
5 เมตร	Exp.(°C)	24.8	25.4	24.5	24.6	24.5	23.3	23.4	23.5	23.3	23.0	23.8	23.6
	Sim.(°C)	24.0	23.4	24.0	24.0	24.0	23.4	23.4	24.0	24.0	24.0	24.0	24.6
	Err.(%)	3.51	8.78	2.25	2.67	2.25	0.21	0.21	1.92	2.75	4.01	0.67	3.91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

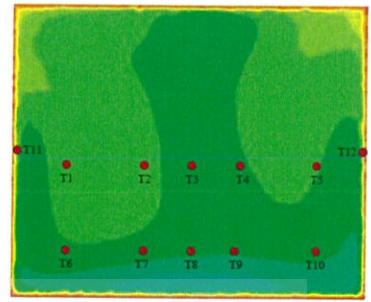
15.) ใบปรับระดับที่ 4 ความเร็วพัดลมที่ 3



รูปที่ 4.71 ระยะ 1 เมตร



รูปที่ 4.72 ระยะ 2 เมตร



รูปที่ 4.73 ระยะ 3 เมตร



รูปที่ 4.74 ระยะ 4 เมตร



รูปที่ 4.75 ระยะ 5 เมตร

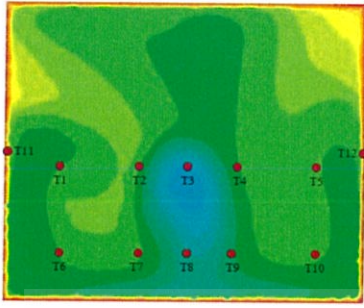


ตารางที่ 4.15 ค่าอุณหภูมิระหว่างกรทดลองและแบบจำลองที่ใบปรับระดับที่ 4 ความเร็วลมที่ 3

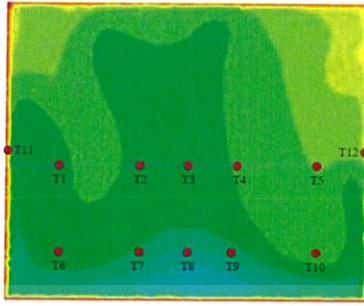
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	24.7	22.3	24.7	24.6	24.3	24.3	24.4	24.3	24.1	20.8	23.9	23.9
	Sim.(°C)	24.5	24.5	21.5	23.3	23.9	24.5	23.3	22.1	23.3	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	0.65	9.13	12.09	5.92	2.80	0.98	4.20	5.92	4.63	1.55	0.13	0.13
2 เมตร	Exp.(°C)	24.7	25.0	24.6	24.9	24.7	23.9	23.0	21.3	22.5	23.9	23.4	23.3
	Sim.(°C)	24.5	24.5	23.9	24.5	24.5	24.5	23.9	22.7	23.3	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	0.69	1.92	2.84	1.51	0.69	2.57	3.85	6.17	3.47	0.08	2.17	2.59
3 เมตร	Exp.(°C)	25.1	24.6	22.8	24.6	24.3	23.9	23.8	24.4	23.4	23.5	23.2	23.0
	Sim.(°C)	24.5	24.5	23.9	23.9	24.5	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	2.45	0.41	4.64	2.89	0.90	0.00	0.42	2.09	2.09	1.67	2.97	3.81
4 เมตร	Exp.(°C)	24.8	25.5	25.1	25.1	23.8	23.6	24.0	24.1	24.1	24.0	24.2	24.2
	Sim.(°C)	24.5	23.9	23.9	23.9	24.5	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	1.10	6.61	4.93	4.93	2.98	1.34	0.33	0.75	0.75	0.33	1.17	1.21
5 เมตร	Exp.(°C)	24.6	25.2	24.2	24.6	24.3	23.6	23.7	23.8	23.6	23.5	24.3	24.1
	Sim.(°C)	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
	Err.(%)	2.71	5.22	1.04	2.71	1.46	1.46	1.04	0.63	1.46	1.88	1.46	0.63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

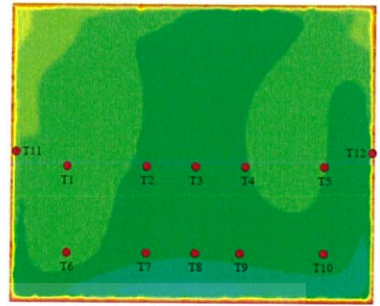
16.) ใบปรีระดับที่ 4 ความเร็วพัดลมที่ 4



รูปที่ 4.76 ระยะ 1 เมตร



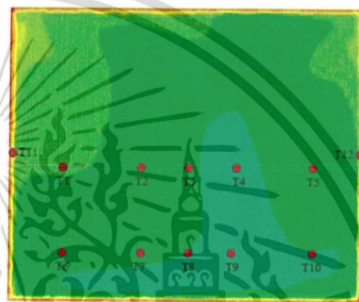
รูปที่ 4.77 ระยะ 2 เมตร



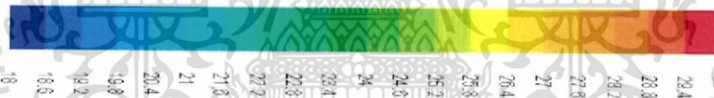
รูปที่ 4.78 ระยะ 3 เมตร



รูปที่ 4.79 ระยะ 4 เมตร



รูปที่ 4.80 ระยะ 5 เมตร



ตารางที่ 4.16 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ใบปรีระดับที่ 4 ความเร็วลมที่ 4

		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	24.7	22.2	25.1	24.6	24.6	24.7	24.6	24.5	24.5	20.7	24.3	24.1
	Sim.(°C)	23.9	23.9	21.5	23.9	24.5	24.5	24.5	22.7	23.3	24.5	24.5	23.9
	Err.(%)	3.26	7.19	14.01	4.93	0.29	0.29	0.69	8.85	5.49	0.12	0.94	0.75
2 เมตร	Exp.(°C)	25.1	25.2	24.7	25.1	24.9	24.4	23.7	22.8	23.4	24.4	24.1	23.9
	Sim.(°C)	23.9	23.9	23.9	23.9	24.5	23.9	23.9	23.3	23.3	24.5	24.5	23.9
	Err.(%)	4.89	5.31	3.22	4.89	1.51	1.96	0.96	2.23	0.34	0.53	1.75	0.08
3 เมตร	Exp.(°C)	25.2	24.6	23.2	24.6	24.3	24.0	24.0	24.5	23.8	24.0	23.6	23.4
	Sim.(°C)	24.5	23.9	23.9	23.9	24.5	24.5	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	2.90	3.02	2.85	3.02	0.78	2.00	0.50	2.60	0.34	0.50	1.17	2.01
4 เมตร	Exp.(°C)	24.9	25.5	25.1	24.9	24.1	24.1	24.3	24.4	24.4	24.4	24.8	24.7
	Sim.(°C)	24.5	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	1.59	6.69	5.02	4.18	0.84	0.84	1.67	2.09	2.09	2.09	3.77	3.35
5 เมตร	Exp.(°C)	25.1	25.1	24.2	24.7	24.4	23.9	24.0	24.0	23.9	23.8	24.5	24.3
	Sim.(°C)	23.9	23.9	23.3	23.3	23.9	23.9	23.9	23.3	23.3	23.3	23.9	23.9
	Err.(%)	5.02	5.02	3.86	6.01	2.09	0.00	0.42	3.00	2.58	2.15	2.51	1.67

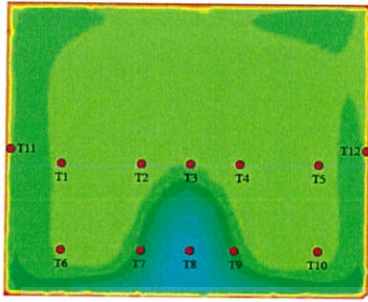
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการทดลองที่ใบปรับระดับ 4 ความเร็วลมตั้งแต่ 1-4 พบว่าลมเย็นจากเครื่องปรับอากาศ จะค่อยๆลดระดับความสูงลงในช่วงประมาณ 1 เมตรจากเครื่องปรับอากาศ และมีการกระจายตัวของ อุณหภูมิเกาะกลุ่มกันบริเวณพื้นที่ในระดับใกล้เคียงกันในช่วงระยะใกล้กับเครื่องปรับอากาศ โดยเกิดขึ้นใน ทุกช่วงความเร็วลม รวมทั้งมีการกระจายตัวของอุณหภูมิที่น้อยมาก สังเกตได้จากชั้นระดับสีของอุณหภูมิ ดังแสดงในภาพ

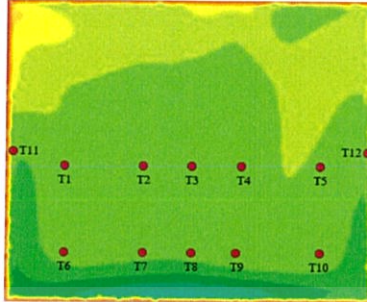


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

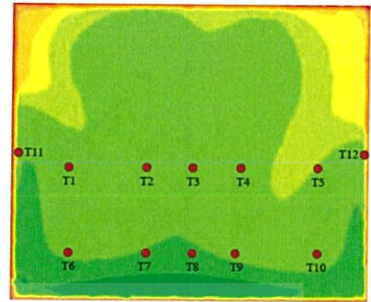
17.) ใบปรับระดับที่ 5 ความเร็วพัดลมที่ 1



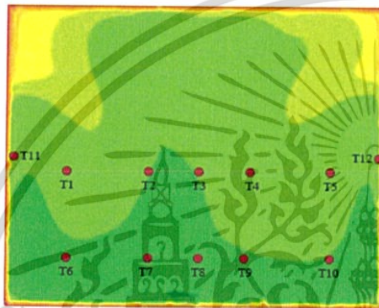
รูปที่ 4.81 ระยะ 1 เมตร



รูปที่ 4.82 ระยะ 2 เมตร



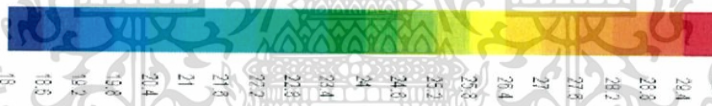
รูปที่ 4.83 ระยะ 3 เมตร



รูปที่ 4.84 ระยะ 4 เมตร



รูปที่ 4.85 ระยะ 5 เมตร

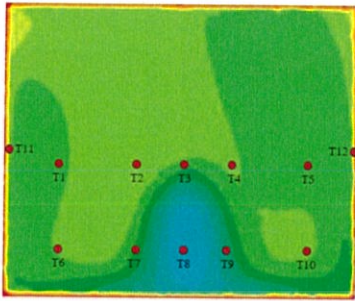


ตารางที่ 4.17 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ใบปรับระดับที่ 5 ความเร็วลมที่ 1

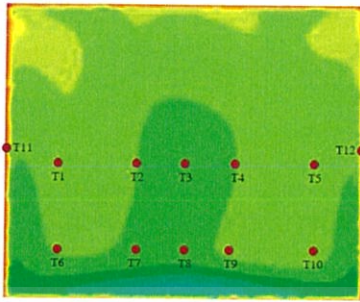
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	24.7	24.7	24.7	24.3	22.4	21.6	21.1	22.3	20.2	22.5	22.8	22.8
	Sim.(°C)	24.5	24.5	20.9	24.5	24.5	23.3	21.5	21.5	21.5	23.3	23.9	23.9
	Err.(%)	0.82	0.82	3.35	0.82	0.82	3.86	0.47	4.65	1.86	4.29	4.60	4.60
2 เมตร	Exp.(°C)	24.2	24.3	23.6	23.8	23.6	22.0	22.6	22.5	22.6	22.4	22.6	22.8
	Sim.(°C)	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	23.1	23.1	23.1	23.1	23.1	23.9	23.9
	Err.(%)	1.22	0.82	3.67	2.86	3.67	4.76	2.16	2.60	2.16	3.03	5.44	4.60
3 เมตร	Exp.(°C)	24.6	24.4	22.7	24.4	24.0	23.0	23.0	24.0	23.2	22.7	22.6	22.6
	Sim.(°C)	24.5	24.5	23.9	24.5	24.5	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	0.41	0.41	5.02	0.41	2.04	3.77	3.77	0.42	2.93	5.02	5.44	5.44
4 เมตร	Exp.(°C)	24.6	24.9	24.4	24.4	24.1	22.6	23.1	23.6	23.3	22.6	23.6	23.6
	Sim.(°C)	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	0.41	1.63	0.41	0.41	1.63	5.44	3.35	1.26	2.51	5.44	1.26	1.26
5 เมตร	Exp.(°C)	24.4	24.4	24.1	24.3	24.1	22.6	22.9	23.1	22.6	22.3	23.3	23.1
	Sim.(°C)	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	0.41	0.41	1.63	0.82	1.63	5.44	4.18	3.35	5.44	6.69	2.51	3.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

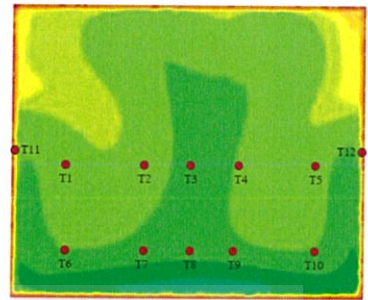
18.) ใบปรับระดับที่ 5 ความเร็วพัดลมที่ 2



รูปที่ 4.86 ระยะ 1 เมตร



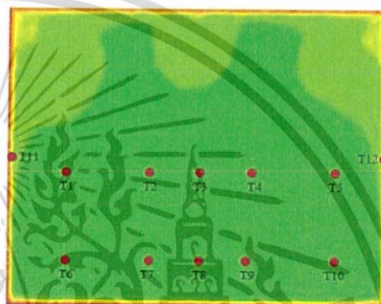
รูปที่ 4.87 ระยะ 2 เมตร



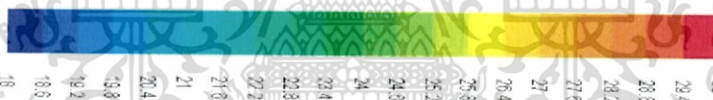
รูปที่ 4.88 ระยะ 3 เมตร



รูปที่ 4.89 ระยะ 4 เมตร



รูปที่ 4.90 ระยะ 5 เมตร

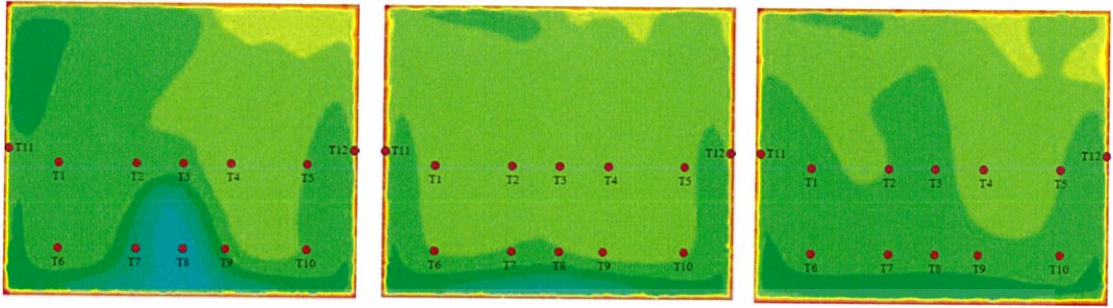


ตารางที่ 4.18 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ใบปรับระดับที่ 5 ความเร็วลมที่ 2

		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	24.6	24.9	24.4	23.6	23.3	23.3	22.6	23.4	21.7	21.0	23.3	22.8
	Sim.(°C)	24.5	24.5	21.5	24.5	24.5	23.9	23.9	20.9	22.7	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	0.41	1.63	0.93	0.41	3.67	2.51	2.51	0.48	0.44	2.09	2.51	4.60
2 เมตร	Exp.(°C)	24.4	24.4	23.6	24.1	24.1	23.3	22.8	21.5	22.5	23.1	22.6	22.6
	Sim.(°C)	24.5	24.5	23.9	24.5	24.5	23.9	23.9	22.7	23.9	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	0.41	0.41	1.26	1.63	1.63	2.51	4.60	5.29	5.86	3.35	5.44	5.44
3 เมตร	Exp.(°C)	24.9	24.6	22.9	24.6	24.3	23.6	23.7	24.1	23.7	23.3	23.1	22.9
	Sim.(°C)	24.5	24.5	23.9	24.5	24.5	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	1.63	0.41	4.18	0.41	0.82	1.26	0.84	0.84	0.84	2.51	3.35	4.18
4 เมตร	Exp.(°C)	24.6	25.2	24.7	24.6	23.9	23.3	23.7	23.8	23.5	23.3	24.0	23.8
	Sim.(°C)	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	0.41	2.86	0.82	0.41	2.45	2.51	0.84	0.42	1.67	2.51	0.42	0.42
5 เมตร	Exp.(°C)	24.4	25.1	24.4	24.7	24.3	23.3	23.3	23.3	23.0	22.6	23.6	23.4
	Sim.(°C)	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	0.41	2.45	0.41	0.82	0.82	2.51	2.51	2.51	3.77	5.44	1.26	2.09

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

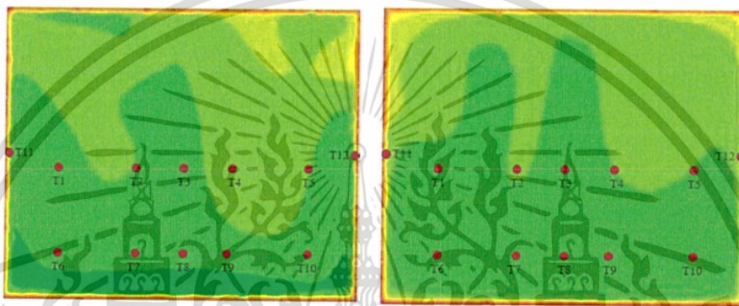
19.) ใบปรับระดับที่ 5 ความเร็วพัดลมที่ 3



รูปที่ 4.91 ระยะ 1 เมตร

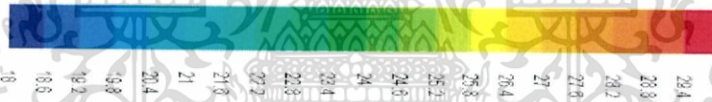
รูปที่ 4.92 ระยะ 2 เมตร

รูปที่ 4.93 ระยะ 3 เมตร



รูปที่ 4.94 ระยะ 4 เมตร

รูปที่ 4.95 ระยะ 5 เมตร

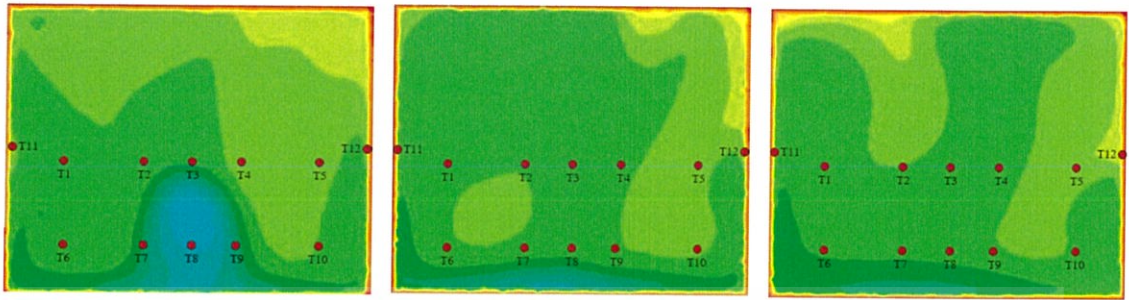


ตารางที่ 4.19 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและ แบบจำลองที่ใบปรับระดับที่ 5 ความเร็วลมที่ 3

		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	24.3	24.7	24.4	24.0	23.9	24.0	23.7	24.0	23.0	21.9	23.6	23.5
	Sim.(°C)	24.5	24.5	23.9	24.5	24.5	23.9	23.9	22.1	23.9	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	0.82	0.82	3.77	0.41	2.04	0.00	0.42	0.90	0.84	0.42	1.26	1.67
2 เมตร	Exp.(°C)	24.6	24.6	24.0	24.5	24.3	23.8	23.3	21.6	22.4	23.4	23.1	23.0
	Sim.(°C)	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	23.9	23.9	22.7	22.7	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	0.41	0.41	2.04	0.00	0.82	0.42	2.51	4.85	1.32	2.09	3.35	3.77
3 เมตร	Exp.(°C)	25.0	24.5	23.1	24.5	24.4	24.1	24.0	24.0	23.9	23.9	23.3	23.1
	Sim.(°C)	25.1	24.5	23.9	24.5	24.5	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	0.40	0.00	3.35	0.00	0.41	0.84	0.42	0.42	0.00	0.00	2.51	3.35
4 เมตร	Exp.(°C)	25.0	25.4	25.1	24.7	24.3	24.1	24.3	24.4	24.1	23.9	24.7	24.7
	Sim.(°C)	25.1	25.1	25.1	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	23.9	23.9	24.5	24.5
	Err.(%)	0.40	1.20	0.00	0.82	0.82	1.63	0.82	0.41	0.84	0.00	0.82	0.82
5 เมตร	Exp.(°C)	24.4	25.2	24.6	24.7	24.4	23.4	23.5	23.6	23.3	23.1	24.0	23.9
	Sim.(°C)	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	0.41	2.86	0.41	0.82	0.41	2.09	1.67	1.26	2.51	3.35	0.42	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

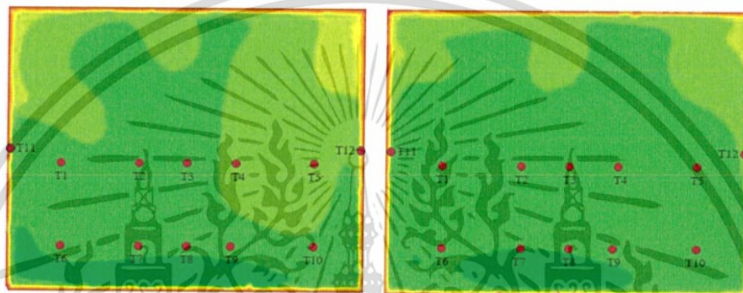
20.) ใบปรับระดับที่ 5 ความเร็วพัดลมที่ 4



