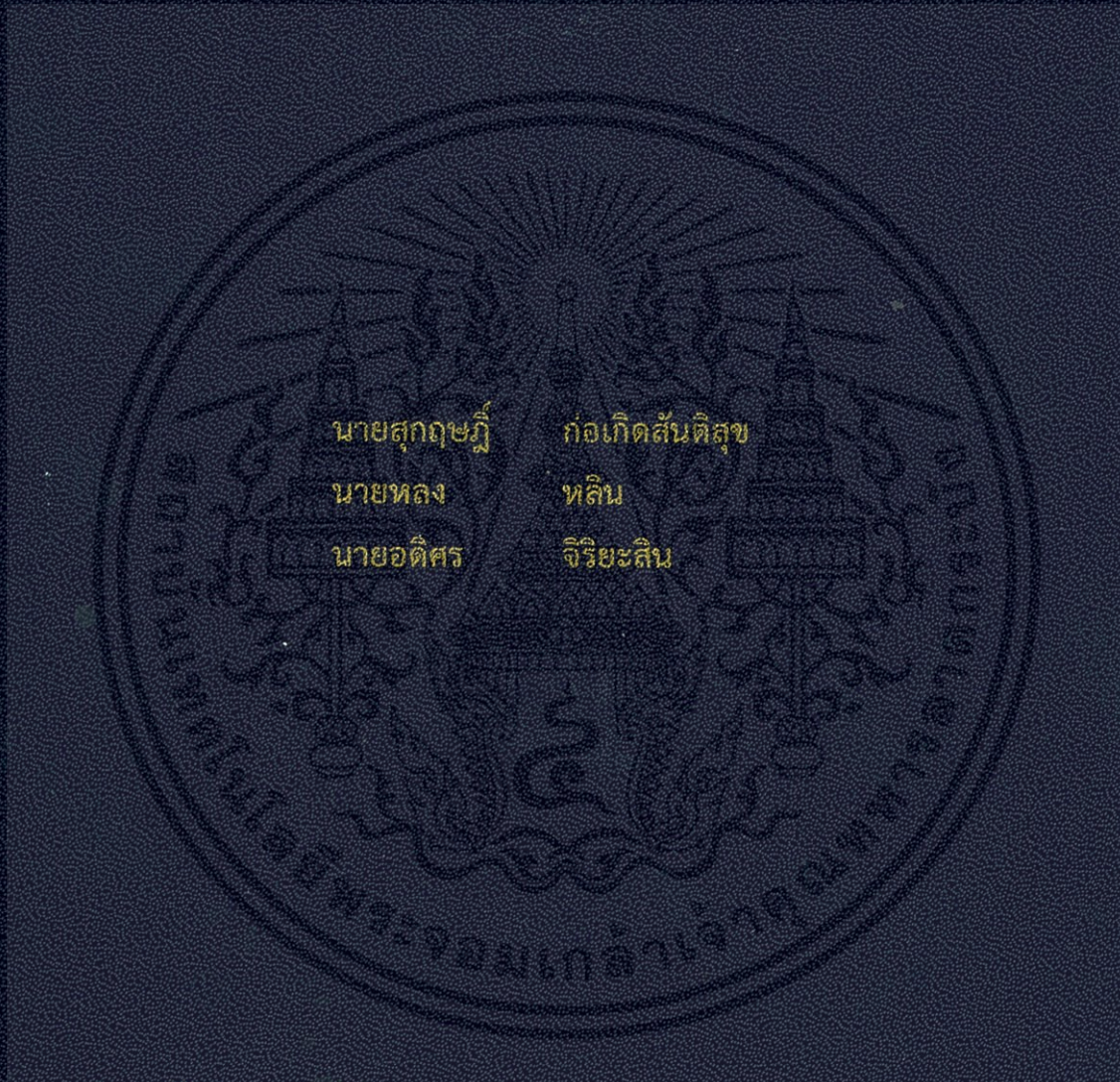


การศึกษาเสียงรบกวนในเครื่องปรับอากาศ  
STUDY ON OPERATING NOISE IN AIR CONDITIONER



นายสุกฤษฎี ก่อเกิดสันติสุข  
นายหลง หลิน  
นายอดิศร จิริยะสิน

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2556

# การศึกษาเสียงรบกวนในเครื่องปรับอากาศ

## STUDY ON OPERATING NOISE IN AIR CONDITIONER



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2556

# STUDY ON OPERATING NOISE IN AIR CONDITIONER



SUKRIT KORKERDSANTISUK  
LONG LIN  
ADISORN JIRIYASIN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภาควิชา FACULTY OF ENGINEERING อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG มีกรรมสิทธิ์

2013

ปริญญาโทปีการศึกษา 2556

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาเสียงรบกวนในเครื่องปรับอากาศ

STUDY ON OPERATING NOISE IN AIR CONDITIONER

ผู้จัดทำ

1. นาย สุกฤษฎี ก่อเกิดสันติสุข รหัสประจำตัว 53011713
2. นาย หลง หลิน รหัสประจำตัว 53011817
3. นาย อติศร จิริยะสิน รหัสประจำตัว 53011824

  
(ผศ.ดร.อนันต์ พิณโสภณ)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การวิเคราะห์เสียงในเครื่องปรับอากาศ

นายสุกฤษฎี	ก่อเกิดสันติสุข	53011713
นายอดิศร	จริยะสิน	53011824
นายหลง	หลิน	53011817
ผศ.ดร.อุนนต์	พิณโสภณ	อาจารย์ที่ปรึกษา ปีการศึกษา 2556

### บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์เสียงในชุดคอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศยี่ห้อ Samsung โดยทำการวัดเสียงภายในห้องเก็บเสียงและนำมาเปรียบเทียบกับแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม Ansys Fluent ซึ่งภายในชุดคอยล์เย็นนั้นทางผู้จัดทำได้ทำการตกแต่งรูปร่างภายในทั้งหมด 10 แบบ และได้ทำการวัดเสียงภายในชุดคอยล์เย็นในรูปทรงต่างๆ ที่ดัดแปลงมาเปรียบเทียบกับผลจากการคำนวณทางคอมพิวเตอร์ พบว่าเสียงที่เกิดขึ้นในชุดคอยล์เย็นแปรผันตามความปั่นป่วนและความเร็วของลมภายในชุดคอยล์เย็นตามค่าที่ได้จากการคำนวณทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งข้อมูลผลการทดลองต่างๆ ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้น่าจะมีประโยชน์ต่อการนำไปออกแบบภายในชุดคอยล์เย็นจริง เมื่อค่าของความปั่นป่วนหรือความเร็วลมยิ่งน้อยจะทำให้ค่าความดังของเสียงน้อยลงตามไปด้วย

**คำหลัก:** ชุดคอยล์เย็น, ความปั่นป่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## STUDY ON OPERATING NOISE IN AIR CONDITIONER

SUKRIT KORKERDSANTISUK

ADISORN JIRIYASIN

LONG LIN

Assist. Prof.DR. UNNAT PINSOPON Advisor

### Abstract

This project is the study of the operating noise of the evaporator of Samsung air conditioner. The operating noise of the evaporator was measured in the anechoic room. Computer simulations of air flow inside the evaporator were also conducted using the Ansys Fluent finite volume program. The interior structure of the evaporator was modified in 10 different shapes. The noise of the modified evaporators were measured and compared with the simulation results. It was found that the actual operating noise relates with the values of turbulent intensity and the velocity of the air flow inside the evaporator obtained from the computer simulations. The actual operating noise increases with the increasing of the calculated values of turbulent intensity and velocity. The computer simulation model of evaporator obtained from this thesis study could be helpful in the design process of evaporator. The design of evaporator that yields smaller calculated value of turbulent intensity or velocity could likely produces less operating noise.