รูปที่ 4.96 ระยะ 1 เมตร

รูปที่ 4.97 ระยะ 2 เมตร

รูปที่ 4.98 ระยะ 3 เมตร



รูปที่ 4.99 ระยะ 4 เมตร

รูปที่ 4.100 ระยะ 5 เมตร



ตารางที่ 4.20 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ใบปรับระดับที่ 5 ความเร็วลมที่ 4

		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	25.1	24.7	24.6	24.5	24.6	24.5	24.3	24.7	23.7	23.5	24.3	24.1
	Sim.(°C)	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	23.9	23.9	23.3	23.9	23.9	24.5	24.5
	Err.(%)	2.45	0.82	3.27	0.41	0.00	2.93	2.51	0.86	1.67	3.35	0.82	1.63
2 เมตร	Exp.(°C)	24.7	24.6	24.3	24.6	24.6	24.2	23.6	23.0	23.5	24.0	24.0	23.8
	Sim.(°C)	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	23.9	23.5	23.9	23.9	24.5	24.5
	Err.(%)	0.82	0.41	0.82	0.41	0.41	1.22	1.26	2.13	1.67	0.42	2.04	2.86
3 เมตร	Exp.(°C)	24.9	24.6	23.5	24.6	24.6	24.4	24.3	24.2	24.2	24.0	23.6	23.4
	Sim.(°C)	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	23.9	23.9
	Err.(%)	1.63	0.41	4.08	0.41	0.41	0.41	0.82	1.22	1.22	2.04	1.26	2.09
4 เมตร	Exp.(°C)	25.1	25.2	24.9	25.1	24.9	24.6	24.9	25.2	24.8	24.6	25.1	25.4
	Sim.(°C)	25.1	24.5	24.5	24.5	25.1	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	25.1	25.1
	Err.(%)	0.00	2.86	1.63	2.45	0.80	0.41	1.63	2.86	1.22	0.41	0.00	1.20
5 เมตร	Exp.(°C)	24.6	25.2	24.6	24.7	24.6	23.8	23.9	24.1	23.8	23.4	24.6	24.4
	Sim.(°C)	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	24.5	24.5
	Err.(%)	0.41	2.86	0.41	0.82	0.41	0.42	0.00	0.84	0.42	2.09	0.41	0.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการทดลองที่ใบประดับระดับ 5 ความเร็วลมตั้งแต่ 1-4 พบว่าลมเย็นจากเครื่องปรับอากาศ จะลดระดับความสูงอย่างรวดเร็วลงในช่วงก่อน 1 เมตรจากเครื่องปรับอากาศ และมีการกระจายตัวของ อุณหภูมิเกาะกลุ่มกันที่ในระดับใกล้เคียงกับบริเวณพื้นในช่วงระยะใกล้กับเครื่องปรับอากาศช่วงประมาณ 1-2 เมตร โดยเกิดขึ้นในทุกช่วงความเร็วลม รวมทั้งมีการกระจายตัวของอุณหภูมิที่แคบมากจนอุณหภูมิ เปลี่ยนแปลงไปน้อยมาก สังเกตได้จากชั้นระดับสีของอุณหภูมิดังแสดงในภาพ

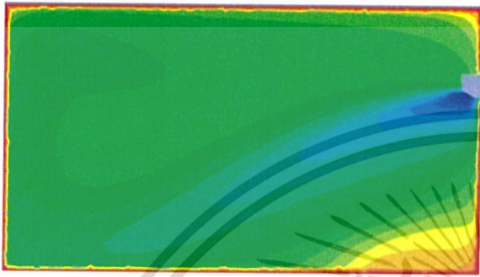


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.2 ผลการทดลองของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา

เนื่องจากอุณหภูมิระหว่างการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา จึงได้ทำการสร้างแบบจำลองเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป

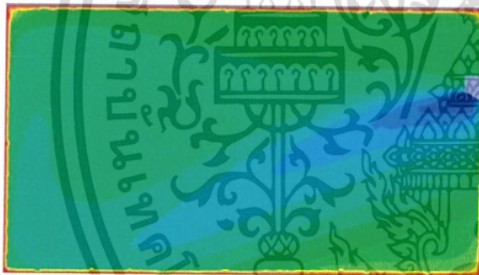
1.) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ใบปรับระดับ 1 ความเร็วลมที่ 1 ตั้งแต่ระยะเวลา 5-30 นาที ดังแสดงในรูปที่ 4.101-4.104



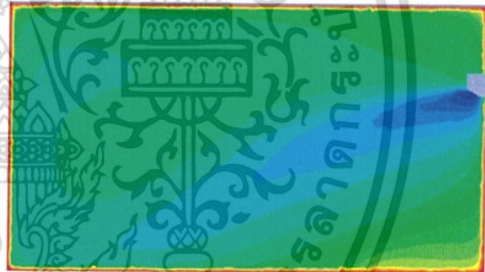
รูปที่ 4.101 แสดงอุณหภูมิที่ใบปรับระดับ 1 ความเร็วลมที่ 1 ที่ระยะเวลา 5 นาที



รูปที่ 4.102 แสดงอุณหภูมิที่ใบปรับระดับ 1 ความเร็วลมที่ 1 ที่ระยะเวลา 10 นาที

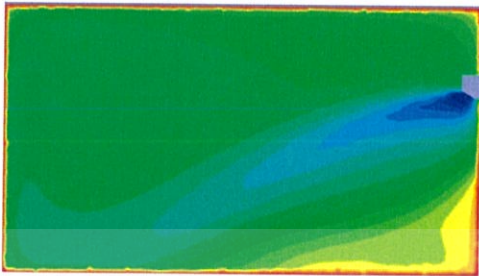


รูปที่ 4.103 แสดงอุณหภูมิที่ใบปรับระดับ 1 ความเร็วลมที่ 1 ที่ระยะเวลา 20 นาที

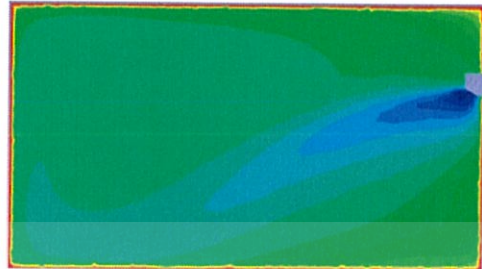


รูปที่ 4.104 แสดงอุณหภูมิที่ใบปรับระดับ 1 ความเร็วลมที่ 1 ที่ระยะเวลา 30 นาที

2.) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ใบปรับระดับ 1 ความเร็วลมที่ 3 ตั้งแต่ระยะเวลา 5-30 นาที ดังแสดงในรูปที่ 4.105-4.108



รูปที่ 4.105 แสดงอุณหภูมิที่ใบปรับระดับ1  
ความเร็วลมที่ 3 ที่ระยะเวลา 5 นาที



รูปที่ 4.106 แสดงอุณหภูมิที่ใบปรับระดับ1  
ความเร็วลมที่ 3 ที่ระยะเวลา 10 นาที



รูปที่ 4.107 แสดงอุณหภูมิที่ใบปรับระดับ1  
ความเร็วลมที่ 3 ที่ระยะเวลา 20 นาที



รูปที่ 4.108 แสดงอุณหภูมิที่ใบปรับระดับ1  
ความเร็วลมที่ 1 ที่ระยะเวลา 30 นาที

จากผลการสร้างแบบจำลองจะพบว่าเมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น ที่ระยะเวลาเดียวกัน การกระจายตัวของอุณหภูมิจะสามารถกระจายตัวได้ดีกว่าความเร็วลมต่ำๆ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองข้างต้น

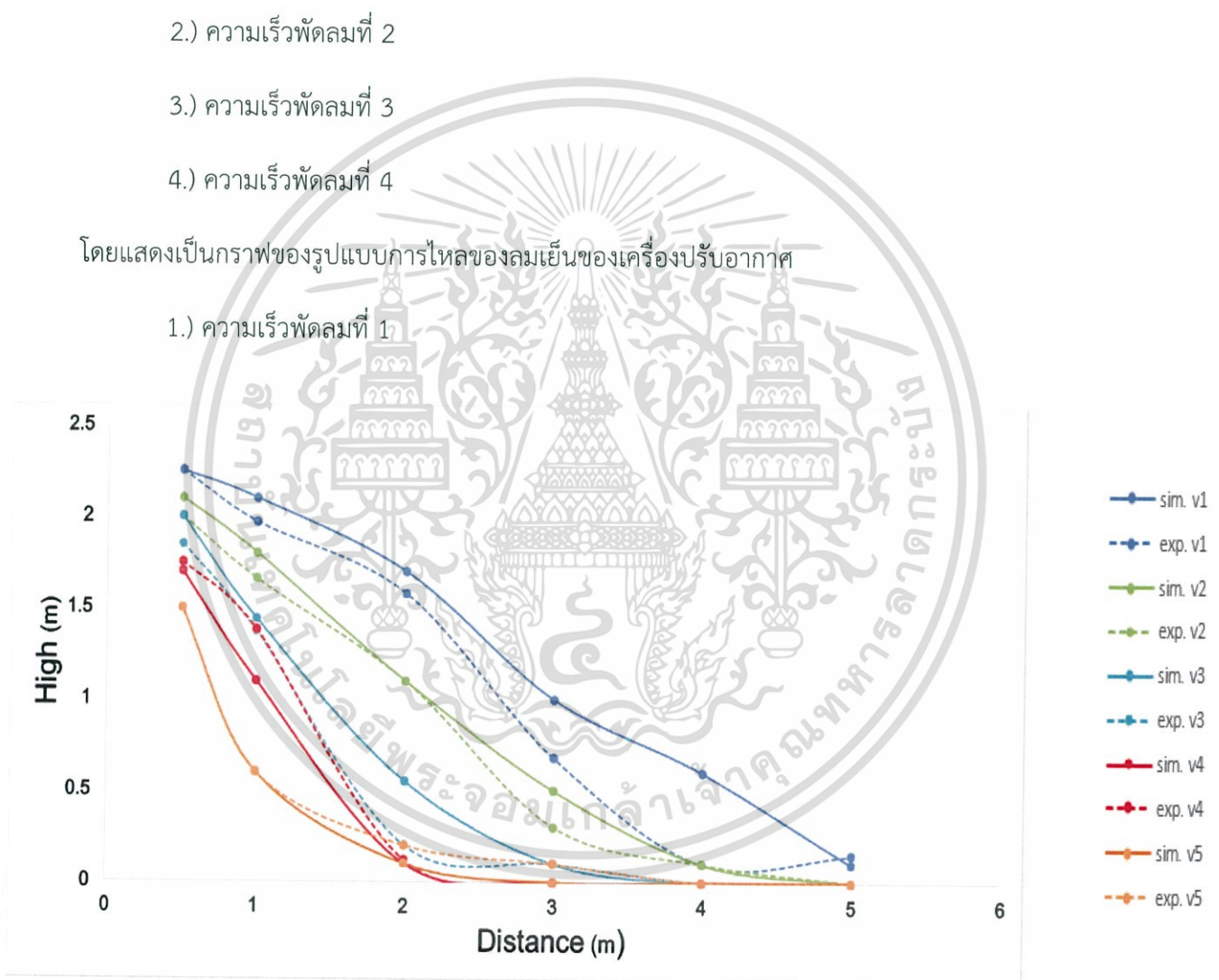
## 4.2 ผลของรูปแบบการไหลของลมเย็น

ทางผู้จัดทำได้ทำการเปรียบเทียบรูปแบบการไหลของลมเย็นที่ออกจากเครื่องปรับอากาศ โดยเปรียบเทียบระหว่างการวัดค่าความเร็วลมจากการทดลองกับการคำนวณทางคณิตศาสตร์ของการสร้างแบบจำลองโดยแบ่งเป็น 4 กรณีดังนี้

- 1.) ความเร็วพัดลมที่ 1
- 2.) ความเร็วพัดลมที่ 2
- 3.) ความเร็วพัดลมที่ 3
- 4.) ความเร็วพัดลมที่ 4

โดยแสดงเป็นกราฟของรูปแบบการไหลของลมเย็นของเครื่องปรับอากาศ

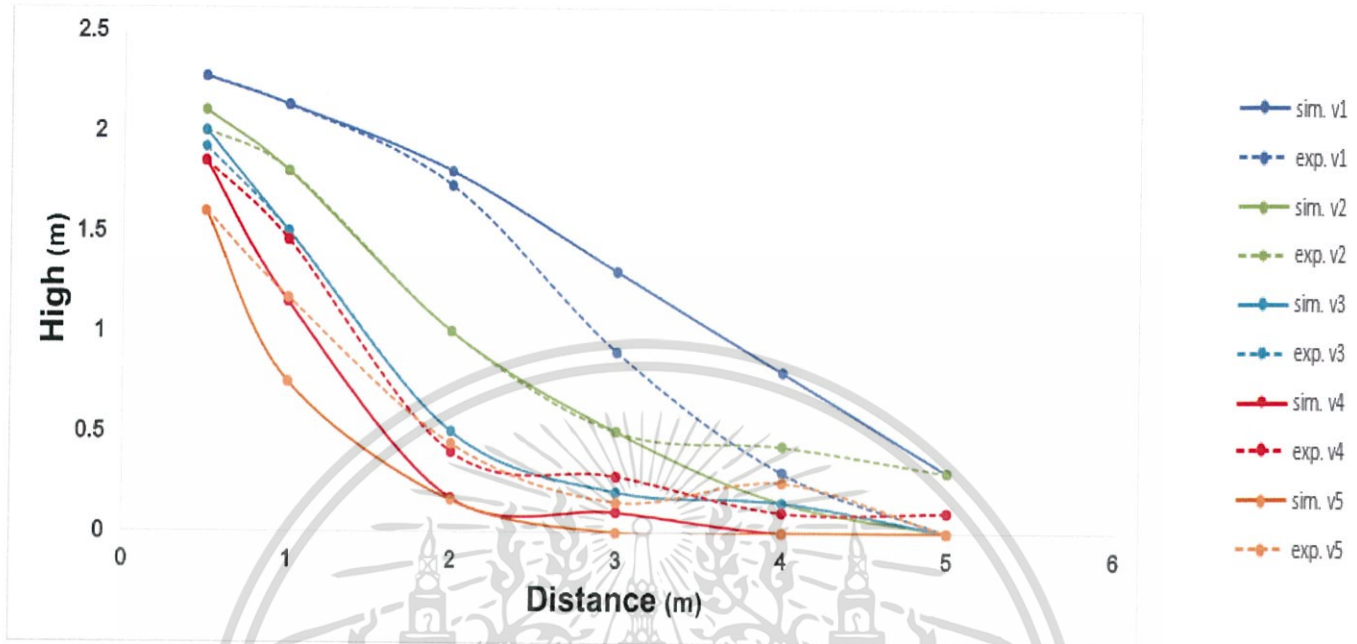
- 1.) ความเร็วพัดลมที่ 1



รูปที่ 4.109 ภาพเปรียบเทียบการไหลของลมเย็นของใบปรับระดับต่างๆที่ความเร็วพัดลมที่ 1

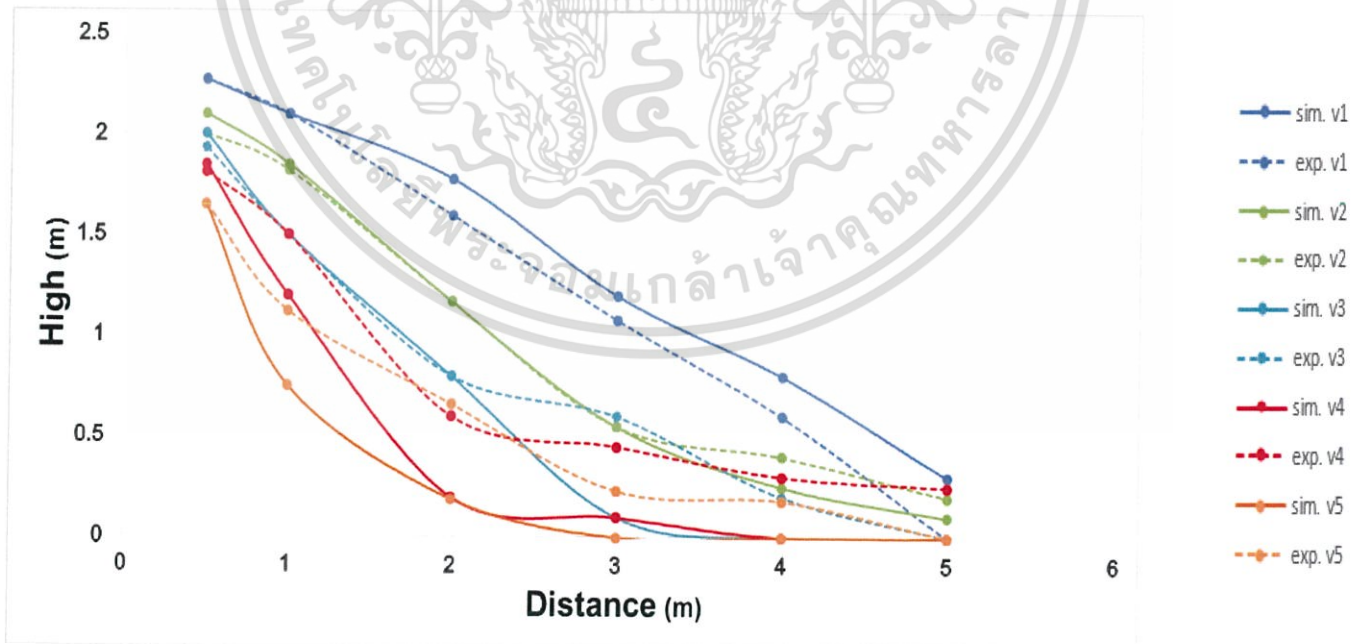
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.) ความเร็วพัดลมที่ 2



รูปที่ 4.110 ภาพเปรียบเทียบการไหลของลมเย็นของใบปรับระดับต่างๆที่ความเร็วพัดลมที่ 2

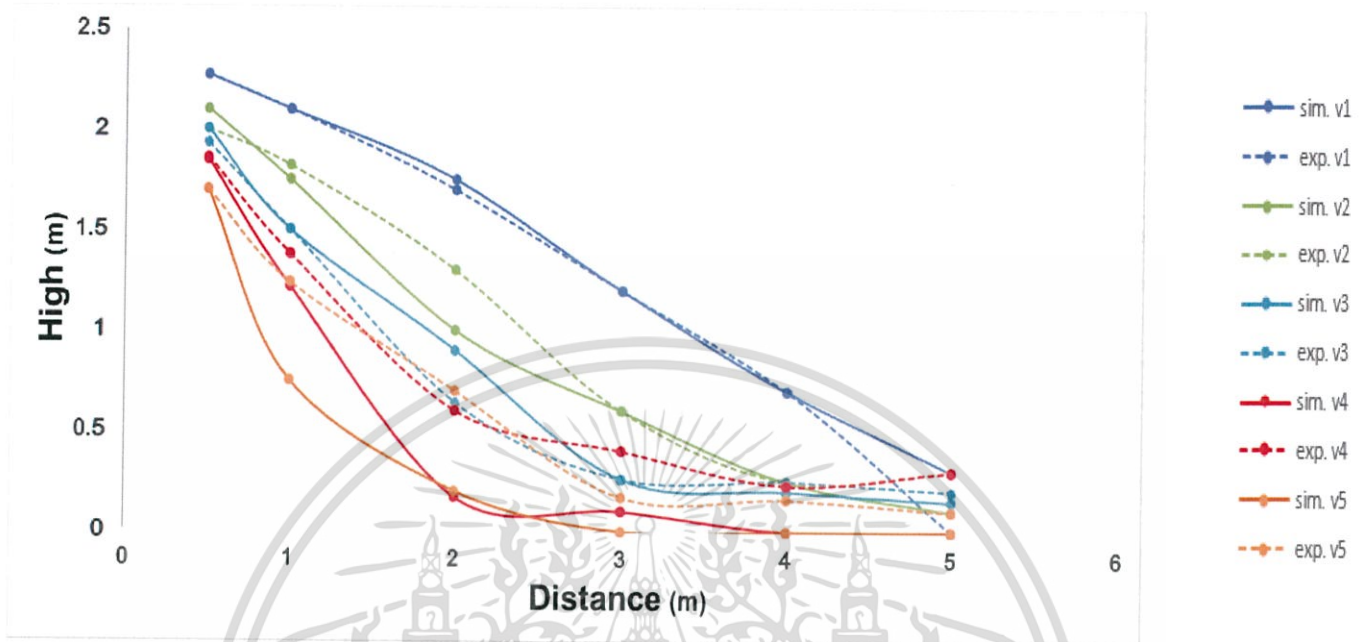
## 3.) ความเร็วพัดลมที่ 3



รูปที่ 4.111 ภาพเปรียบเทียบการไหลของลมเย็นของใบปรับระดับต่างๆที่ความเร็วพัดลมที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.) ความเร็วพัดลมที่ 4



รูปที่ 4.112 ภาพเปรียบเทียบการไหลของลมเย็นของใบปรับระดับต่างๆที่ความเร็วพัดลมที่ 4

จากการเปรียบเทียบผลการทดลองจากการทดลองและจากการสร้างแบบจำลองจะพบว่า ที่ความเร็วลมเดียวกันจะพบว่า เมื่อเปลี่ยนแปลงใบปรับระดับเป็น V1 อากาศจะสามารถเคลื่อนที่ไปได้ไกลกว่า V2 , V3 และ V4 รวมทั้งการเคลื่อนที่ของอากาศจะเปลี่ยนแปลงไปโดยลดลงตามลำดับ V1 , V2 , V3 และ V4 สำหรับการเคลื่อนที่ของอากาศนั้นจะส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อน กล่าวคือ เมื่ออากาศเคลื่อนที่ไปได้ไกลมากขึ้น จะมีการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศภายในห้องมากขึ้นส่งผลให้มีอุณหภูมิลดลง

## บทที่ 5

# สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาผลของความเร็วพัดลมและใบปรับทิศทางของเครื่องปรับอากาศต่อรูปแบบการไหล และการกระจายอุณหภูมิของอากาศพบว่า

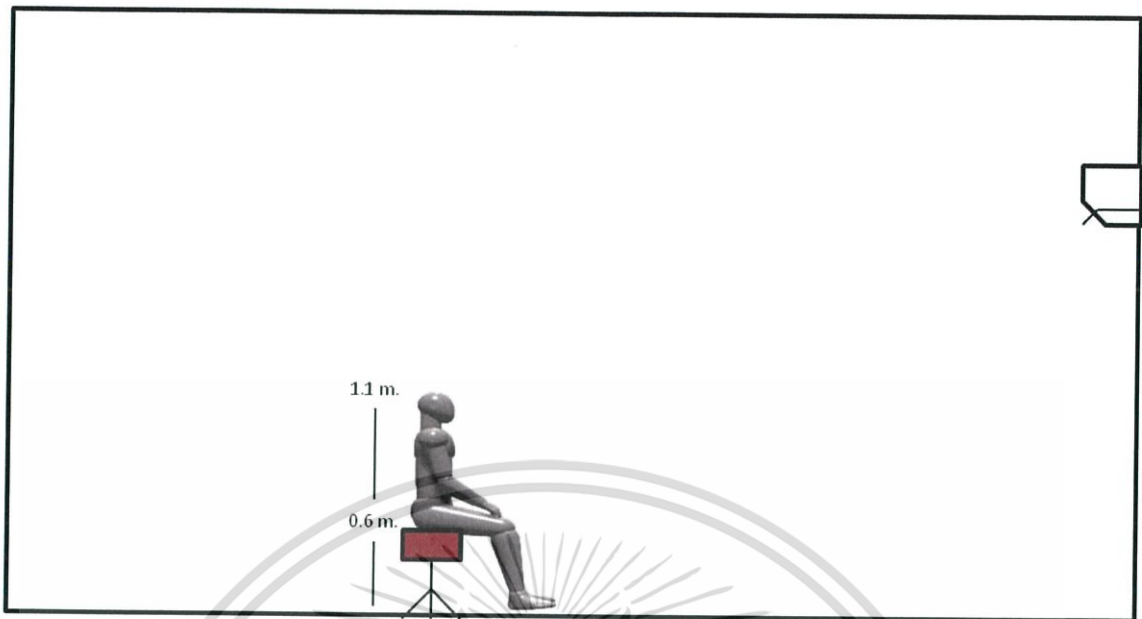
1. การปรับใบปรับระดับมีผลต่อการกระจายตัวของอุณหภูมิ กล่าวคือ หากมีองศาใบปรับระดับน้อยจะส่งผลให้ลมเย็นจากเครื่องปรับอากาศเคลื่อนที่ได้ระยะทางเพิ่มมากขึ้น

2. การปรับระดับความเร็วของพัดลมในเครื่องปรับอากาศมีผลต่อการกระจายตัวของอุณหภูมิ เนื่องจากบริเวณที่มีลมเคลื่อนที่ผ่านจะมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าบริเวณที่ไม่มีลมเย็นผ่าน เมื่อเพิ่มความเร็วของพัดลมจะทำให้อากาศเคลื่อนที่ได้ระยะทางมากขึ้น มีการถ่ายเทความร้อนที่มากขึ้น

นอกจากนี้ทางคณะผู้ศึกษาสามารถสร้างแบบจำลองจากการทดลองที่มีค่าความผิดพลาดในระดับต่ำทั้งการสร้างแบบจำลองเพื่อศึกษาการกระจายตัวของอุณหภูมิและการสร้างแบบจำลองเพื่อศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่ของลม ซึ่งผู้ที่สนใจจะศึกษาหรือพัฒนาเครื่องปรับอากาศสามารถนำข้อมูลการกำหนดค่าต่างๆไปใช้งาน หรือนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปปรับปรุงหรือพัฒนาเครื่องปรับอากาศได้

### 5.2 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

เนื่องจากผู้ศึกษามีระยะเวลาในการทดลองที่จำกัด จึงไม่สามารถสร้างแบบจำลองในรูปแบบอื่นๆ เช่น การย้ายตำแหน่งเครื่องปรับอากาศ การเปลี่ยนตำแหน่งลมเย็นที่ออกจากเครื่องปรับอากาศ การเปลี่ยนขนาดห้อง ฯ จึงแนะนำให้ผู้สนใจลองทำการศึกษาในรูปแบบต่างๆที่แนะนำ รวมทั้ง ควรใช้เครื่องมือในการทดลองที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากจะทำให้ทราบผลที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น เช่น การวัดความเร็วลม บางตำแหน่งมีความเร็วลมต่ำมาก เครื่องมือวัดที่ใช้สามารถอ่านค่าได้ที่ระดับความเร็วลมหนึ่งๆจึงไม่แสดงค่าที่วัดได้ ทำให้ไม่สามารถทราบได้ว่าบริเวณนั้นๆมีการเคลื่อนที่ของอากาศหรือไม่ เป็นต้น



รูปที่ 5.1 ห้องทดลองและบุคคลในมุมมองด้านข้าง

จากการทดลองและจำลองโดยใช้โปรแกรม ไม่สามารถสรุปใบปรับระดับและระดับลมที่ตอบสนองผู้ใช้งานดีที่สุดได้ เนื่องจากปัจจัยหลักคือผู้ใช้งาน ถ้าผู้ใช้งานนั่งอยู่ในระยะประมาณกึ่งกลางของห้อง(รูปที่ 5.1) เมื่อปรับระดับความเร็วลมเท่ากัน ที่ใบปรับระดับ 1 เปรียบเทียบกับใบปรับระดับ 5 พบว่า ที่ใบปรับระดับ 1 มีลมเย็นพัดผ่านผู้ใช้งาน(รูปที่ 5.2) ส่วนใบปรับระดับ 5 ไม่มีลมพัดผ่านผู้ใช้งานเลย ส่วนเรื่องการกระจายอุณหภูมิ ที่ใบปรับระดับ 1(รูปที่ 5.3) มีอุณหภูมิรอบตัวผู้ใช้งานต่ำกว่าที่ใบปรับระดับ 5(รูปที่ 5.4) ซึ่งความชอบแต่ละบุคคลไม่เหมือนกัน ผู้ใช้งานบางคน ชอบที่ให้ลมเย็นพัดผ่านร่างกาย แต่ผู้ใช้งานบางคน ไม่ชอบให้ลมพัดผ่านร่างกายหรือไม่ชอบอุณหภูมิที่ต่ำเกินไป รวมถึงอิริยาบถในเวลาที่ใช้ห้อง เช่น ผู้ใช้งานเพิ่งออกกำลังกายเสร็จ ต้องการให้ลมพัดผ่านร่างกายมากกว่าผู้ใช้งานที่นั่งนิ่งๆทำงาน ดังนั้น เพื่อพัฒนาเป็นโหมดตอบสนองความต้องการของมนุษย์ที่ดีที่สุด ผลการจำลองนี้ต้องใช้ร่วมกับผลการสำรวจจากผู้ใช้งานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

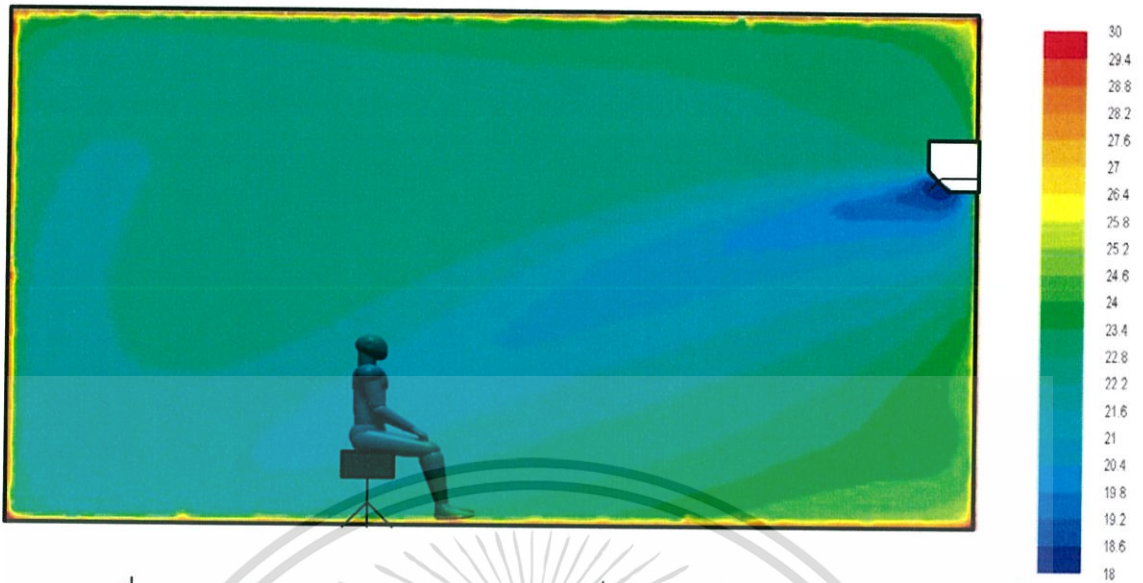


รูปที่ 5.2 แบบจำลองความเร็วลมในห้องที่ความเร็วลมระดับ 3 และใบปรับระดับที่ 1

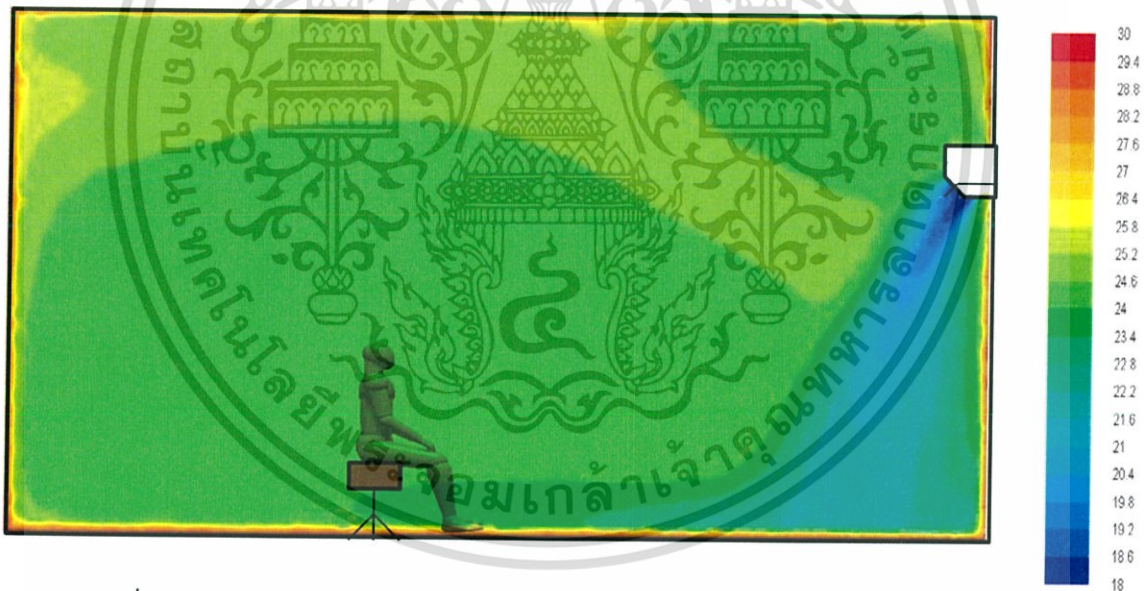


รูปที่ 5.3 แบบจำลองการกระจายอุณหภูมิในห้องที่ความเร็วลมระดับ 3 และใบปรับระดับที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 แบบจำลองการกระจายอุณหภูมิในห้องที่ความเร็วลมระดับ 3 และใบปรับระดับที่ 1



รูปที่ 5.5 แบบจำลองการกระจายอุณหภูมิในห้องที่ความเร็วลมระดับ 3 และใบปรับระดับที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- [1] Zboril V., Bozhkov L., Yordanava B., Melikov A., Kosonen R. Airflow distribution in rooms with active chilled beams. Technical University of Denmark. 2007
- [2] Volavy J., Fister J., Noske I. Prediction of air temperature in the aircraft cabin under different operational conditions. Brno University of Technology. 2013.
- [3] Igor B., Igor W., Bernard F. Numerical Modelling of Thermal Comfort Conditions in an Indoor Space with Solar Radiation Sources. University of Rijeka. 2015
- [4] Chen Z., Gang Y., Ting L., Dean H. Numerical Comparison of removal and deposition for fully-distributed particles in central- and split-type air conditioning rooms. Hunan University. 2015
- [5] กระทรวงพลังงาน, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, “การพัฒนาบุคลากรภาคปฏิบัติเพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของ เครื่องจักรและอุปกรณ์ตามเกณฑ์มาตรฐานการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ”, 2555.
- [6] กระทรวงพลังงาน, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, “คู่มือรับผิดชอบด้านพลังงาน (อาคาร)”, 2553
- [7] สุชาติ ศิริทวารจันท์, การออกแบบการกระจายลมเย็นในประเทศไทย, สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย, เล่มที่ 6 พฤศจิกายน, หน้า44-50, 2544
- [8] สาทิป รัตนภาสกร, แรงต้านทานการไหลของลมและพัดลม, 2557.
- [9] สิทธิกานต์ นนหนู, การจำลองสนามการไหลของอนุภาคของไหลภายในเครื่องแยกละอองแบบแผ่นคลื่น, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2551.
- [10] Matt Cable, An Evaluation of Turbulence Models for the Numerical Study of Forced and Natural Convective Flow in Atria, the requirements for the degree of Master of Science (Engineering), Queen's University, 2009

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[11] ASHRAE, 2009 ASHRAE Handbook—Fundamentals (SI): Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc, 2009.

[12] ASHRAE, ANSI/ASHRAE Standard 55- 2003: Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc, 2003.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



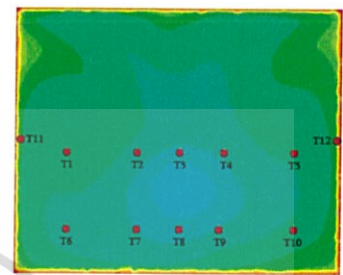
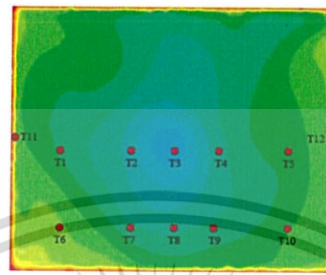
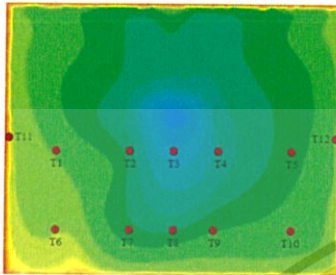
## ภาคผนวก ก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ผลการทดลอง

การกระจายอุณหภูมิ

1) ใบปรับระดับที่ 1 ความเร็วพัดลมที่ 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

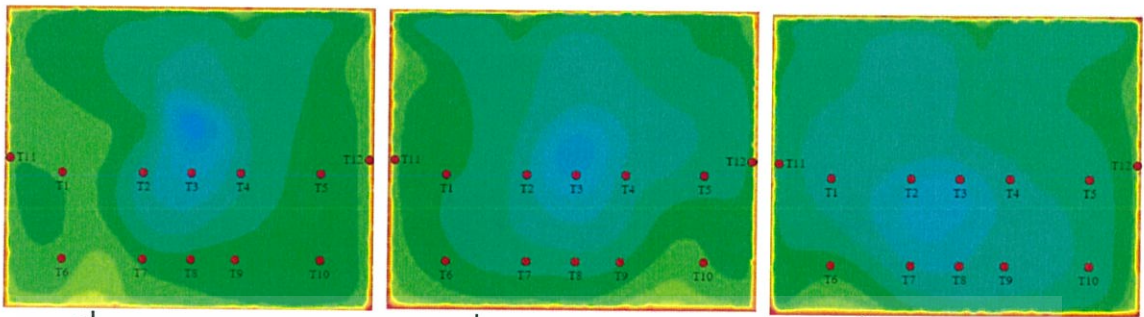
ตารางที่ ก.1 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ไปปรับระดับที่ 1 ความเร็วลมที่ 1

V1-F1		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	24.3	24.3	23.7	23.6	24.1	23.6	23.8	22.6	23.7	23.5	23.3	23.5
	Sim.(°C)	23.8	22.6	21.1	22.5	25.2	23.9	23.7	23.5	23.6	25.4	24.4	25.2
	Err.(%)	2.10	7.52	12.32	4.89	4.37	1.26	0.42	3.83	0.42	7.48	4.51	6.75
2 เมตร	Exp.(°C)	24.2	24.2	20.8	23.4	24.3	23.6	23	23.1	23.5	23.4	23.5	23.8
	Sim.(°C)	23.3	22.2	20.6	21.8	24.6	24.7	23.5	23.2	24	25.4	24.3	25.7
	Err.(%)	3.86	9.01	0.97	7.34	1.22	4.45	2.13	0.43	2.08	7.87	3.29	7.39
3 เมตร	Exp.(°C)	24.4	24.6	22	23.5	24.4	23.3	22.5	23.9	23.2	23.5	23.3	23.5
	Sim.(°C)	22.9	22.5	22.4	22.8	23.2	23.1	22.5	22	22.3	24.3	23.6	24.5
	Err.(%)	6.55	9.33	1.79	3.07	5.17	0.87	0.00	8.64	4.04	3.29	1.27	4.08
4 เมตร	Exp.(°C)	24.6	24.9	24.6	25	24.7	23.5	23.4	23.4	23.6	23.5	23.7	24.1
	Sim.(°C)	22.8	22.5	22.4	22.8	23.2	23.1	22	21.5	21.6	22.8	23.6	23.7
	Err.(%)	7.89	10.67	9.82	9.65	6.47	1.73	6.36	8.84	9.26	3.07	0.42	1.69
5 เมตร	Exp.(°C)	24.4	24.6	22.5	25.1	24.9	22.6	23.1	24.1	23.1	23.1	22.8	23.1
	Sim.(°C)	22.8	22.6	22.5	22.5	22.6	22.8	22.4	22.1	22	22.6	23.2	23.1
	Err.(%)	7.02	8.85	0.00	11.56	10.18	0.88	3.13	9.05	5.00	2.21	1.72	0.00



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

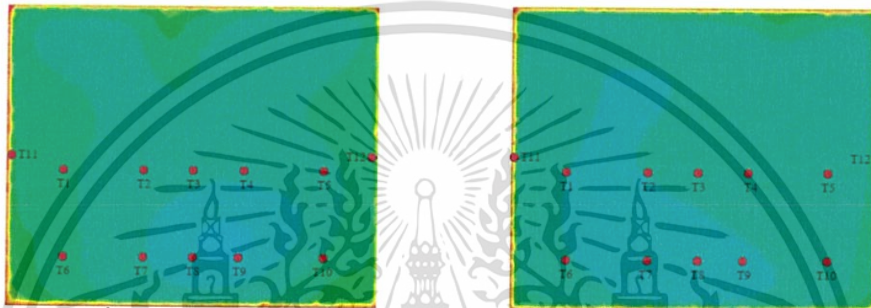
## 2) ไปปรับระดับที่ 1 ความเร็วพัดลมที่ 2