**Keywords:** Cooling coil, Turbulence

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ก็เพราะด้วยความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ เสมอมา จาก ผศ.ดร.อุนนต์ พิณโสภณ ผศ.มิ่ง โลกิจแสงทอง รศ.ดร.จารุวัตร เจริญสุข และผศ.ดร.มนต์ศักดิ์ พิมสาร ต้องขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านเป็นอย่างมาก

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ที่เอื้อเพื่อให้ยืมเครื่องมือและอุปกรณ์ และขอบคุณพี่เอกราช บำรุงไทยชัยชาญ ที่ให้ความช่วยเหลือและให้ความรู้เกี่ยวกับการทำแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจเอาใจใส่เสมอมา ในทุก ๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้



นายอดิศร จิริยะสิน  
นายหลง หลิน  
นายสุกฤษฎี ก่อเกิดสันติสุข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	1
1.3 สมมุติฐาน.....	1
1.4 ขอบเขตการศึกษา.....	1
1.5 ขั้นตอนการศึกษา.....	2
1.6 ข้อจำกัดของการศึกษา.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.2 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับเรื่องเสียง.....	6
2.2.1 กลไกที่ทำให้เกิดการได้ยินเสียง.....	6
2.2.2 ธรรมชาติของเสียง.....	6
2.3 ระดับเสียง.....	9
2.3.1 ระดับความเข้มเสียง.....	9
2.3.2 ระดับความดันเสียง.....	9
2.4 การวัดกำลังเสียง.....	13
2.4.1 ระดับกำลังเสียง.....	13
2.4.2 ห้องก้องกังวาน.....	13
2.4.3 ห้องไร้เสียงสะท้อน หรือห้องกึ่งไร้เสียงสะท้อน.....	14
2.4.4 กำรวัดแบบสำรวจกำลังงานของเสียง.....	15
2.5 ค่าเทอบูลเลนอินเทนซิตี.....	16
2.6 ค่าเทอบูลเลนโคเนติกเอนอริยี.....	17
2.7 ทฤษฎีโปรแกรม ANSYS FLUENT.....	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้เผยแพร่ลงนอกระบบ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรณีนำไปใช้

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.7.1 Proudman's Formular.....	17
2.7.2 Jet noise source model.....	18
2.7.3 The boundary layer noise source model.....	18
2.7.4 Source terms in Linearized Euler Equation.....	19
2.7.5 Source terms in Lilley's Equation.....	19
2.8 ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก.....	20
<b>บทที่ 3 การทดลองและอุปกรณ์.....</b>	<b>21</b>
3.1 วิธีการทดลอง.....	21
3.1.1 ส่วนทดลองเปลี่ยนรูปทรงเพื่อหาแนวโน้มของเสียงที่เกิดขึ้น.....	21
3.1.2 ทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง.....	22
3.1.3 ส่วนทดสอบแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์.....	22
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	25
3.3 การทำงานจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้คอมพิวเตอร์.....	29
3.3.1 การสร้างแบบจำลอง.....	29
3.3.2 การประยุกต์ใช้โปรแกรม ANSYS FLUENT 13.0.....	31
<b>บทที่ 4 ผลการทดลอง.....</b>	<b>32</b>
4.1 ส่วนการทดลองวัดเสียงจากเครื่องปรับอากาศ.....	32
4.1.1 การทดลองวัดเสียงสัญญาณรบกวนพื้นหลัง.....	32
4.1.2 การทดลองวัดเสียงจากการทำงานของเครื่องปรับอากาศ.....	33
4.1.3 การทดลองวัดเสียงจากเครื่องปรับอากาศที่ดัดแปลงรูปทรงภายใน.....	38
4.2 รายละเอียดโมเดลที่ใช้ในแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์.....	42
4.2.1 รายละเอียด mesh.....	42
4.2.2 Boundary Condition.....	43
4.2.3 Cell Zone Condition.....	44
4.2.4 วิธีการตั้งค่าคุณสมบัติต่างๆ ในการทำ Simulation.....	44
4.3 การทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง.....	46
4.4 การทดลองหาแนวโน้มของเสียงจากโปรแกรม.....	48
4.5 ผลการทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองในทุกกรณี.....	211
4.6 การหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อค่าความดังเสียง.....	212
4.6.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดังเสียงกับตัวแปรอื่นๆ.....	214