รูปที่ ก.6 ระยะ 1 เมตร

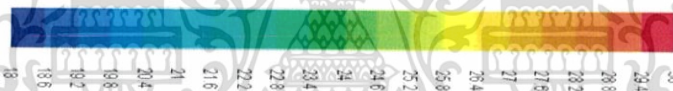
รูปที่ ก.7 ระยะ 2 เมตร

รูปที่ ก.8 ระยะ 3 เมตร



รูปที่ ก.9 ระยะ 4 เมตร

รูปที่ ก.10 ระยะ 5 เมตร

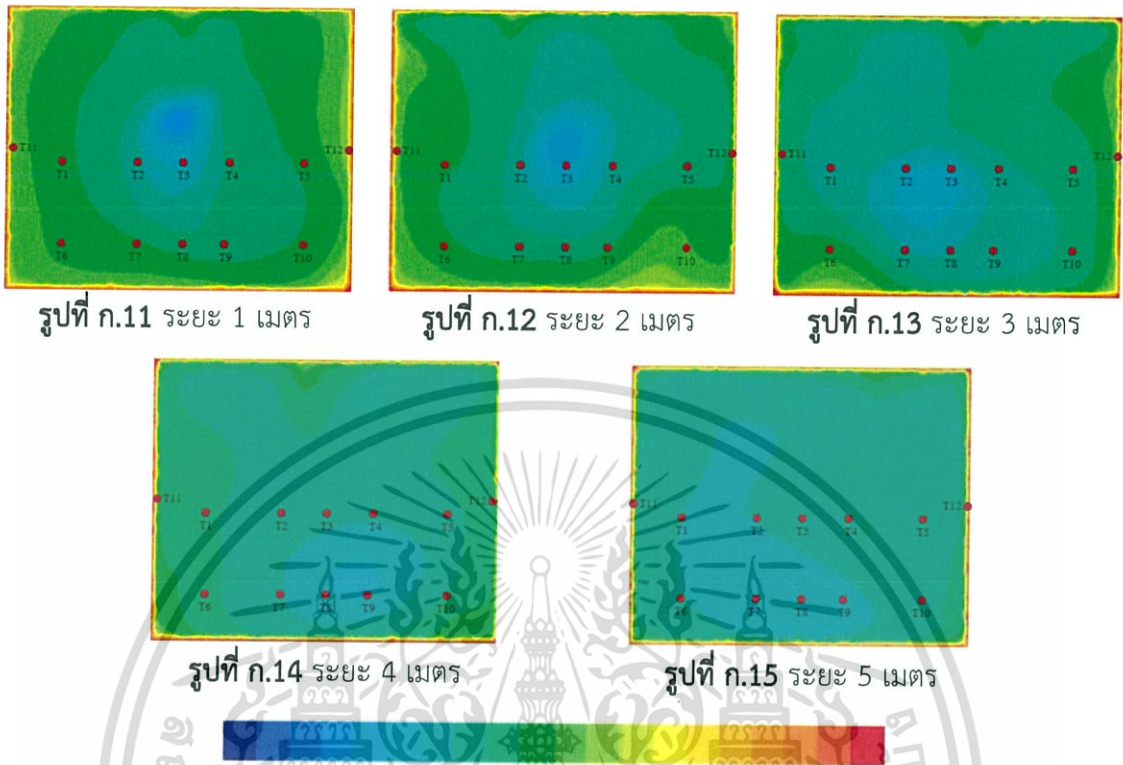


## ตารางที่ ก.2 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ไปปรับระดับที่ 1 ความเร็วลมที่ 2

V1 - F2		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	24.6	24.2	24.1	24.5	24.1	24.1	24.3	24.1	24.2	24.3	24.4	24.1
	Sim.(°C)	23.9	22.79	21.59	22.79	24.5	23.9	23.9	23.9	23.9	24.6	24.5	24.6
	Err.(%)	2.93	6.19	12.09	5.75	0.00	0.84	0.84	1.67	1.67	2.03	0.41	2.03
2 เมตร	Exp.(°C)	24.6	22.9	19.9	23.2	24.3	23.8	24.1	24.4	24.1	23.8	24.2	24
	Sim.(°C)	23.4	22.2	21	22.2	24	24.6	23.4	23.4	23.4	24	24	24.6
	Err.(%)	5.13	3.15	5.24	4.50	1.25	3.25	2.99	4.27	2.99	0.83	0.83	2.44
3 เมตร	Exp.(°C)	23.8	24.3	22.4	24.3	24.7	23.9	23.7	22.6	22.7	24	24.2	24.1
	Sim.(°C)	23.4	22.8	22.2	22.2	22.8	23.4	22.8	22.2	22.2	24	24.6	23.4
	Err.(%)	1.71	6.58	0.90	9.46	8.33	2.14	3.95	1.80	2.25	0.00	1.63	2.99
4 เมตร	Exp.(°C)	25.4	25.7	25.1	25.6	25	23.9	23.2	22.1	22.4	23.9	24.4	24.3
	Sim.(°C)	22.8	22.8	22.8	22.8	23.4	22.2	21.6	22.2	22.8	23.4	23.4	24
	Err.(%)	11.40	12.72	10.09	12.28	6.84	7.66	7.41	0.45	1.75	2.14	4.27	1.25
5 เมตร	Exp.(°C)	24.5	25	22	24.7	23.7	23.4	23.1	23.9	22.7	22.6	23.5	23.5
	Sim.(°C)	22.8	22.8	22.8	22.8	22.8	22.2	22.2	22.2	22.2	22.8	23.4	23.8
	Err.(%)	7.46	9.65	3.51	8.33	3.95	5.41	4.05	7.66	2.25	0.88	0.43	1.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3) ไบปรีบระดับที่ 1 ความเร็วพัดลมที่ 3

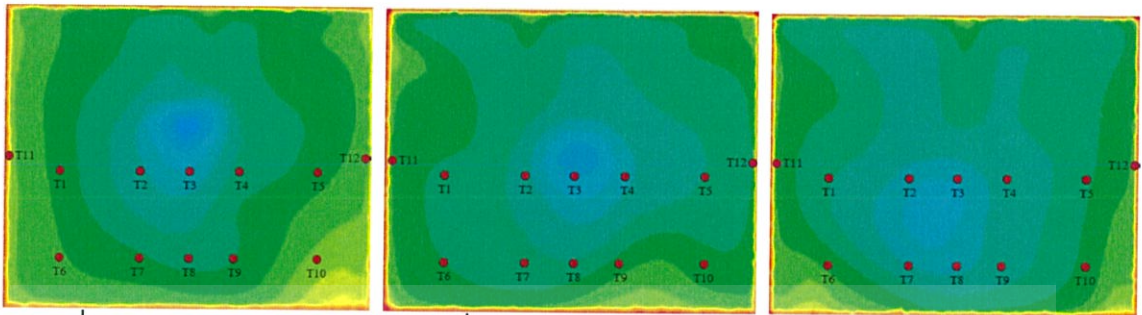


ตารางที่ ก.3 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ไบปรีบระดับที่ 1 ความเร็วลมที่ 3

V1-F3		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	24.4	24.4	24.4	24.3	24.4	24.3	24.4	24.3	24.3	24.6	24.8	24.7
	Sim.(°C)	24	23.4	22.6	23.4	24	24	23.4	23.4	24	24	24.6	25.2
	Err.(%)	1.67	4.27	7.52	4.27	1.25	1.67	3.85	5.13	1.67	1.25	0.81	1.98
2 เมตร	Exp.(°C)	24	24.3	21.3	22.9	24.3	24.3	24.1	24.5	24.2	24.3	24.9	24.5
	Sim.(°C)	23.8	21.8	20.6	22.1	22.8	24.2	23.3	22.8	23.5	23.8	25.2	23.8
	Err.(%)	0.84	11.47	3.40	3.62	6.58	0.41	3.43	7.46	2.98	2.10	1.19	2.94
3 เมตร	Exp.(°C)	23.8	22.5	23.9	22.5	24.7	24.5	23.9	22.2	24.3	24.3	25.3	24.9
	Sim.(°C)	23.8	22.6	22.1	22.3	23.8	24.2	23.3	22.8	23.5	23.8	23.8	24.7
	Err.(%)	0.00	0.44	8.14	0.90	3.78	1.24	2.58	2.63	3.40	2.10	6.30	0.81
4 เมตร	Exp.(°C)	24.7	24.9	24.1	24.7	24.9	24.3	23.3	23.6	23.5	24.3	25.7	25.4
	Sim.(°C)	22.8	22.8	22.6	22.6	22.8	22.6	22.3	21.8	21.8	22.8	23.5	23.5
	Err.(%)	8.33	9.21	6.64	9.29	9.21	7.52	4.48	8.26	7.80	6.58	9.36	8.09
5 เมตร	Exp.(°C)	24.7	24.7	23.1	24.4	24.2	23.9	23.4	24.8	23.4	23.9	25.4	25.2
	Sim.(°C)	23.3	22.3	22.3	22.6	23.3	23.3	21.8	21.8	22.1	23.3	23.3	23.3
	Err.(%)	6.01	10.76	3.59	7.96	3.86	2.58	7.34	13.76	5.88	2.58	9.01	8.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

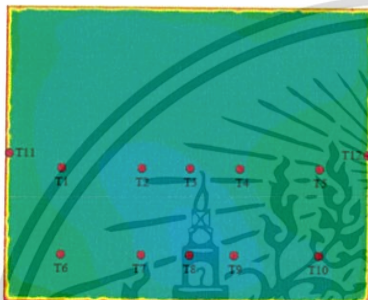
4) ใบปรับระดับที่ 1 ความเร็วพัดลมที่ 4



รูปที่ ก.16 ระยะ 1 เมตร

รูปที่ ก.17 ระยะ 2 เมตร

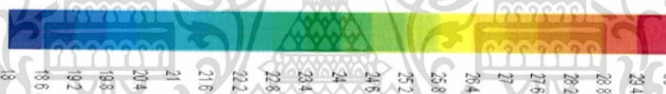
รูปที่ ก.18 ระยะ 3 เมตร



รูปที่ ก.19 ระยะ 4 เมตร



รูปที่ ก.20 ระยะ 5 เมตร

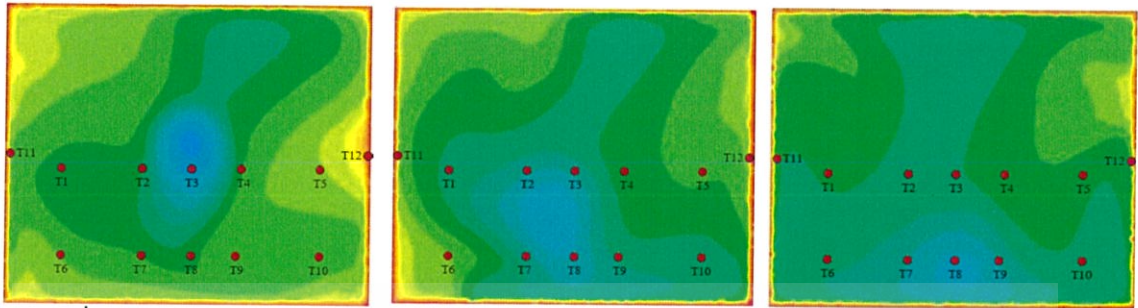


ตารางที่ ก.4 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ใบปรับระดับที่ 1 ความเร็วลมที่ 4

V1-F4		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	24.6	24.5	24.1	24.3	24.4	24.3	24.4	24.4	24.3	24.5	24.9	24.6
	Sim.(°C)	24	22.2	21.6	23.4	24	23.4	23.4	22.8	22.8	24	24.5	24.7
	Err.(%)	2.50	10.36	12.50	2.99	1.25	4.27	3.85	7.46	7.02	1.67	1.63	0.40
2 เมตร	Exp.(°C)	24.1	23.8	22	23.5	24.1	24.1	24	24.2	24	24	24.6	24.3
	Sim.(°C)	23.4	22.2	21	22.2	23.4	24.6	22.8	22.2	22.8	23.4	24.6	24
	Err.(%)	2.99	7.21	4.76	5.86	2.99	2.03	5.26	9.01	5.26	2.56	0.00	1.25
3 เมตร	Exp.(°C)	23.4	22.5	23.6	22.5	24.7	24.6	24	22.1	24	24.1	24.9	24.8
	Sim.(°C)	24	22.8	21.6	22.2	22.8	23.4	22.2	21.6	22.2	24	24.6	24
	Err.(%)	2.50	1.32	9.26	1.35	8.33	5.13	8.11	2.31	8.11	0.42	1.22	3.33
4 เมตร	Exp.(°C)	24	23.6	22.7	23.3	24.5	24.1	23.1	23.4	23.4	24	25.7	25.1
	Sim.(°C)	22.8	22.8	22.8	22.8	22.8	22.8	21.6	22.2	22.2	22.8	23.4	23.5
	Err.(%)	5.26	3.51	0.44	2.19	7.46	5.70	6.94	5.41	5.41	5.26	9.83	6.81
5 เมตร	Exp.(°C)	24.3	24.2	22.7	24.1	24.1	23.7	23	24.1	23.1	23.5	25	24.8
	Sim.(°C)	22.8	22.8	22.2	22.2	22.8	22.8	22.2	22.2	22.2	22.2	23.4	23.4
	Err.(%)	6.58	6.14	2.25	8.56	5.70	3.95	3.60	8.56	4.05	5.86	6.84	5.98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

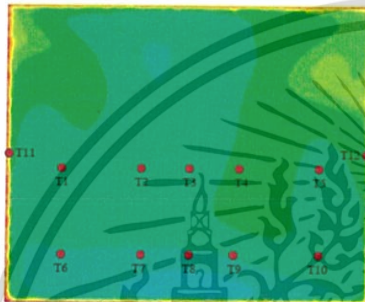
## 5) ไบปรี่ระดับที่ 2 ความเร็วพัดลมที่ 1



รูปที่ ก.21 ระยะ 1 เมตร

รูปที่ ก.22 ระยะ 2 เมตร

รูปที่ ก.23 ระยะ 3 เมตร



รูปที่ ก.24 ระยะ 4 เมตร



รูปที่ ก.25 ระยะ 5 เมตร

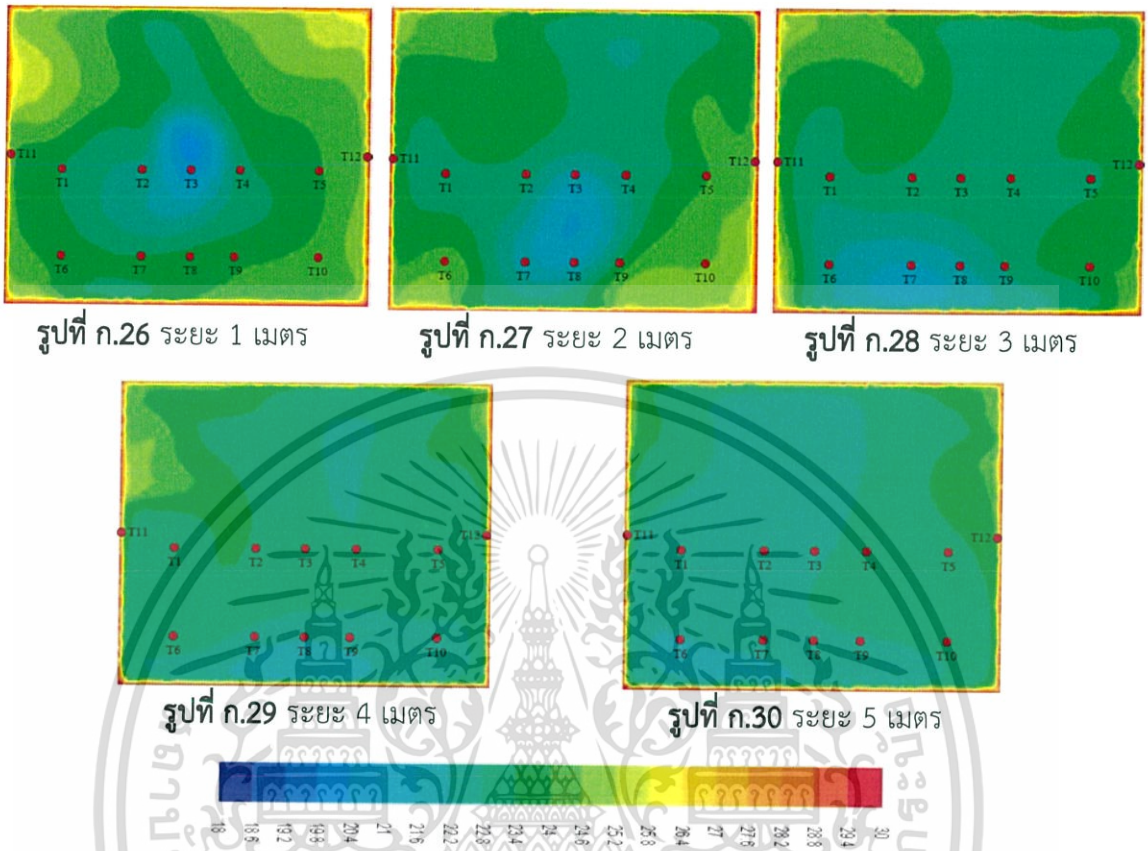


ตารางที่ ก.5 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ไบปรี่ระดับที่ 2 ความเร็วลมที่ 1

V2-F1		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	24.6	22.3	24.2	24.4	23.7	23.8	23.6	23.6	23.6	21.2	23.6	23.6
	Sim.(°C)	24	22.8	21	23.4	24.7	24.5	23.9	23	23.9	23.9	23.3	23.3
	Err.(%)	2.50	2.19	12.38	3.42	1.21	3.27	0.42	7.83	1.26	1.26	1.29	1.29
2 เมตร	Exp.(°C)	24.4	24.5	22.9	24.6	24.4	23.7	23.3	23.1	23.1	23.7	24.1	23.8
	Sim.(°C)	23.3	22.7	22.7	23.9	24.5	23.9	23.3	22.1	23.3	23.3	24.3	23.9
	Err.(%)	4.72	7.93	0.88	2.93	0.41	0.84	0.00	4.52	0.86	1.72	0.82	0.42
3 เมตร	Exp.(°C)	24.6	24.6	21.7	24.6	24.2	23.1	23	24.1	22.6	22.8	22.9	22.8
	Sim.(°C)	23.9	23.3	22.7	23.9	23.9	23.3	22.7	22.1	22.7	22.7	23.3	23.3
	Err.(%)	2.93	5.58	4.41	2.93	1.26	0.86	1.32	9.05	0.44	0.44	1.72	2.15
4 เมตร	Exp.(°C)	25.5	25.7	25.6	25.7	25.3	25.1	25.4	25.7	25.4	25.2	25.8	26
	Sim.(°C)	23.3	23.3	23.3	23.9	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.9	23.9
	Err.(%)	9.44	10.30	9.87	7.53	8.58	7.73	9.01	10.30	9.01	8.15	7.95	8.79
5 เมตร	Exp.(°C)	24.4	24.7	22.3	24.3	23.9	22.6	22.7	24.3	22.5	22.1	23.1	22.8
	Sim.(°C)	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	22.7	22.7	22.7	22.7	22.7	23.9	23.3
	Err.(%)	4.72	6.01	4.29	4.29	2.58	0.44	0.00	7.05	0.88	2.64	3.35	2.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) ไบปรีบระดับที่ 2 ความเร็วพัดลมที่ 2

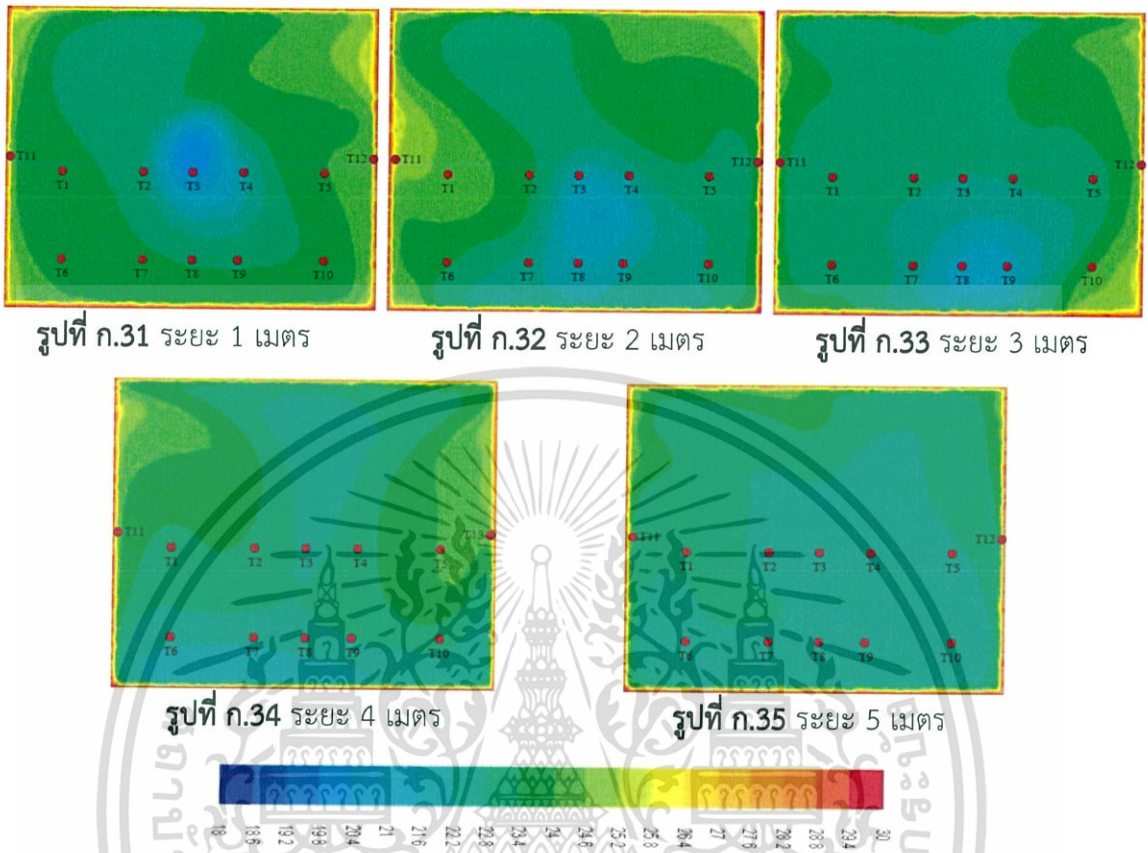


ตารางที่ ก.6 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ไบปรีบระดับที่ 2 ความเร็วลมที่ 2

V2-F2		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	24.3	23.4	24.4	24.7	23.9	23.9	24.1	24.1	24.1	23.3	24.4	24.1
	Sim.(°C)	23.9	22.7	21.3	22.7	23.9	23.9	23.3	23.3	23.9	24.5	24.5	23.4
	Err.(%)	1.67	3.08	13.15	7.49	3.35	0.00	2.58	0.00	0.84	1.63	0.41	2.99
2 เมตร	Exp.(°C)	25	24.4	22.6	24.2	24.6	24.3	24.5	24.7	24.5	24.5	25	24.9
	Sim.(°C)	23.3	23.3	22.1	22.7	23.9	24.5	23.3	22.5	23.3	24.5	25.1	24.5
	Err.(%)	7.30	4.72	2.26	6.61	2.93	0.82	5.15	9.78	5.15	0.00	0.40	1.63
3 เมตร	Exp.(°C)	25.1	24.9	21.6	24.9	24.8	23.9	23.1	24.3	22.6	23.9	24.1	23.9
	Sim.(°C)	23.3	23.3	22.7	23.3	23.3	23.9	23.3	22.1	22.1	23.9	24.5	23.9
	Err.(%)	7.73	6.87	4.85	6.87	6.44	0.00	0.86	9.95	2.26	0.00	1.63	0.00
4 เมตร	Exp.(°C)	25	25.3	24.9	25.1	24.6	23.9	23.3	23	23.1	23.9	24.6	24.2
	Sim.(°C)	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	22.7	22.7	22.7	23.3	23.3	23.3
	Err.(%)	7.30	8.58	6.87	7.73	5.58	2.58	2.64	1.32	1.76	2.58	5.58	3.86
5 เมตร	Exp.(°C)	25.1	25.2	23.8	25.1	24.7	24.4	24.3	24.7	24.2	24	24.8	24.7
	Sim.(°C)	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.5	23.5	23.5	23.5	23.5	24.5	23.8
	Err.(%)	7.73	8.15	2.15	7.73	6.01	3.83	3.40	5.11	2.98	2.13	1.22	3.78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) ไปปรับระดับที่ 2 ความเร็วพัดลมที่ 3

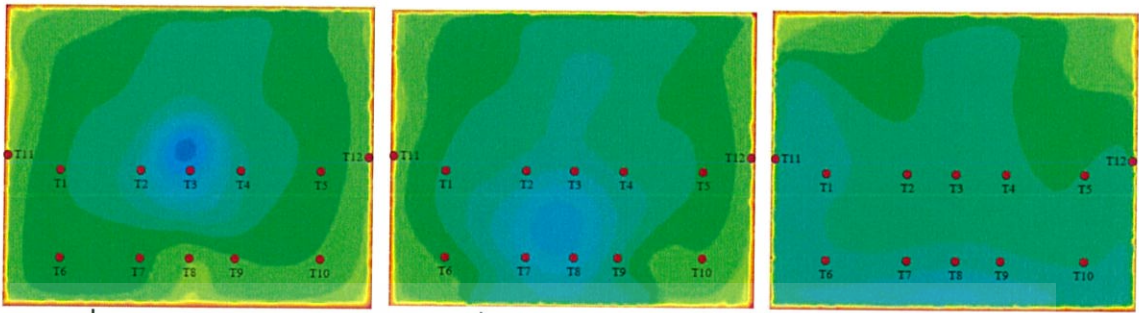


ตารางที่ ก.7 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ไปปรับระดับที่ 2 ความเร็วลมที่ 3

V2-F3		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	24.7	24	24.1	24.7	24	24.1	24.3	24.1	24.2	23.6	24.4	24.1
	Sim.(°C)	23.9	22.1	21.4	22.7	23.9	23.9	23.3	23.3	23.9	23.9	24.5	23.9
	Err.(%)	3.35	8.60	13.08	6.17	3.35	0.42	3.43	1.29	1.67	0.84	0.41	0.84
2 เมตร	Exp.(°C)	24.7	23.9	21.3	23.1	24.4	24.3	24.2	24.6	24.3	24.3	24.7	24.4
	Sim.(°C)	23.9	22.1	20.3	22.7	23.9	23.9	23.3	23.3	23.9	23.9	24.5	23.9
	Err.(%)	3.35	8.14	4.93	1.76	2.09	1.67	3.86	5.58	1.67	1.67	0.82	2.09
3 เมตร	Exp.(°C)	24.7	24.7	22.6	24.7	24.9	24.3	23.6	24	23.3	24.1	24.6	24.4
	Sim.(°C)	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.9	22.7	21.5	22.7	23.3	24.5	23.9
	Err.(%)	6.01	6.01	3.00	6.01	6.87	1.67	3.96	11.63	2.64	3.43	0.41	2.09
4 เมตร	Exp.(°C)	24.9	25.4	25	25	24.7	24.3	23.5	23.6	23.8	24.4	25.6	25.3
	Sim.(°C)	24.5	23.8	22.7	23.8	24.2	23.3	23.3	22.7	23.5	23.5	24.5	24.1
	Err.(%)	1.63	6.72	10.13	5.04	2.07	4.29	0.86	3.96	1.28	3.83	4.49	4.98
5 เมตร	Exp.(°C)	24.6	24.6	23.1	24.3	24.1	23.9	23.4	24.4	23.4	23.5	24.9	24.8
	Sim.(°C)	22.7	22.7	22.7	22.7	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	24.4	24.1
	Err.(%)	8.37	8.37	1.76	7.05	3.43	2.58	0.43	4.72	0.43	0.86	2.05	2.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

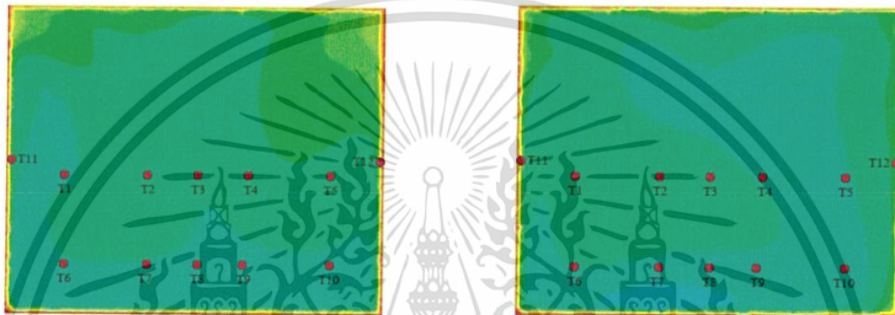
8) ไบปรีบระดับที่ 2 ความเร็วพัดลมที่ 4



รูปที่ ก.36 ระยะ 1 เมตร

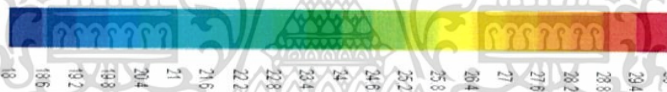
รูปที่ ก.37 ระยะ 2 เมตร

รูปที่ ก.38 ระยะ 3 เมตร



รูปที่ ก.39 ระยะ 4 เมตร

รูปที่ ก.40 ระยะ 5 เมตร

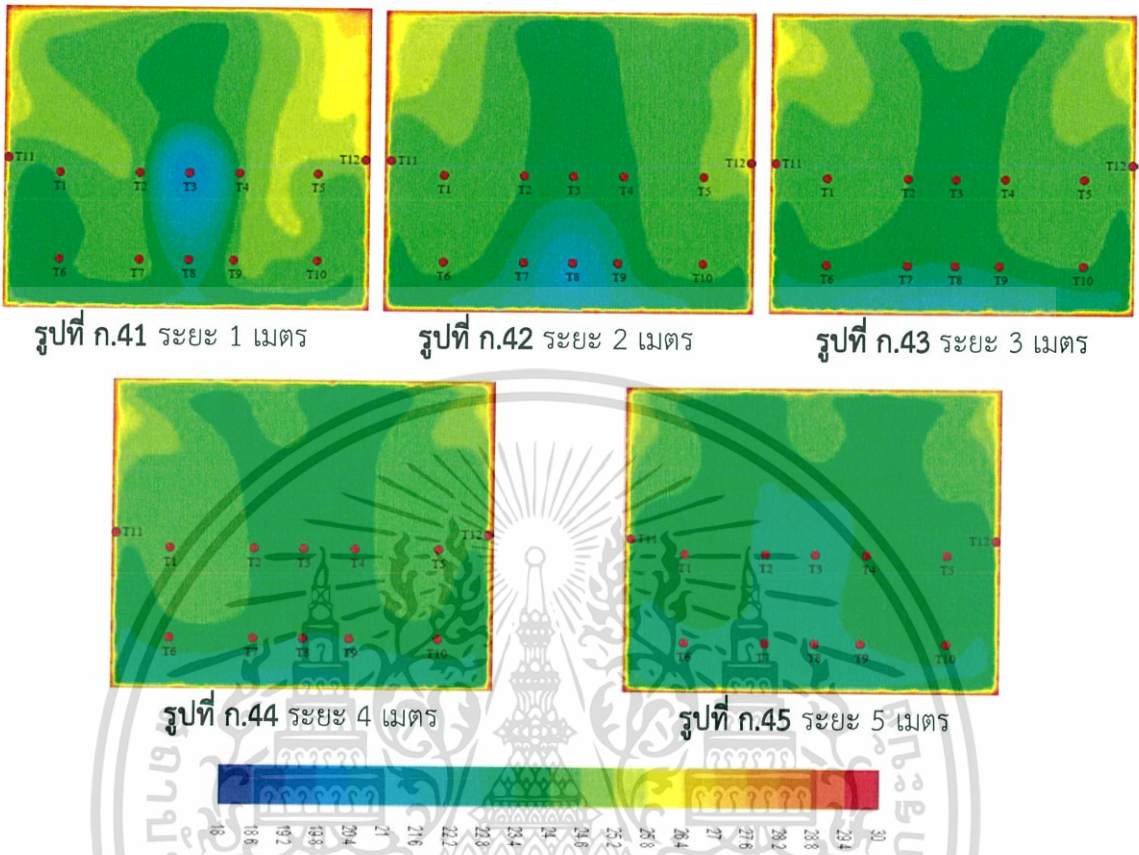


ตารางที่ ก.8 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ไบปรีบระดับที่ 2 ความเร็วลมที่ 4

V2-F4		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	25	24.6	24.3	24.5	24.4	24.4	24.6	24.4	24.5	24.3	25.1	24.9
	Sim.(°C)	23.9	22.7	21.5	22.1	23.9	23.9	23.9	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5
	Err.(%)	4.60	8.37	13.95	9.95	2.51	2.09	2.09	0.82	0.41	0.41	2.45	1.63
2 เมตร	Exp.(°C)	24.6	24.1	22.6	23.3	24.6	24.3	24.2	24.3	24.1	24.3	25	24.7
	Sim.(°C)	23.9	23.3	22.7	22.7	23.3	24.5	23.2	21.5	23.9	24.5	24.5	24.3
	Err.(%)	2.93	3.43	0.44	2.64	5.58	0.82	4.31	13.02	0.84	0.82	2.04	1.65
3 เมตร	Exp.(°C)	24.7	23.8	23.4	23.8	25	24.7	23.8	24.1	24.3	24.4	25.5	25.1
	Sim.(°C)	23.9	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	22.6	22.1	23.5	23.3	25.1	24.5
	Err.(%)	3.35	2.15	0.43	2.15	7.30	6.01	5.31	9.05	3.40	4.72	1.59	2.45
4 เมตร	Exp.(°C)	24.8	24.9	24.7	24.7	25	24.4	23.6	24.1	23.8	24.5	26	25.6
	Sim.(°C)	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	22.7	22.7	22.7	23.3	25.1	24.6
	Err.(%)	6.44	6.87	6.01	6.01	7.30	4.72	3.96	6.17	4.85	5.15	3.59	4.07
5 เมตร	Exp.(°C)	24.5	24.3	23	24	24.2	23.8	23.1	24.3	23.3	23.5	25.5	25.1
	Sim.(°C)	23.7	23.1	22.8	23.4	23.4	23.8	23.8	23.8	23.8	23.4	24.8	24.5
	Err.(%)	3.38	5.19	0.88	2.56	3.42	0.00	2.94	2.10	2.10	0.43	2.82	2.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9) ใบปรับระดับที่ 3 ความเร็วพัดลมที่ 1

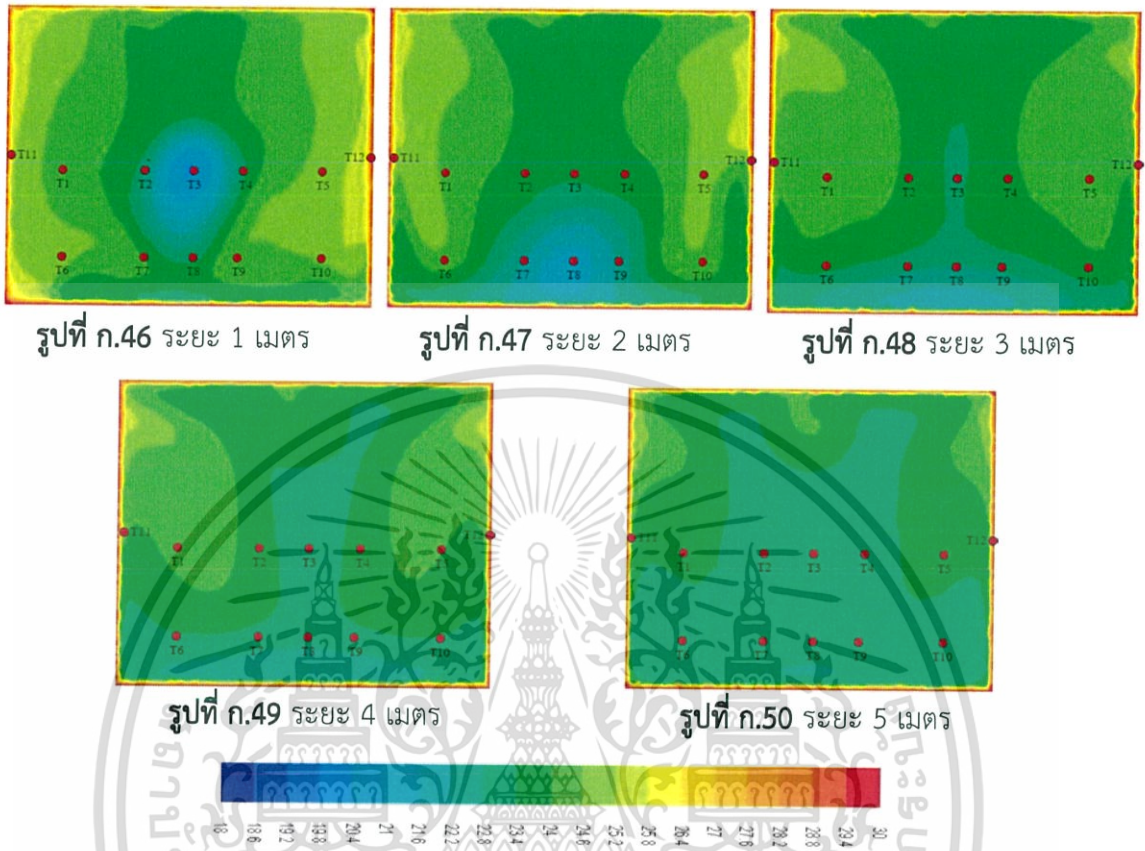


ตารางที่ ก.9 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ใบปรับระดับที่ 3 ความเร็วลมที่ 1

V3-F1		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	24.4	23.9	24.3	24.1	22.8	23	23	23	21.6	19	22.6	22.6
	Sim.(°C)	24.5	23.3	20.9	24.5	24.5	23.9	23.9	20.3	23.9	23.3	23.3	23.3
	Err.(%)	0.41	2.58	3.35	0.82	1.63	4.60	3.77	6.40	3.77	1.29	3.00	3.00
2 เมตร	Exp.(°C)	24	24.3	23.1	23.6	23.7	22.8	21.6	20.3	21.7	22.6	22.5	22.3
	Sim.(°C)	24.5	23.3	23.3	23.3	23.9	23.9	22.1	20.9	22.1	23.9	23.3	23.3
	Err.(%)	2.04	4.29	0.86	1.29	0.84	4.60	2.26	2.87	1.81	5.44	3.43	4.29
3 เมตร	Exp.(°C)	24.4	24.2	22.8	24.2	24.1	23.3	23.3	24.2	23.1	23	23.3	23.3
	Sim.(°C)	24.5	23.9	23.3	24.5	24.5	23.9	23.3	23.9	23.3	23.3	23.9	23.9
	Err.(%)	0.41	1.26	2.15	1.22	1.63	2.51	0.00	1.26	0.86	1.29	2.51	2.51
4 เมตร	Exp.(°C)	24.7	24.6	24.3	24.4	24.1	22.8	23.3	23.6	23.3	22.8	23.7	23.6
	Sim.(°C)	24.5	23.9	23.9	23.9	24.5	23.3	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	0.82	2.93	1.67	2.09	1.63	2.15	2.51	1.26	2.51	4.60	0.84	1.26
5 เมตร	Exp.(°C)	24.4	24.6	22.1	24.1	23.9	22.6	22.5	24.3	22.2	22	23	22.8
	Sim.(°C)	23.9	23.3	22.7	23.9	23.9	22.3	22.7	23.9	23.3	23.3	23.3	23.3
	Err.(%)	2.09	5.58	2.64	0.84	0.00	1.35	0.88	1.67	4.72	5.58	1.29	2.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10) ไปปรับระดับที่ 3 ความเร็วพัดลมที่ 2

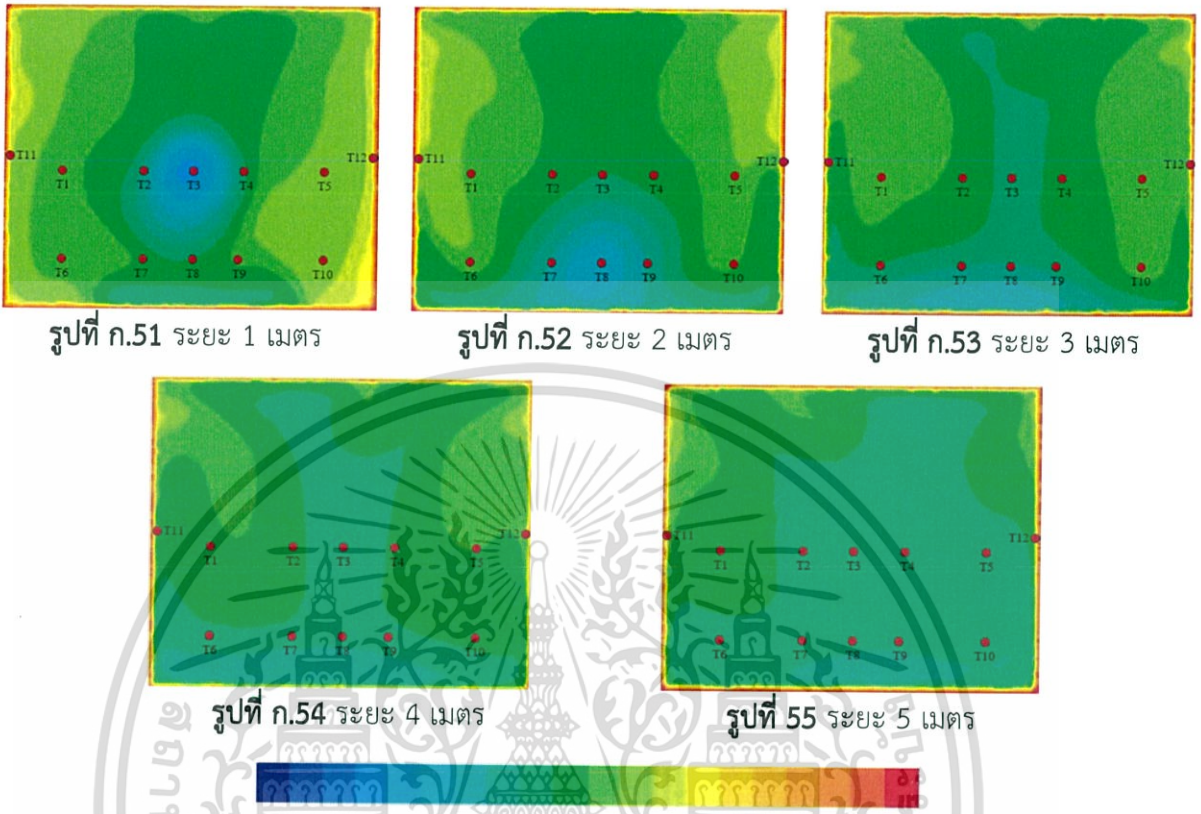


ตารางที่ ก.10 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ไปปรับระดับที่ 3 ความเร็วลมที่ 2

V3-F2		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	24.1	23.3	24.6	24.6	23.6	23.7	23.7	23.7	20.9	19.4	23.6	23.4
	Sim.(°C)	24.5	23.3	20.9	24.5	24.5	23.9	23.9	20.3	23.9	23.3	23.3	23.3
	Err.(%)	1.63	0.00	0.00	0.41	0.41	1.26	0.84	4.43	0.84	1.72	1.29	0.43
2 เมตร	Exp.(°C)	24.5	24.7	23.9	24.5	24.3	23.4	22.6	21.2	22.2	23.3	23.2	22.8
	Sim.(°C)	24.5	23.3	23.3	23.3	23.9	23.9	22.1	20.9	22.1	23.9	23.3	23.3
	Err.(%)	0.00	6.01	2.58	5.15	1.67	2.09	2.26	1.44	0.45	2.51	0.43	2.15
3 เมตร	Exp.(°C)	24.6	24.4	21.4	24.4	24.1	23.3	22.9	24.1	22.2	22.9	22.7	22.5
	Sim.(°C)	24.5	23.9	23.3	24.5	24.5	23.9	23.3	23.9	23.3	23.3	23.9	23.9
	Err.(%)	0.41	2.09	8.15	0.41	1.63	2.51	1.72	0.84	4.72	1.72	5.02	5.86
4 เมตร	Exp.(°C)	24.7	25.1	24.7	24.9	23.6	23.4	23.7	23.6	23.8	23.6	24.1	23.8
	Sim.(°C)	24.5	23.9	23.9	23.9	24.5	23.3	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	0.82	5.02	3.35	4.18	3.67	0.43	0.84	1.26	0.42	1.26	0.84	0.42
5 เมตร	Exp.(°C)	24.6	25.4	24.4	24.6	24.1	23.5	23.5	23.6	23.7	23.4	24.1	23.9
	Sim.(°C)	23.9	23.9	23.5	23.9	23.9	23.3	22.7	23.9	23.3	23.3	23.3	23.3
	Err.(%)	2.93	6.28	3.83	2.93	0.84	0.86	3.52	1.26	1.72	0.43	3.43	2.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11) ใบปรีระดับที่ 3 ความเร็วพัดลมที่ 3