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	222
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	222
5.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง.....	223
5.3 ปัญหาที่พบในการทดลอง.....	223
5.4 ข้อเสนอแนะ.....	223
เอกสารอ้างอิง.....	224
ภาคผนวก.....	225



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางการถ่วงน้ำหนักแบบ A และ C สำหรับ One-third octave band.....	12
4.1 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองวัดเสียงสัญญาณรบกวนพื้นหลังภายในห้องวัดเสียง.....	33
4.2 แสดงผลลัพธ์ของเสียงที่เกิดขึ้นจากเครื่องปรับอากาศที่ระดับความเร็วต่ำ.....	34
4.3 แสดงผลลัพธ์ของเสียงที่เกิดขึ้นจากเครื่องปรับอากาศที่ระดับความเร็วปานกลาง.....	35
4.4 แสดงผลลัพธ์ของเสียงที่เกิดขึ้นจากเครื่องปรับอากาศที่ระดับความเร็วสูง.....	36
4.5 สเปกตรัมความดันเสียงของพัลลวมรอบต่ำความละเอียด1/3octave band ในแบบทั่วไป,AและC.....	37
4.6 แสดงตัวอย่างค่าที่ได้วัดเครื่องปรับอากาศที่ได้รับการเปลี่ยนแปลงรูปทรงภายในแล้ว.....	40
4.7 แสดงค่าระดับกำลังเสียงที่เกิดจากเครื่องปรับอากาศที่ได้รับการเปลี่ยนแปลงรูปร่างต่างๆ.....	40
4.7ก แสดงค่าระดับความดันเสียงรวม (Overall Sound Pressure Level) ที่เกิดจาก เครื่องปรับอากาศในทุกรูปทรง ในแบบทั่วไป, A-weight และ C-weight.....	41
4.8 รายละเอียดของ mesh ในแต่ละโซน.....	40
4.9 รายละเอียดการตั้งค่าที่ชอบต่างๆ.....	43
4.10 เปรียบเทียบความเร็วลมระหว่างผลการทดลองจริงและแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์.....	48
4.11 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 1 ที่ความเร็วรอบต่ำ.....	57
4.12 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 1 ที่ความเร็วรอบปานกลาง.....	61
4.13 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 1 ที่ความเร็วรอบสูง.....	66
4.14 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 2 ที่ความเร็วรอบต่ำ.....	72
4.15 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 2 ที่ความเร็วรอบปานกลาง.....	77
4.16 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 2 ที่ความเร็วรอบสูง.....	82
4.17 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 3 ที่ความเร็วรอบต่ำ.....	88
4.18 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 3 ที่ความเร็วรอบปานกลาง.....	93
4.19 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 3 ที่ความเร็วรอบสูง.....	98
4.20 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 4 ที่ความเร็วรอบต่ำ.....	104
4.21 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 4 ที่ความเร็วรอบปานกลาง.....	109
4.22 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 4 ที่ความเร็วรอบสูง.....	114
4.23 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 5 ที่ความเร็วรอบต่ำ.....	120
4.24 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 5 ที่ความเร็วรอบปานกลาง.....	125

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้ก่อนจะเผยแพร่ไปยังผู้ใช้ประโยชน์ในการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง(ต่อ)