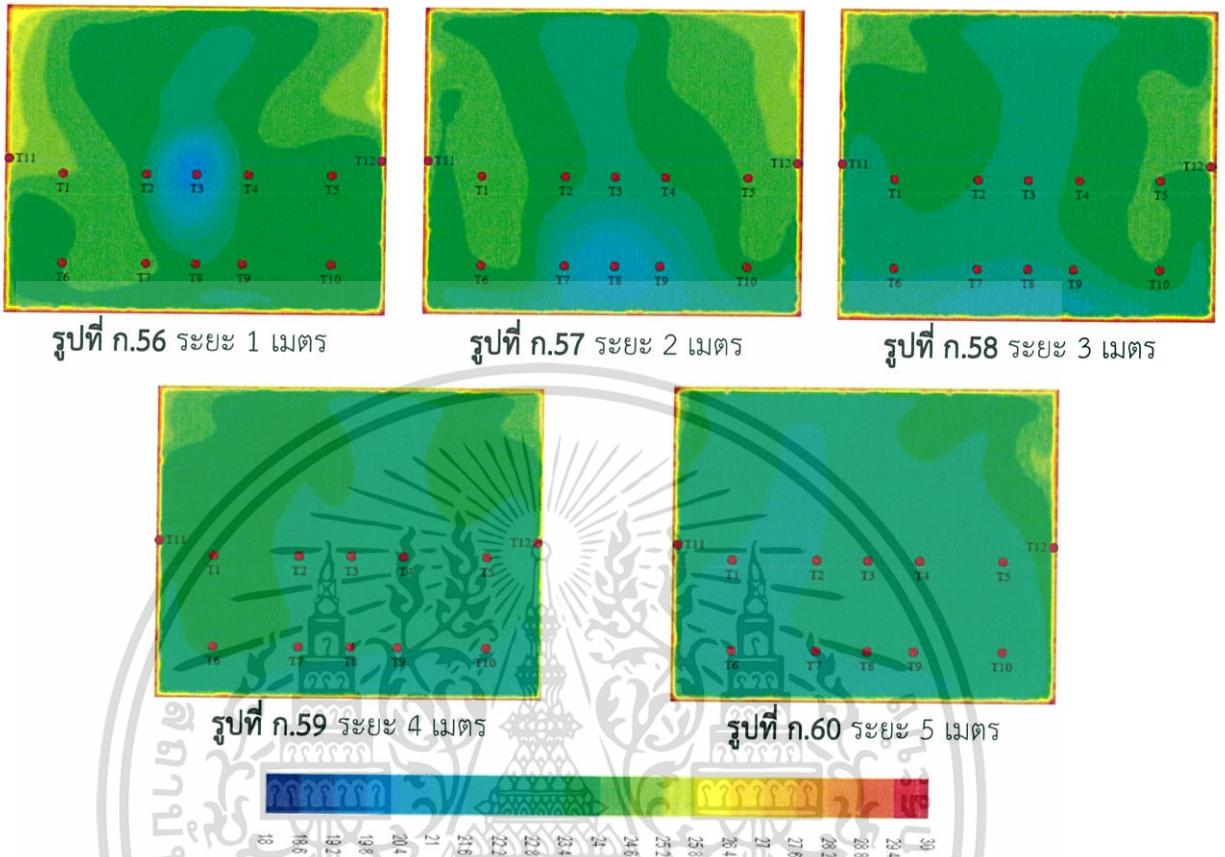


ตารางที่ ก.11 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ใบปรีระดับที่ 3 ความเร็วลมที่ 3

V3-F3		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	24.6	22.5	24.6	24.5	24.1	24.3	24.4	24.1	23.3	21.9	24.3	23.9
	Sim.(°C)	24.5	22.7	22.1	23.3	24.5	24.5	24.5	23.3	23.9	23.9	24.5	24.5
	Err.(%)	0.41	0.88	5.43	5.58	0.00	1.63	0.82	6.01	2.09	0.84	0.82	2.45
2 เมตร	Exp.(°C)	25.6	25.5	24.9	25.6	25.2	24.8	24	23	23.8	25.1	24.7	24.3
	Sim.(°C)	24.5	23.9	23.9	23.9	24.5	24.5	22.7	21.5	22.1	24.5	24.5	23.9
	Err.(%)	4.49	6.69	4.18	7.11	2.86	1.22	5.73	6.98	7.69	2.45	0.82	1.67
3 เมตร	Exp.(°C)	25.2	25.1	21.6	25.1	24.5	23.7	23.3	24.6	22.5	23.6	23.4	23.3
	Sim.(°C)	24.5	23.9	22.7	23.9	24.5	23.9	23.9	23.9	22.7	23.9	23.9	23.3
	Err.(%)	2.86	5.02	4.85	5.02	0.00	0.84	2.51	2.93	0.88	1.26	2.09	0.00
4 เมตร	Exp.(°C)	24.9	25.6	25.1	25.2	24.4	24.2	24.3	24.3	24.2	24.3	24.9	24.6
	Sim.(°C)	24.2	23.9	23.9	23.9	24.5	23.9	23.3	23.3	23.3	23.9	23.9	23.5
	Err.(%)	2.89	7.11	5.02	5.44	0.41	1.26	4.29	4.29	3.86	1.67	4.18	4.68
5 เมตร	Exp.(°C)	24.8	25.5	24.4	24.7	24.1	23.6	23.7	23.8	23.8	23.5	24.3	23.9
	Sim.(°C)	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	22.7	22.7	22.7	22.7	22.7	23.9	23.3
	Err.(%)	3.77	6.69	2.09	3.35	0.84	3.96	4.41	4.85	4.85	3.52	1.67	2.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12) ใบปรับระดับที่ 3 ความเร็วพัดลมที่ 4

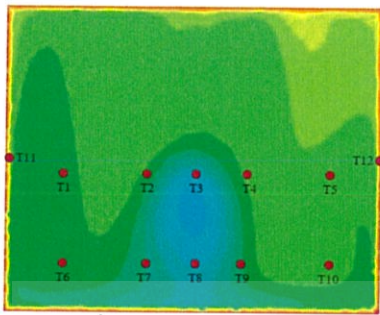


ตารางที่ ก.12 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ใบปรับระดับที่ 3 ความเร็วลมที่ 4

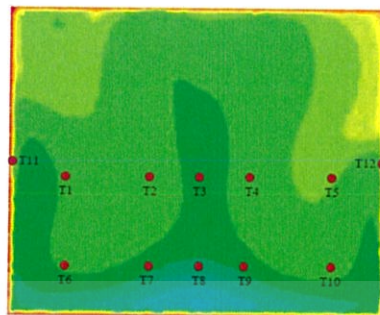
V3-F4		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	24.8	23.2	24.4	24.8	24.5	24.4	24.5	24.4	24.4	22.4	24.6	24.3
	Sim.(°C)	24.5	23.3	23.3	23.3	23.9	23.9	24.5	20.3	23.9	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	1.22	0.43	4.72	4.72	3.77	2.51	0.41	10.34	2.51	2.09	2.93	1.67
2 เมตร	Exp.(°C)	25.3	25.1	24.1	25.1	25.2	24.6	24.5	23.7	24.6	24.9	24.9	24.4
	Sim.(°C)	24.5	23.9	23.3	23.9	24.5	23.9	23.9	22.2	23.9	23.9	24.5	24.5
	Err.(%)	3.27	5.02	3.43	5.02	2.86	2.93	2.51	6.76	2.93	4.18	1.63	0.41
3 เมตร	Exp.(°C)	25.2	25.2	22	25.2	24.6	24.1	23.4	24.9	22.6	24.1	24.1	23.9
	Sim.(°C)	24.5	23.9	22.7	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.3	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	2.86	5.44	3.08	5.44	2.93	0.84	2.09	4.18	3.00	0.84	0.84	0.00
4 เมตร	Exp.(°C)	25	25.4	24.9	24.8	24.3	24	24.1	24.1	23.9	24.1	25	24.6
	Sim.(°C)	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	24.5	23.9
	Err.(%)	4.60	6.28	4.18	3.77	1.67	0.42	0.84	0.84	0.00	0.84	2.04	2.93
5 เมตร	Exp.(°C)	25	25.2	24.4	24.7	24.3	23.9	23.9	24.2	24.1	23.8	24.7	24.5
	Sim.(°C)	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.9	23.9
	Err.(%)	4.60	5.44	2.09	3.35	1.67	2.58	2.58	3.86	3.43	2.15	3.35	2.51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

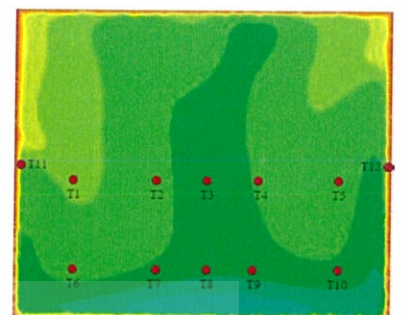
13) ใบปรับระดับที่ 4 ความเร็วพัดลมที่ 1



รูปที่ ก.61 ระยะ 1 เมตร



รูปที่ ก.62 ระยะ 2 เมตร



รูปที่ ก.63 ระยะ 3 เมตร



รูปที่ ก.64 ระยะ 4 เมตร



รูปที่ ก.65 ระยะ 5 เมตร

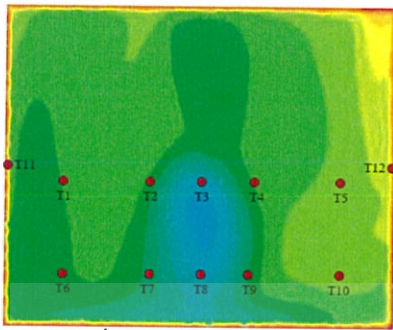


ตารางที่ ก.13 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ใบปรับระดับที่ 4 ความเร็วลม 1

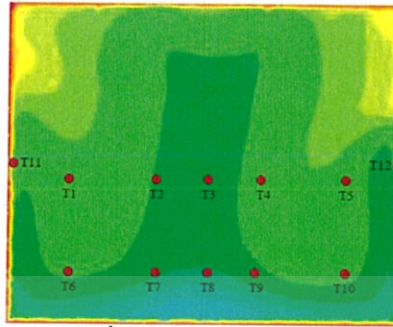
V4-F1		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	24.4	22	24	24	23.2	23.4	23.4	23.3	22.9	18.5	23	23.1
	Sim.(°C)	23.97	23.97	22.16	23.97	24.57	23.37	22.76	20.96	23.37	23.97	23.37	23.97
	Err.(%)	1.79	8.22	3.34	0.13	2.32	0.73	2.81	11.74	0.13	2.80	1.58	3.63
2 เมตร	Exp.(°C)	24.1	24.1	23.1	23.6	23.6	22.7	22.1	20.5	22	22.4	22.3	22.3
	Sim.(°C)	24.57	24.57	23.37	23.97	24.57	23.97	23.37	22.76	23.37	23.97	23.37	23.97
	Err.(%)	1.91	1.91	1.16	1.54	3.95	5.30	5.43	9.93	5.86	6.55	4.58	6.97
3 เมตร	Exp.(°C)	24.3	24.4	22.7	24.4	24	23	23	24.1	23.1	22.6	22.6	22.9
	Sim.(°C)	24.57	24.57	23.36	24.57	24.57	23.36	23.36	23.97	23.36	23.97	23.36	23.97
	Err.(%)	1.10	0.69	2.83	0.69	2.32	1.54	1.54	0.54	1.11	5.72	3.25	4.46
4 เมตร	Exp.(°C)	24.7	24.7	24.4	24.4	23.9	22.6	23.2	23.6	23.3	22.6	23.6	23.6
	Sim.(°C)	24.57	23.97	23.97	23.97	23.97	23.36	23.36	23.36	23.36	23.97	23.36	23.97
	Err.(%)	0.53	3.05	1.79	1.79	0.29	3.25	0.68	1.03	0.26	5.72	1.03	1.54
5 เมตร	Exp.(°C)	24.6	24.6	24.1	24.3	23.8	22.5	22.8	23.1	22.7	22.2	23.4	23.1
	Sim.(°C)	23.97	23.97	23.97	23.97	23.97	23.37	22.76	23.37	23.37	23.37	23.37	23.97
	Err.(%)	2.63	2.63	0.54	1.38	0.71	3.72	0.18	1.16	2.87	5.01	0.13	3.63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

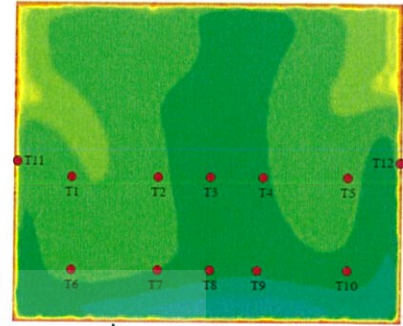
14) ใบปรับระดับที่ 4 ความเร็วพัดลมที่ 2



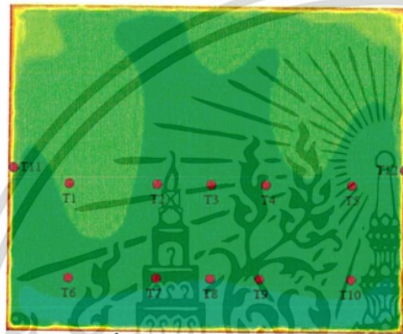
รูปที่ ก.66 ระยะ 1 เมตร



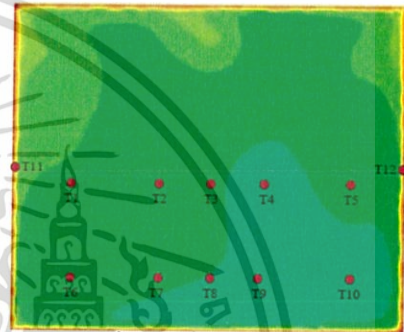
รูปที่ ก.67 ระยะ 2 เมตร



รูปที่ ก.68 ระยะ 3 เมตร



รูปที่ ก.69 ระยะ 4 เมตร



รูปที่ ก.70 ระยะ 5 เมตร

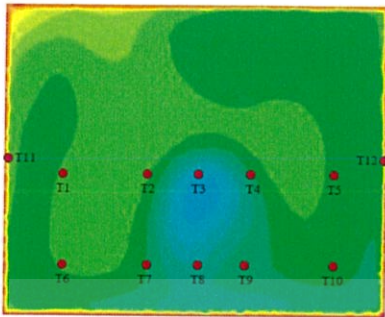


ตารางที่ ก.14 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ใบปรับระดับที่ 4 ความเร็วลม 2

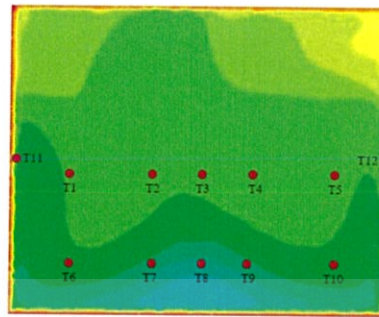
V4-F2		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	24.1	20.8	24.1	24.3	23.4	23.5	23.4	23.3	23.3	18.5	23.1	23.3
	Sim.(°C)	24.56	23.96	22.15	23.96	24.56	23.96	23.35	21.54	23.35	24.56	25.16	23.92
	Err.(%)	1.87	9.02	5.19	0.58	1.06	2.34	0.64	9.47	0.21	5.13	4.21	0.50
2 เมตร	Exp.(°C)	24.3	24.5	23.8	24.3	24.1	23.2	22.6	20.7	22	23	22.8	22.6
	Sim.(°C)	24.56	23.96	23.96	24.56	24.56	24.56	23.96	23.35	23.96	24.56	23.96	23.96
	Err.(%)	1.06	2.25	0.67	1.06	1.87	5.54	5.68	11.35	8.18	6.35	4.84	5.68
3 เมตร	Exp.(°C)	24.7	24.3	22.5	24.3	24	23.3	23.3	23.9	23.3	23	22.6	22.5
	Sim.(°C)	24.56	24.56	23.96	23.96	24.56	24.56	24.56	23.96	23.96	23.96	23.29	23.29
	Err.(%)	0.57	1.06	6.09	1.42	2.28	5.13	5.13	0.25	2.75	4.01	2.96	3.39
4 เมตร	Exp.(°C)	24.7	25.2	25	24.8	23.8	23.3	23.6	23.6	23.8	23.6	24.1	23.9
	Sim.(°C)	24.56	24.56	24.56	24.56	24.56	23.29	23.29	23.29	23.96	23.96	24.56	23.96
	Err.(%)	0.57	2.61	1.79	0.98	3.09	0.04	1.33	1.33	0.67	1.50	1.87	0.25
5 เมตร	Exp.(°C)	24.8	25.4	24.5	24.6	24.5	23.3	23.4	23.5	23.3	23	23.8	23.6
	Sim.(°C)	23.96	23.35	23.96	23.96	23.96	23.35	23.35	23.96	23.96	23.96	23.96	24.56
	Err.(%)	3.51	8.78	2.25	2.67	2.25	0.21	0.21	1.92	2.75	4.01	0.67	3.91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

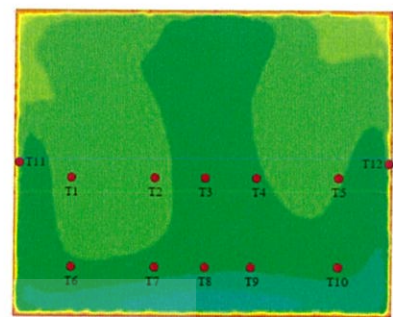
15) ใบปรับระดับที่ 4 ความเร็วพัดลมที่ 3



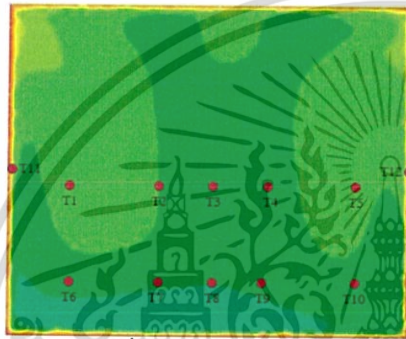
รูปที่ ก.71 ระยะ 1 เมตร



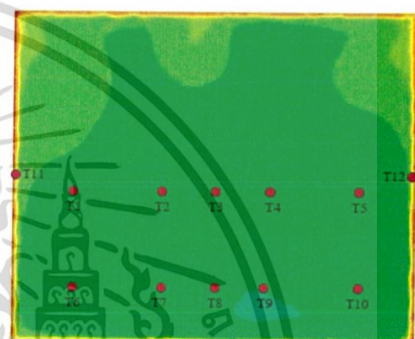
รูปที่ ก.72 ระยะ 2 เมตร



รูปที่ ก.73 ระยะ 3 เมตร



รูปที่ ก.74 ระยะ 4 เมตร



รูปที่ ก.75 ระยะ 5 เมตร

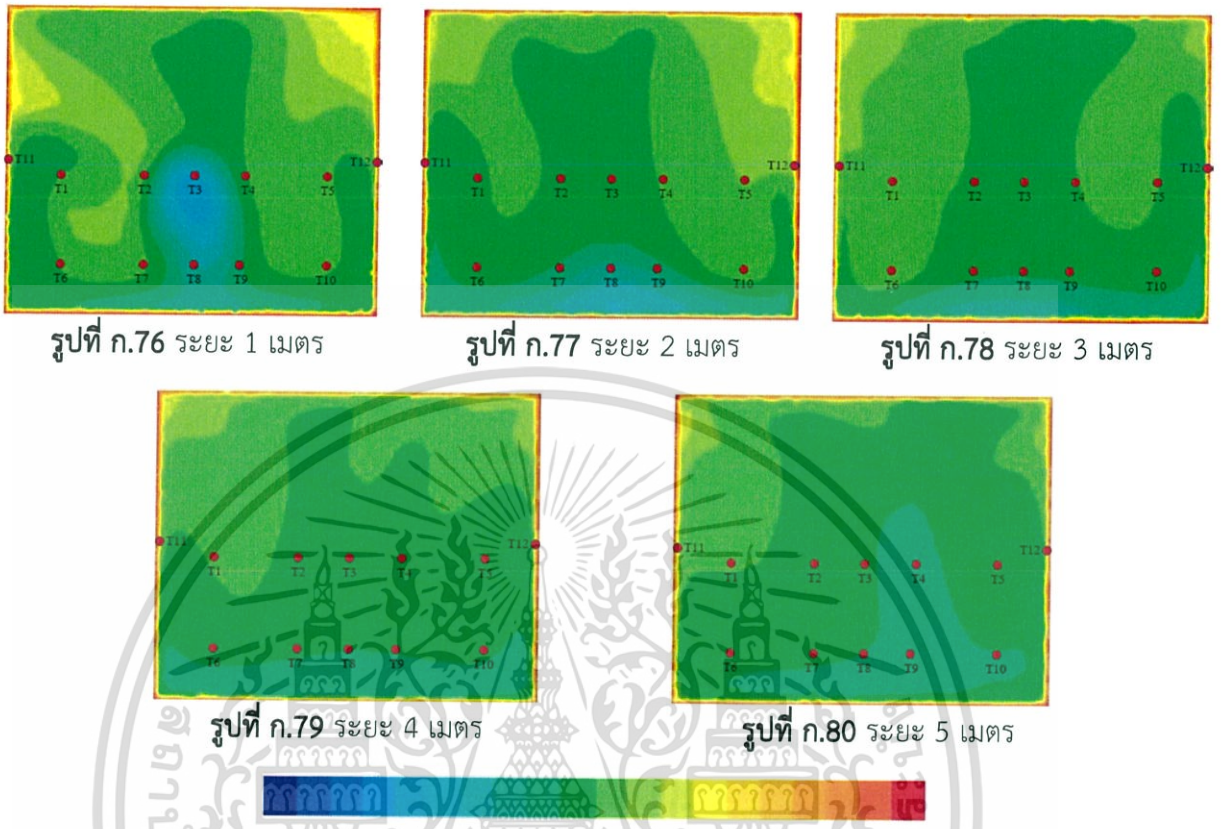


ตารางที่ ก.15 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ใบปรับระดับที่ 4 ความเร็วลม 3

V4-F3		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	24.7	22.3	24.7	24.6	24.3	24.3	24.4	24.3	24.1	20.8	23.9	23.9
	Sim.(°C)	24.54	24.54	21.5	23.32	23.93	24.54	23.32	22.11	23.32	23.93	23.93	23.93
	Err.(%)	0.65	9.13	12.09	5.92	2.80	0.98	4.20	5.92	4.63	1.55	0.13	0.13
2 เมตร	Exp.(°C)	24.7	25	24.6	24.9	24.7	23.9	23	21.3	22.5	23.9	23.4	23.3
	Sim.(°C)	24.53	24.53	23.92	24.53	24.53	24.53	23.92	22.7	23.31	23.92	23.92	23.92
	Err.(%)	0.69	1.92	2.84	1.51	0.69	2.57	3.85	6.17	3.47	0.08	2.17	2.59
3 เมตร	Exp.(°C)	25.1	24.6	22.8	24.6	24.3	23.9	23.8	24.4	23.4	23.5	23.2	23
	Sim.(°C)	24.5	24.5	23.91	23.91	24.52	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.91	23.91
	Err.(%)	2.45	0.41	4.64	2.89	0.90	0.00	0.42	2.09	2.09	1.67	2.97	3.81
4 เมตร	Exp.(°C)	24.8	25.5	25.1	25.1	23.8	23.6	24	24.1	24.1	24	24.2	24.2
	Sim.(°C)	24.53	23.92	23.92	23.92	24.53	23.92	23.92	23.92	23.92	23.92	23.92	23.91
	Err.(%)	1.10	6.61	4.93	4.93	2.98	1.34	0.33	0.75	0.75	0.33	1.17	1.21
5 เมตร	Exp.(°C)	24.6	25.2	24.2	24.6	24.3	23.6	23.7	23.8	23.6	23.5	24.3	24.1
	Sim.(°C)	23.95	23.95	23.95	23.95	23.95	23.95	23.95	23.95	23.95	23.95	23.95	23.95
	Err.(%)	2.71	5.22	1.04	2.71	1.46	1.46	1.04	0.63	1.46	1.88	1.46	0.63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16) ใบปรับระดับที่ 4 ความเร็วพัดลมที่ 4

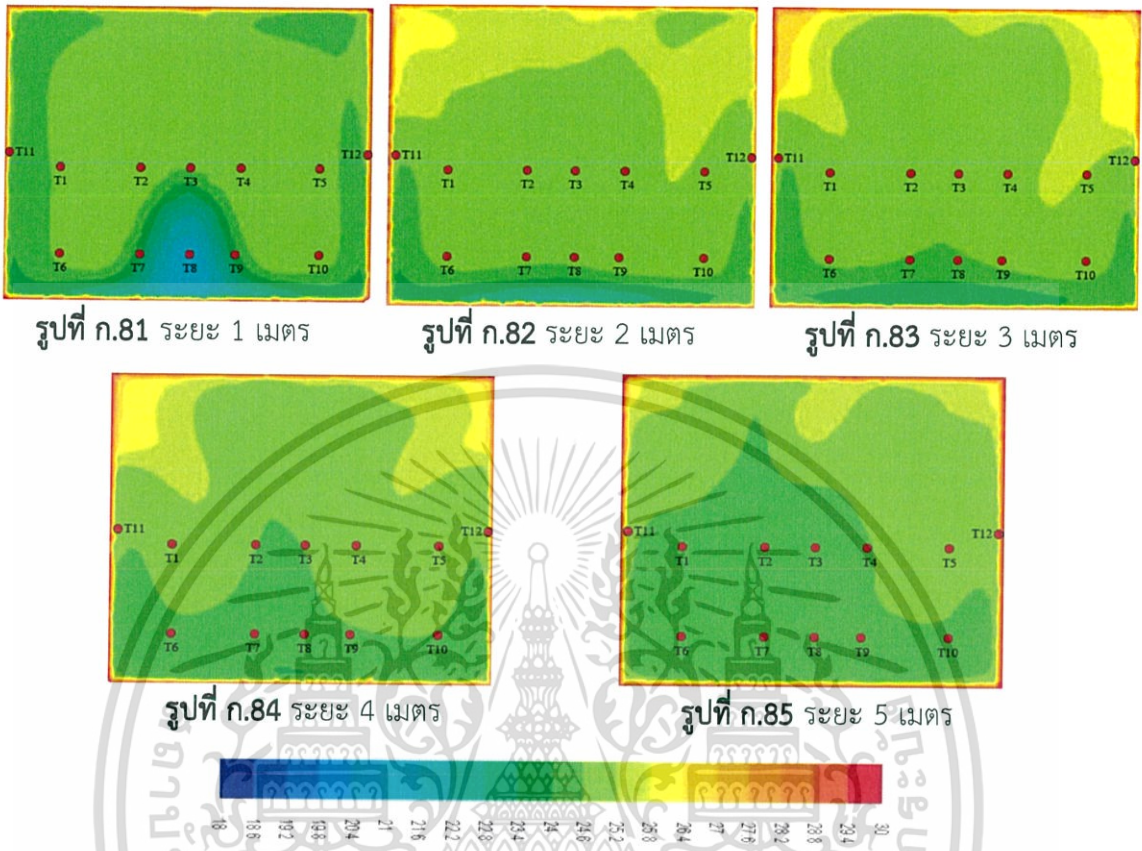


ตารางที่ ก.16 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ใบปรับระดับที่ 4 ความเร็วลมที่ 4

V4-F4		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	24.7	22.2	25.1	24.6	24.6	24.7	24.6	24.5	24.5	20.7	24.3	24.1
	Sim.(°C)	23.92	23.92	21.49	23.92	24.53	24.53	24.53	22.71	23.32	24.53	24.53	23.92
	Err.(%)	3.26	7.19	14.01	4.93	0.29	0.29	0.69	8.85	5.49	0.12	0.94	0.75
2 เมตร	Exp.(°C)	25.1	25.2	24.7	25.1	24.9	24.4	23.7	22.8	23.4	24.4	24.1	23.9
	Sim.(°C)	23.93	23.93	23.93	23.93	24.53	23.93	23.93	23.32	23.32	24.53	24.53	23.92
	Err.(%)	4.89	5.31	3.22	4.89	1.51	1.96	0.96	2.23	0.34	0.53	1.75	0.08
3 เมตร	Exp.(°C)	25.2	24.6	23.2	24.6	24.3	24	24	24.5	23.8	24	23.6	23.4
	Sim.(°C)	24.49	23.88	23.88	23.88	24.49	24.49	23.88	23.88	23.88	23.88	23.88	23.88
	Err.(%)	2.90	3.02	2.85	3.02	0.78	2.00	0.50	2.60	0.34	0.50	1.17	2.01
4 เมตร	Exp.(°C)	24.9	25.5	25.1	24.9	24.1	24.1	24.3	24.4	24.4	24.4	24.8	24.7
	Sim.(°C)	24.51	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	1.59	6.69	5.02	4.18	0.84	0.84	1.67	2.09	2.09	2.09	3.77	3.35
5 เมตร	Exp.(°C)	25.1	25.1	24.2	24.7	24.4	23.9	24	24	23.9	23.8	24.5	24.3
	Sim.(°C)	23.9	23.9	23.3	23.3	23.9	23.9	23.9	23.3	23.3	23.3	23.9	23.9
	Err.(%)	5.02	5.02	3.86	6.01	2.09	0.00	0.42	3.00	2.58	2.15	2.51	1.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17) ไปปรับระดับที่ 5 ความเร็วพัดลมที่ 1

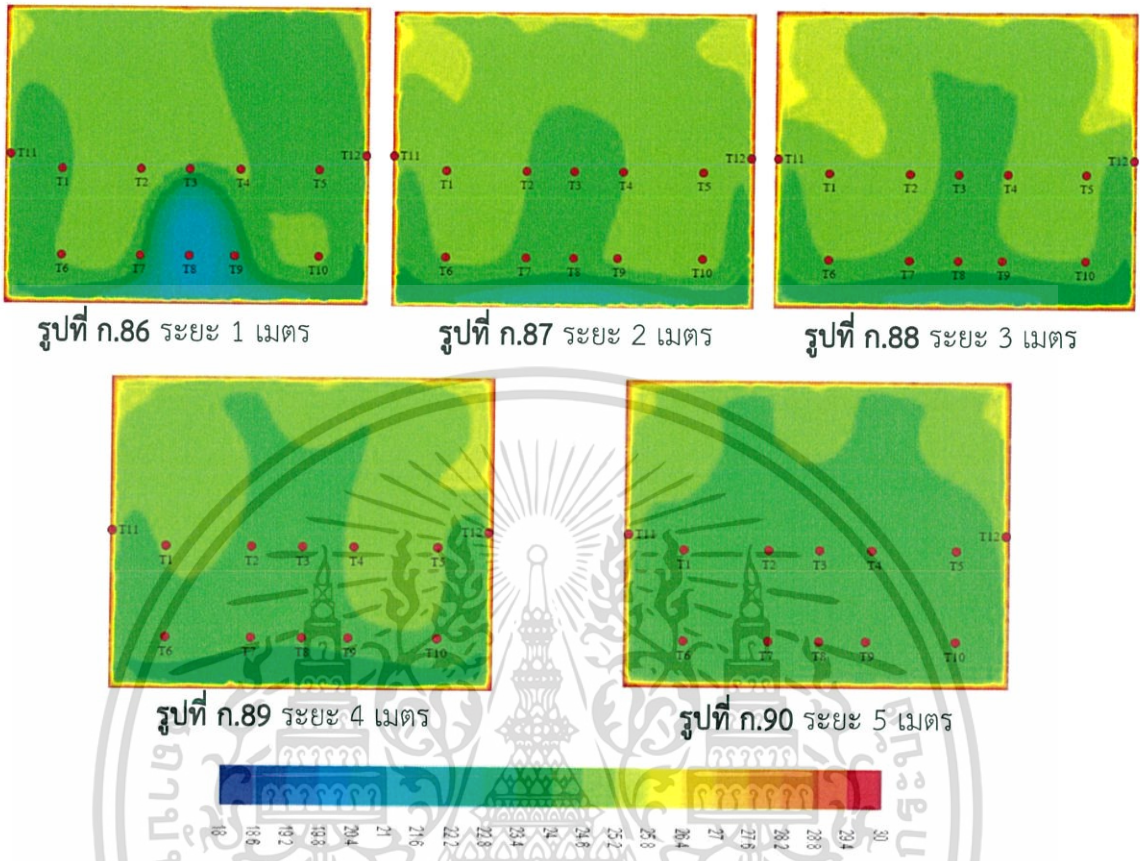


ตารางที่ ก.17 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ไปปรับระดับที่ 5 ความเร็วลมที่ 1

V5-F1		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	24.7	24.7	24.7	24.3	22.4	21.6	21.1	22.3	20.2	22.5	22.8	22.8
	Sim.(°C)	24.5	24.5	20.9	24.5	24.5	23.3	21.5	21.5	21.5	23.3	23.9	23.9
	Err.(%)	0.82	0.82	3.35	0.82	0.82	3.86	0.47	4.65	1.86	4.29	4.60	4.60
2 เมตร	Exp.(°C)	24.2	24.3	23.6	23.8	23.6	22	22.6	22.5	22.6	22.4	22.6	22.8
	Sim.(°C)	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	23.1	23.1	23.1	23.1	23.1	23.9	23.9
	Err.(%)	1.22	0.82	3.67	2.86	3.67	4.76	2.16	2.60	2.16	3.03	5.44	4.60
3 เมตร	Exp.(°C)	24.6	24.4	22.7	24.4	24	23	23	24	23.2	22.7	22.6	22.6
	Sim.(°C)	24.5	24.5	23.9	24.5	24.5	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	0.41	0.41	5.02	0.41	2.04	3.77	3.77	0.42	2.93	5.02	5.44	5.44
4 เมตร	Exp.(°C)	24.6	24.9	24.4	24.4	24.1	22.6	23.1	23.6	23.3	22.6	23.6	23.6
	Sim.(°C)	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	0.41	1.63	0.41	0.41	1.63	5.44	3.35	1.26	2.51	5.44	1.26	1.26
5 เมตร	Exp.(°C)	24.4	24.4	24.1	24.3	24.1	22.6	22.9	23.1	22.6	22.3	23.3	23.1
	Sim.(°C)	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	0.41	0.41	1.63	0.82	1.63	5.44	4.18	3.35	5.44	6.69	2.51	3.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18) ใบปรับระดับที่ 5 ความเร็วพัดลมที่ 2

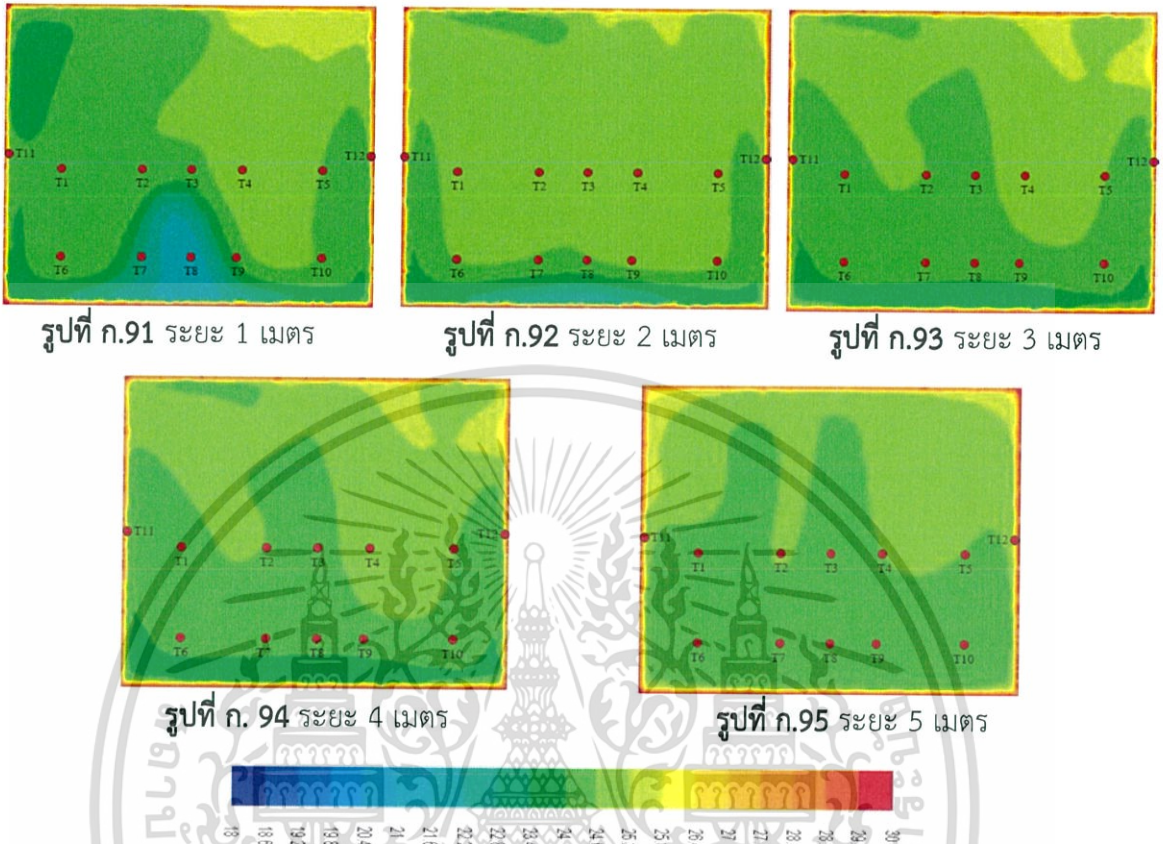


ตารางที่ ก.18 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ใบปรับระดับที่ 5 ความเร็วลมที่ 2

V5-F2		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	24.6	24.9	24.4	23.6	23.3	23.3	22.6	23.4	21.7	21	23.3	22.8
	Sim.(°C)	24.5	24.5	21.5	24.5	24.5	23.9	23.9	20.9	22.7	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	0.41	1.63	0.93	0.41	3.67	2.51	2.51	0.48	0.44	2.09	2.51	4.60
2 เมตร	Exp.(°C)	24.4	24.4	23.6	24.1	24.1	23.3	22.8	21.5	22.5	23.1	22.6	22.6
	Sim.(°C)	24.5	24.5	23.9	24.5	24.5	23.9	23.9	22.7	23.9	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	0.41	0.41	1.26	1.63	1.63	2.51	4.60	5.29	5.86	3.35	5.44	5.44
3 เมตร	Exp.(°C)	24.9	24.6	22.9	24.6	24.3	23.6	23.7	24.1	23.7	23.3	23.1	22.9
	Sim.(°C)	24.5	24.5	23.9	24.5	24.5	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	1.63	0.41	4.18	0.41	0.82	1.26	0.84	0.84	0.84	2.51	3.35	4.18
4 เมตร	Exp.(°C)	24.6	25.2	24.7	24.6	23.9	23.3	23.7	23.8	23.5	23.3	24	23.8
	Sim.(°C)	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	0.41	2.86	0.82	0.41	2.45	2.51	0.84	0.42	1.67	2.51	0.42	0.42
5 เมตร	Exp.(°C)	24.4	25.1	24.4	24.7	24.3	23.3	23.3	23.3	23	22.6	23.6	23.4
	Sim.(°C)	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	0.41	2.45	0.41	0.82	0.82	2.51	2.51	2.51	3.77	5.44	1.26	2.09

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19) ใบปรับระดับที่ 5 ความเร็วพัดลมที่ 3

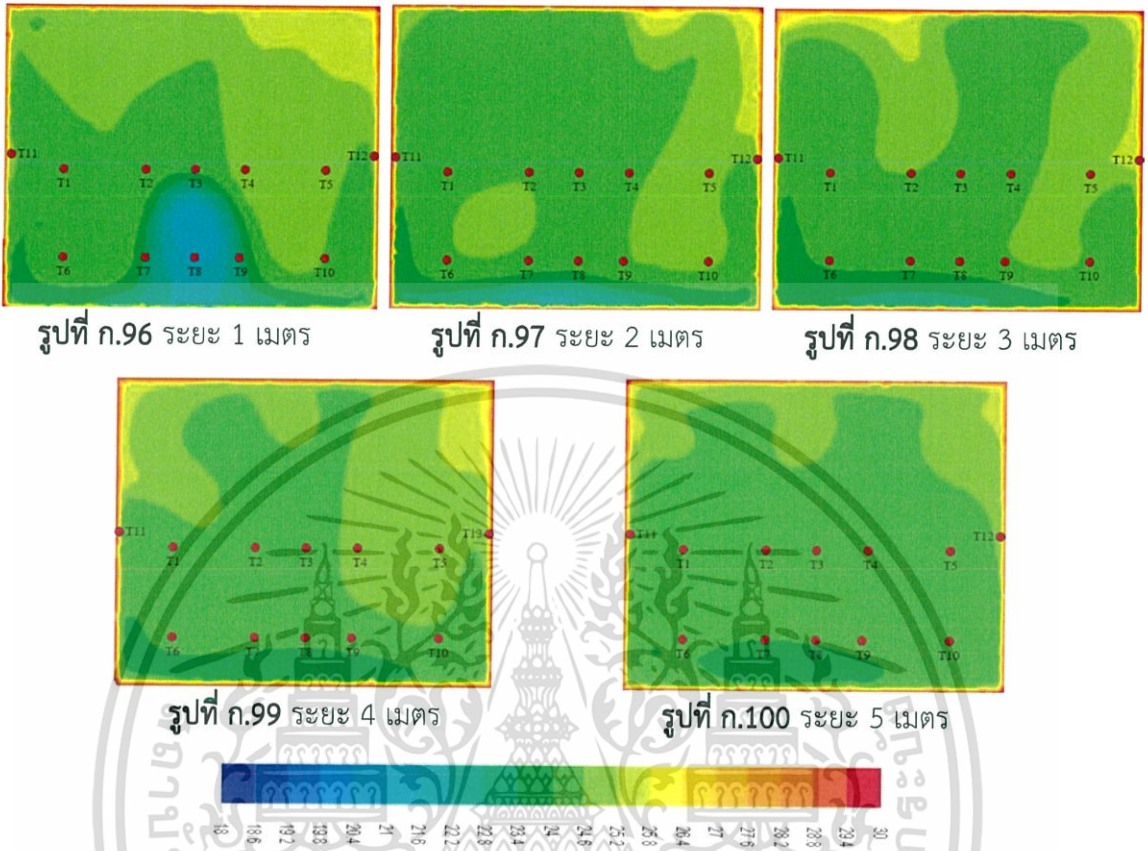


ตารางที่ ก.19 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ใบปรับระดับที่ 1 ความเร็วลมที่ 2

V5-F3		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	24.3	24.7	24.4	24	23.9	24	23.7	24	23	21.9	23.6	23.5
	Sim.(°C)	24.5	24.5	23.9	24.5	24.5	23.9	23.9	22.1	23.9	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	0.82	0.82	3.77	0.41	2.04	0.00	0.42	0.90	0.84	0.42	1.26	1.67
2 เมตร	Exp.(°C)	24.6	24.6	24	24.5	24.3	23.8	23.3	21.6	22.4	23.4	23.1	23
	Sim.(°C)	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	23.9	23.9	22.7	22.7	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	0.41	0.41	2.04	0.00	0.82	0.42	2.51	4.85	1.32	2.09	3.35	3.77
3 เมตร	Exp.(°C)	25	24.5	23.1	24.5	24.4	24.1	24	24	23.9	23.9	23.3	23.1
	Sim.(°C)	25.1	24.5	23.9	24.5	24.5	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	0.40	0.00	3.35	0.00	0.41	0.84	0.42	0.42	0.00	0.00	2.51	3.35
4 เมตร	Exp.(°C)	25	25.4	25.1	24.7	24.3	24.1	24.3	24.4	24.1	23.9	24.7	24.7
	Sim.(°C)	25.1	25.1	25.1	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	23.9	23.9	24.5	24.5
	Err.(%)	0.40	1.20	0.00	0.82	0.82	1.63	0.82	0.41	0.84	0.00	0.82	0.82
5 เมตร	Exp.(°C)	24.4	25.2	24.6	24.7	24.4	23.4	23.5	23.6	23.3	23.1	24	23.9
	Sim.(°C)	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9
	Err.(%)	0.41	2.86	0.41	0.82	0.41	2.09	1.67	1.26	2.51	3.35	0.42	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20) ใบปรับระดับที่ 5 ความเร็วพัดลมที่ 4



ตารางที่ ก.20 ค่าอุณหภูมิระหว่างการทดลองและแบบจำลองที่ใบปรับระดับที่ 5 ความเร็วลมที่ 4