ตาราง	หน้า
4.25 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 5 ที่ความเร็วรอบสูง.....	130
4.26 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 6 ที่ความเร็วรอบต่ำ.....	136
4.27 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 6 ที่ความเร็วรอบปานกลาง.....	141
4.28 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 6 ที่ความเร็วรอบสูง.....	146
4.29 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 7 ที่ความเร็วรอบต่ำ.....	152
4.30 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 7 ที่ความเร็วรอบปานกลาง.....	157
4.31 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 7 ที่ความเร็วรอบสูง.....	162
4.32 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 8 ที่ความเร็วรอบต่ำ.....	168
4.33 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 8 ที่ความเร็วรอบปานกลาง.....	173
4.34 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 8 ที่ความเร็วรอบสูง.....	178
4.35 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 9 ที่ความเร็วรอบต่ำ.....	185
4.36 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 9 ที่ความเร็วรอบปานกลาง.....	189
4.37 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 9 ที่ความเร็วรอบสูง.....	195
4.38 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 10 ที่ความเร็วรอบต่ำ.....	200
4.39 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 10 ที่ความเร็วรอบปานกลาง.....	205
4.40 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 10 ที่ความเร็วรอบสูง.....	210
4.41 ผลความเร็วลมที่ช่องทางลมเข้าและออก จากผลการทดลองจริงและแบบจำลอง.....	211
4.42 สรุปข้อมูลที่เก็บค่าได้จากการทดลองจริงและแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์.....	212

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ชุดทดลองของงานวิจัย [6] เส้นประแสดงพื้นผิวที่ทำการวัดค่าระดับกำลังเสียง.....	3
2.2 ค่าระดับกำลังเสียงที่บริเวณต่างๆ ในกรณีติดตั้งคอยล์เย็น และอัตราการไหลลม 2250 cfm.....	4
2.3 ค่าระดับกำลังเสียง ณ บริเวณต่างๆ ที่อัตราการไหลลมต่างๆ .....	4
2.4 รูปร่างของลื่นไวยูตที่ปรับเปลี่ยนในงานวิจัย .....	5
2.5 ผลของการเปลี่ยนรูปร่างของลื่นไวยูตต่อประสิทธิภาพการทำงานของพัดลม.....	5
2.6 ผลของการเปลี่ยนรูปร่างของลื่นไวยูตต่อเสียงจากการทำงานของพัดลม.....	5
2.7 แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ของโบรเวอร์ที่ใช้ในการคำนวณ.....	6
2.8 กลไกที่ทำให้เกิดการได้ยินเสียง.....	6
2.9 ภาพแสดงกลไกที่ทำให้เกิดเสียงจากการสั่นของวัตถุในตัวกลางที่เป็นอากาศ.....	7
2.10 การเปลี่ยนแปลงความดันเสียงเทียบกับระยะทาง.....	7
2.11 คาบของการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง.....	8
2.12 ความยาวคลื่นของเสียง.....	8
2.13 กราฟการถ่วงน้ำหนักแบบ A, B, C และ D.....	11
2.14 แสดงมิติของแหล่งกำเนิดเสียงกับพื้นผิวที่ใช้ทำการวัด.....	16
3.1 แบบจำลองแบบที่ 1.....	23
3.2 แบบจำลองแบบที่ 2.....	23
3.3 แบบจำลองแบบที่ 3.....	23
3.4 แบบจำลองแบบที่ 4.....	23
3.5 แบบจำลองแบบที่ 5.....	24
3.6 แบบจำลองแบบที่ 6.....	24
3.7 แบบจำลองแบบที่ 7.....	24
3.8 แบบจำลองแบบที่ 8.....	24
3.9 แบบจำลองแบบที่ 9.....	25
3.10 แบบจำลองแบบที่ 10.....	25
3.11 ไมโครโฟน.....	26
3.12 ไมโครโฟน พาวเวอร์ ชัพพลาย.....	26
3.13 เครื่องวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบฟาสฟูร์เรียทรานฟอร์ม.....	26
3.14 เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลอง.....	27
3.15 เครื่องมือวัดลมชนิด Hot Wire.....	27
3.16 ห้องไร้เสียงสะท้อนที่ใช้ทำการทดลอง.....	28
3.17 แสดงภายในห้องไร้เสียงสะท้อน.....	28