V5-F4		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1 เมตร	Exp.(°C)	25.1	24.7	24.6	24.5	24.6	24.5	24.3	24.7	23.7	23.5	24.3	24.1
	Sim.(°C)	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	23.9	23.9	23.3	23.9	23.9	24.5	24.5
	Err.(%)	2.45	0.82	3.27	0.41	0.00	2.93	2.51	0.86	1.67	3.35	0.82	1.63
2 เมตร	Exp.(°C)	24.7	24.6	24.3	24.6	24.6	24.2	23.6	23	23.5	24	24	23.8
	Sim.(°C)	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	23.9	23.5	23.9	23.9	24.5	24.5
	Err.(%)	0.82	0.41	0.82	0.41	0.41	1.22	1.26	2.13	1.67	0.42	2.04	2.86
3 เมตร	Exp.(°C)	24.9	24.6	23.5	24.6	24.6	24.4	24.3	24.2	24.2	24	23.6	23.4
	Sim.(°C)	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	23.9	23.9
	Err.(%)	1.63	0.41	4.08	0.41	0.41	0.41	0.82	1.22	1.22	2.04	1.26	2.09
4 เมตร	Exp.(°C)	25.1	25.2	24.9	25.1	24.9	24.6	24.9	25.2	24.8	24.6	25.1	25.4
	Sim.(°C)	25.1	24.5	24.5	24.5	25.1	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	25.1	25.1
	Err.(%)	0.00	2.86	1.63	2.45	0.80	0.41	1.63	2.86	1.22	0.41	0.00	1.20
5 เมตร	Exp.(°C)	24.6	25.2	24.6	24.7	24.6	23.8	23.9	24.1	23.8	23.4	24.6	24.4
	Sim.(°C)	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	24.5	24.5
	Err.(%)	0.41	2.86	0.41	0.82	0.41	0.42	0.00	0.84	0.42	2.09	0.41	0.41

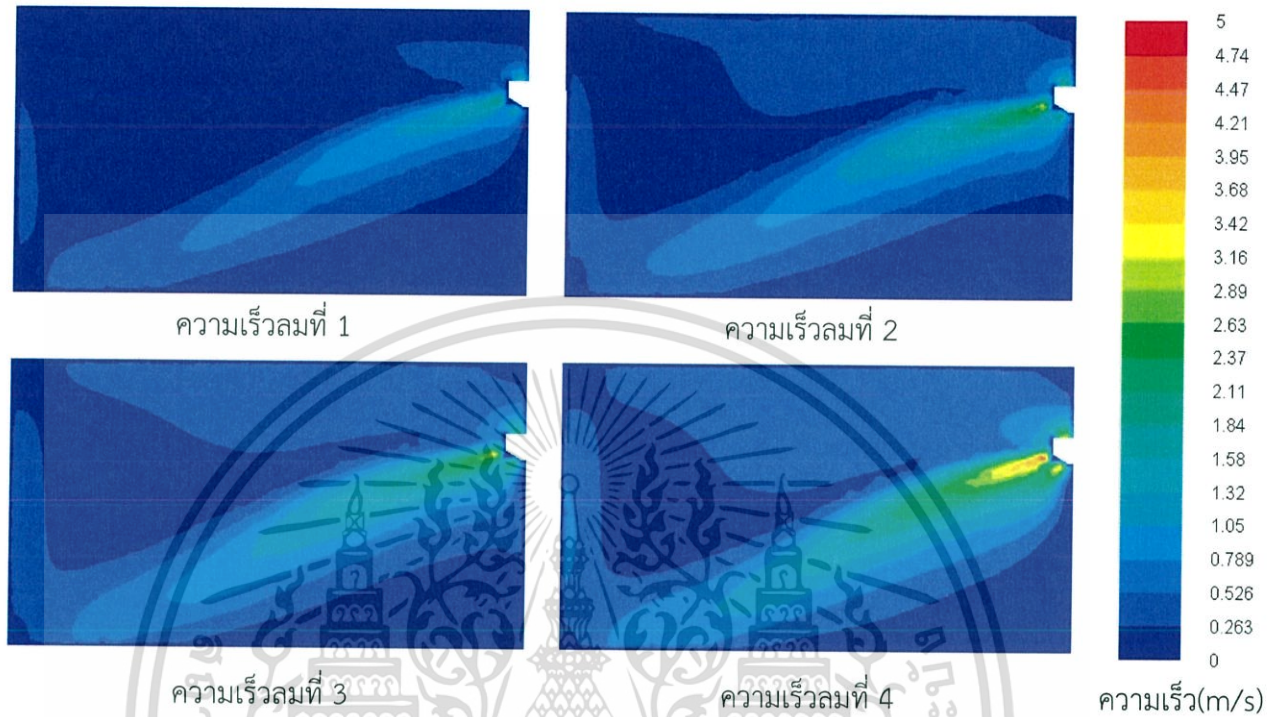
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วลม

1) ผลการจำลองความเร็วลมที่ใบปรับระดับที่ 1



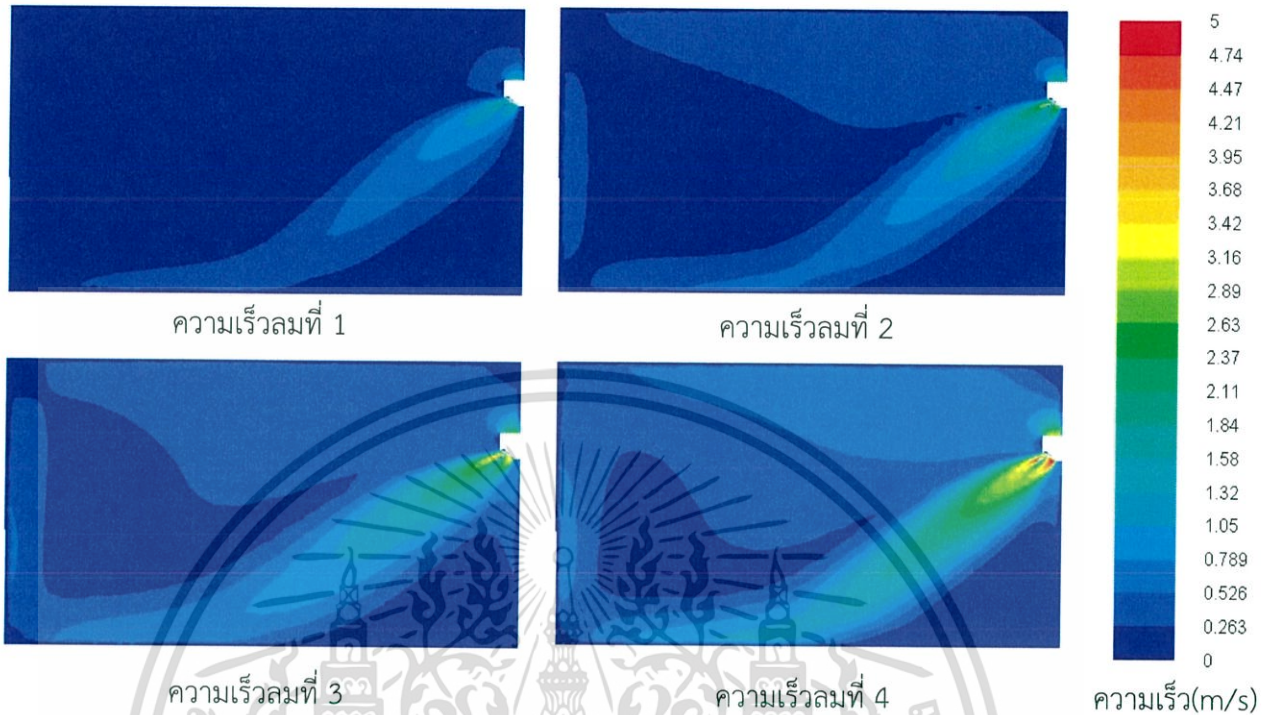
รูปที่ ข.1 ผลการจำลองความเร็วลมที่ใบปรับระดับที่ 1

ตารางที่ ข.1 ความเร็วลม(เมตร/วินาที)ที่ตำแหน่งเดียวกันของการจำลองและการทดลองใบปรับระดับที่ 1

V1	F1		F2		F3		F4	
Distance	Sim.	Exp.	Sim.	Exp.	Sim.	Exp.	Sim.	Exp.
0.5	1.6-1.8	1.75	2.6-2.9	2.73	2.6-2.9	2.61	3.6-3.9	3.76
1	1.2-1.3	1.73	1.9-2.2	2.03	2-2.3	2.16	2.5-2.7	2.61
2	0.9-1	1.44	1.2-1.4	1.82	1.4-1.7	2.05	1.9-2.2	2.23
3	0.6-0.7	0.9	0.7-0.9	1.46	0.8-1.1	1.51	1.3-1.6	1.53
4	0.3-0.4	0.83	0.4-0.7	1.01	0.5-0.8	1.01	0.8-1.1	0.92
5	0.2-0.3	0.76	0.2-0.4	0.74	0.2-0.5	0.92	0.5-0.8	1.06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2) ผลการจำลองความเร็วลมที่ใบปรับระดับที่ 2



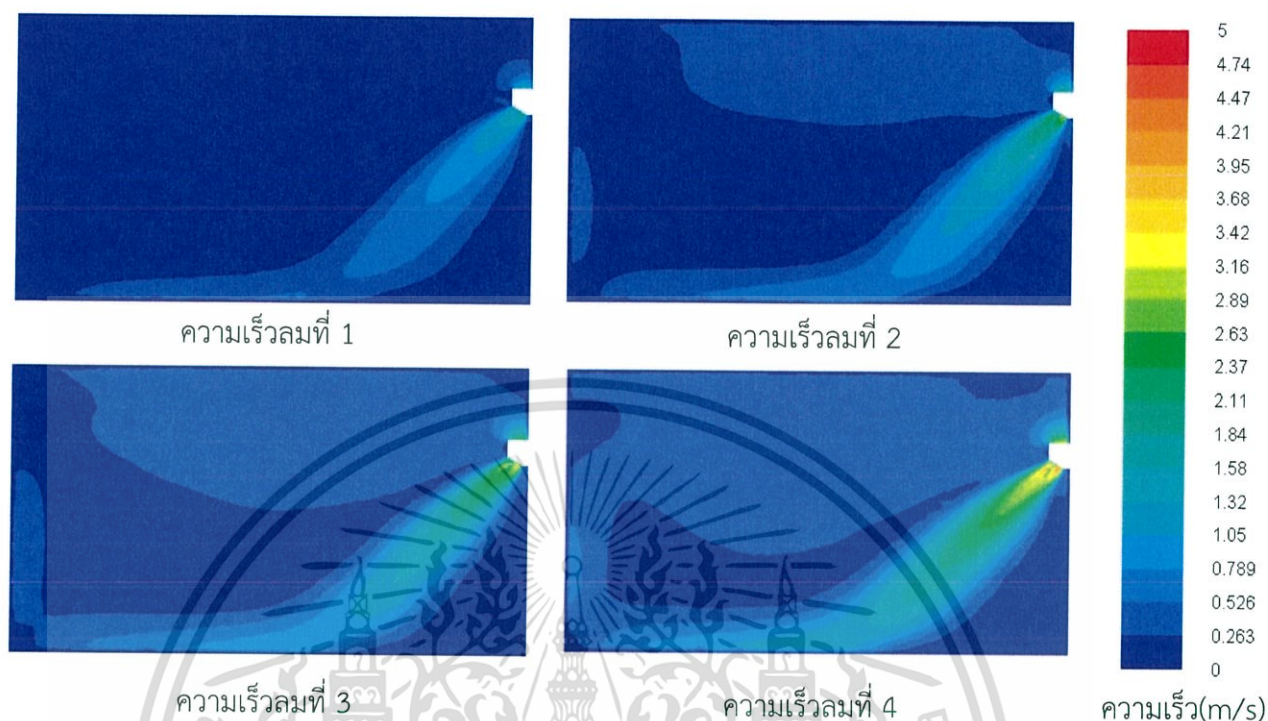
รูปที่ ข.2 ผลการจำลองความเร็วลมที่ใบปรับระดับที่ 2

## ตารางที่ ข.2 ความเร็วลม(เมตร/วินาที)ที่ตำแหน่งเดียวกันของการจำลองและการทดลองใบปรับระดับที่ 2

V2	F1		F2		F3		F4	
	Sim.	Exp.	Sim.	Exp.	Sim.	Exp.	Sim.	Exp.
Distance								
0.5	1.2-1.3	1.6	1.8-2.08	3.04	2.4-2.7	3.06	3.04-3.42	3.29
1	0.8-0.9	1.3	1.25-1.46	1.51	1.8-2.1	2.18	2.2-2.6	2.09
2	0.5-0.7	0.69	0.8-1.0	0.83	1.2-1.5	1.46	1.5-1.9	1.3
3	0.3-0.47	0	0.4-0.6	0.56	0.9-1.21	0.97	0.7-1.14	1.08
4	0.3-0.47	0.47	0.4-0.6	0.92	0.6-0.9	0.99	0.7-1.14	0.97
5	0	0	0	1.12	0.6-0.9	1.1	0.7-1.14	1.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3) ผลการจำลองความเร็วลมที่ใบปรับระดับที่ 3



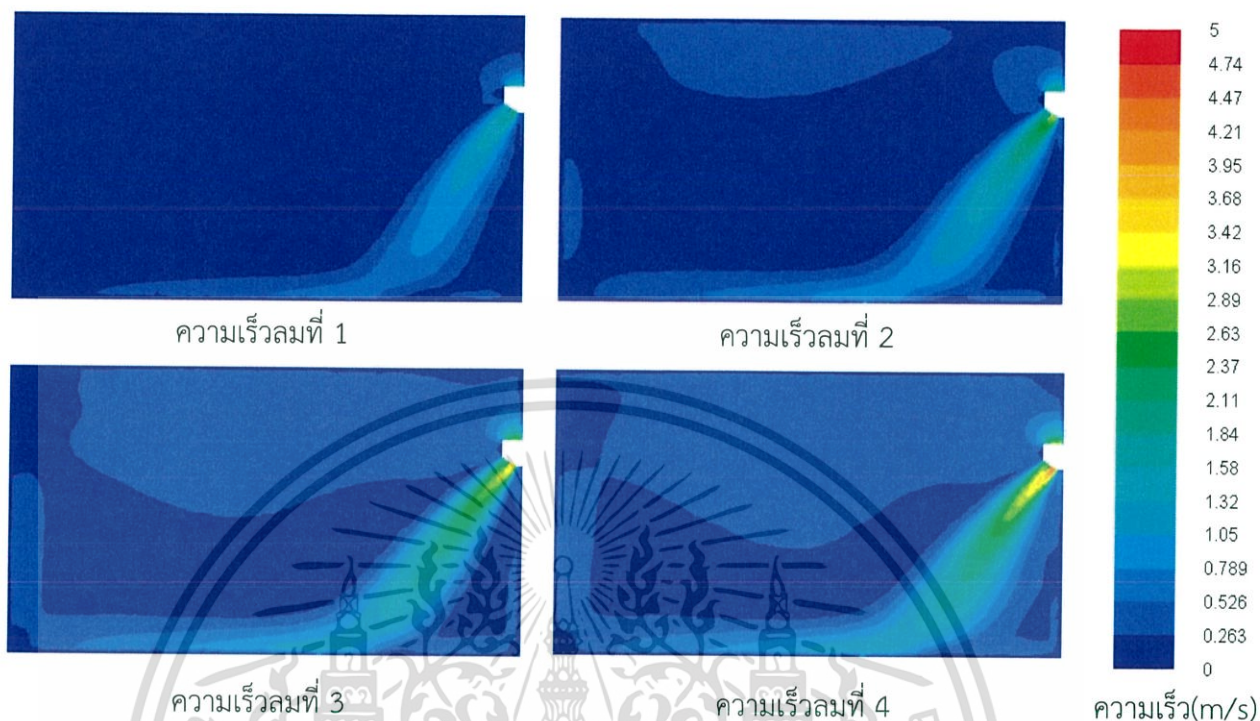
รูปที่ ข.3 ผลการจำลองความเร็วลมที่ใบปรับระดับที่ 3

## ตารางที่ ข.3 ความเร็วลม(เมตร/วินาที)ที่ตำแหน่งเดียวกันของการจำลองและการทดลองใบปรับระดับที่ 3

V3	F1		F2		F3		F4	
	Sim.	Exp.	Sim.	Exp.	Sim.	Exp.	Sim.	Exp.
Distance								
0.5	1.1-1.2	1.82	1.78-1.9	2.36	2.19-2.33	3.09	2.9-3.1	3.79
1	0.7-0.9	1.15	1.29-1.46	1.37	1.6-1.75	1.69	2.1-2.4	2.18
2	0.45-0.56	0.85	0.81-0.9	0.9	1.02-1.16	1.1	1.4-1.6	1.94
3	0.4-0.5	0.54	0.6-0.8	0.78	0.8-1.0	1.3	1.2-1.9	1.39
4	0	0	0.4-0.6	0.51	0.8-1.0	1.42	0.7-0.9	1.3
5	0	0	0	0	0	0	0.4-0.7	1.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4) ผลการจำลองความเร็วลมที่ใบปรับระดับที่ 4



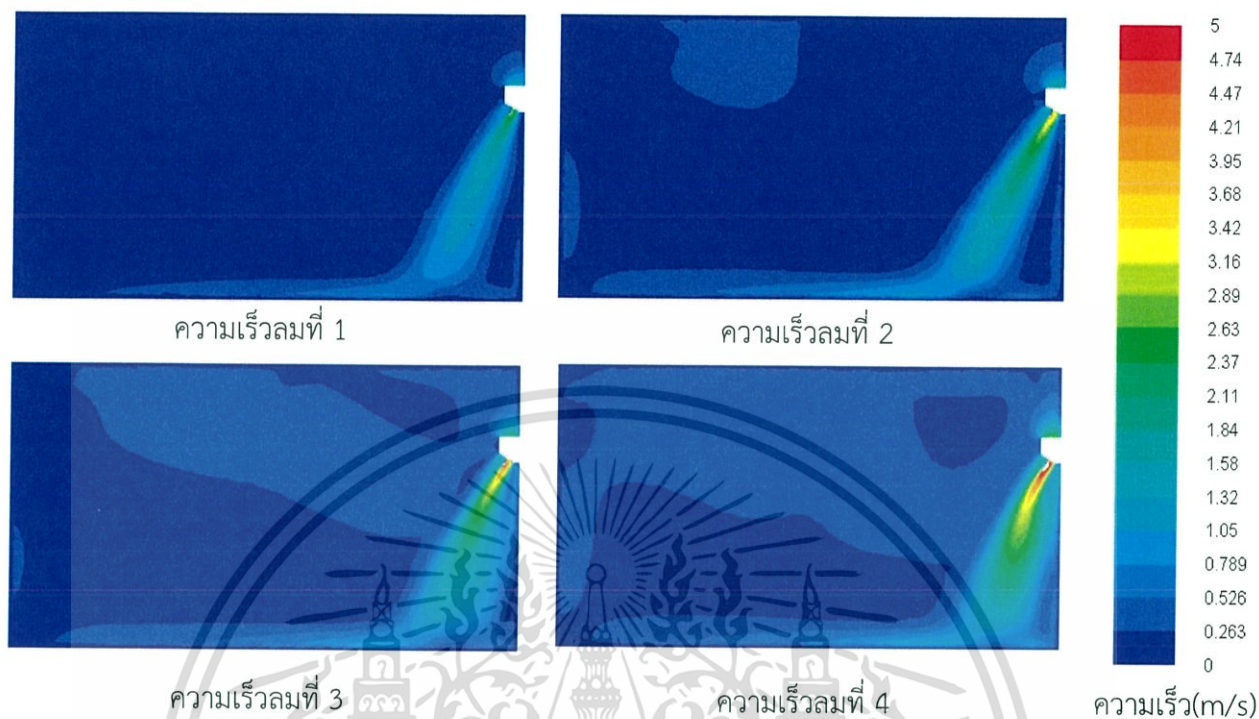
รูปที่ ข.4 ผลการจำลองความเร็วลมที่ใบปรับระดับที่ 4

## ตารางที่ ข.4 ความเร็วลม(เมตร/วินาที)ที่ตำแหน่งเดียวกันของการจำลองและการทดลองใบปรับระดับที่ 4

V4	F1		F2		F3		F4	
	Sim.	Exp.	Sim.	Exp.	Sim.	Exp.	Sim.	Exp.
Distance								
0.5	0.88-1.01	0.92	1.86-1.97	2.03	2.48-2.62	2.7	2.91-3.08	2.43
1	0.88-1.01	0	1.31-1.42	0	1.75-1.89	0.72	2.05-2.22	1.12
2	0.5-0.62	0.67	0.76-0.87	0	1.02-1.16	0	1.02-1.19	0
3	0	0.92	0.65-0.76	1.17	0.75-0.87	1.17	0.85-1.02	1.3
4	0	0.28	0	1.19	0	1.39	0	1.57
5	0	0	0	0.63	0	0.9	0	1.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5) ผลการจำลองความเร็วลมที่ใบปรับระดับที่ 5



รูปที่ ข.5 ผลการจำลองความเร็วลมที่ใบปรับระดับที่ 5

## ตารางที่ ข.5 ความเร็วลม(เมตร/วินาที)ที่ตำแหน่งเดียวกันของการจำลองและการทดลองใบปรับระดับที่ 5

V5	F1		F2		F3		F4	
	Sim.	Exp.	Sim.	Exp.	Sim.	Exp.	Sim.	Exp.
Distance								
0.5	1.3-1.5	1.33	2.1-2.4	2.07	2.5-2.7	2.48	2.9-3.3	3.09
1	0.7-0.9	0.78	1.3-1.6	0.42	1.1-1.3	0.56	1.4-1.8	0.47
2	0.3-0.5	0.7	0.5-0.8	1.15	0.5-0.8	1.48	0.7-1.1	1.51
3	0	0.67	0	1.17	0	1.51	0	1.82
4	0	0	0	0.58	0	1.08	0	1.28
5	0	0	0	0	0	0	0	0.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้