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.18 เครื่องมือวัดความเร็วรอบ.....	28
3.19 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ภายในห้องเก็บเสียง.....	29
3.20 รูปแบบจำลอง 3มิติ จาก Samsung.....	30
3.21 แบบจำลองแบบ 2มิติ .....	30
4.1 แสดงกสวัตเสียงรบกวนพื้นหลังภายในห้องไร้เสียงสะท้อน.....	32
4.2 แสดงตัวอย่างการติดตั้งแท่งอะคริลิกที่ทางเข้าของอากาศในเครื่องปรับอากาศ.....	38
4.3 แสดงตัวอย่างการติดตั้งแท่งอะคริลิกที่ทางออกของอากาศในเครื่องปรับอากาศ.....	39
4.4 แสดงรูปตัดขวางของเครื่องปรับอากาศ.....	39
4.5 การแบ่งโซนโมเดลที่ใช้ในแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์.....	42
4.6 การกำหนดชื่อทางลมเข้าและลมออก.....	43
4.7 คอนทัวร์ของเวกเตอร์ความเร็วลมภายในชุดคอยล์เย็นจากแบบจำลอง.....	46
4.7ก คอนทัวร์ของเวกเตอร์ความเร็วลมบริเวณทางเข้าของลม.....	46
4.7ข คอนทัวร์ของเวกเตอร์ความเร็วลมบริเวณทางออกของลม.....	47
4.7ค คอนทัวร์ของเวกเตอร์ความเร็วลมบริเวณใบพัดในชุดคอยล์เย็น.....	47
4.8 แสดงแบบจำลองเครื่องปรับอากาศที่ได้รับมาจาก Samsung.....	48
4.9 ภาพตัดขวางของชุดคอยล์เย็นแบบ 3มิติ.....	49
4.10 ภาพตัดขวางของชุดคอยล์เย็นแบบ 2มิติ.....	49
4.11 แสดงแบบจำลองภาพตัด Cross Section ของเครื่องปรับอากาศ.....	50
4.12–4.320 ผลการคำนวณจากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ทั้ง 4 ตัวแปร.....	51-210
4.321 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดังเสียงกับความดันสถิต.....	214
4.322 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดังเสียงกับความดันรวม.....	214
4.323 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดังเสียงกับความเร็ว.....	215
4.324 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดังเสียงกับความปั่นป่วนของลม.....	215
4.325 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดังเสียงกับTurbulent Kinetic Energy.....	216
4.326 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดังแบบ A เสียงกับความดันสถิต.....	216
4.327 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดังเสียงแบบ A กับความดันรวม.....	217
4.328 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดังเสียงแบบ A กับความเร็ว.....	217
4.329 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดังเสียงแบบ A กับความปั่นป่วนของลม.....	218
4.330 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดังเสียงแบบ A กับTurbulent Kinetic Energy.....	218
4.331 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดังแบบ C เสียงกับความดันสถิต.....	219
4.332 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดังเสียงแบบ C กับความดันรวม.....	219

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.333 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดั่งเสียงแบบ C กับความเร็ว.....	220
4.334 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดั่งเสียงแบบ C กับความปั่นป่วนของลม.....	220
4.335 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดั่งเสียงแบบ C กับTurbulent Kinetic Energy.....	221



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เครื่องปรับอากาศเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีความจำเป็นสำหรับประเทศที่อยู่ในเขตร้อนอย่างประเทศไทยเนื่องจากแทบตลอดทั้งปีนั้นสภาพอากาศภายนอกมีความแตกต่างจากสภาพอากาศที่สบายต่อการดำเนินชีวิตของผู้คน แต่ในการใช้งานเครื่องปรับอากาศนั้น ไม่สามารถหลีกเลี่ยงปัญหาเรื่องเสียงที่เกิดจากการทำงานของอุปกรณ์ทำงานของเครื่องปรับอากาศได้ หากมีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศในห้องประชุม ห้องสมุด หรือห้องที่มีขนาดใหญ่ ที่มีความจำเป็นต้องใช้เครื่องปรับอากาศหลายเครื่อง เสียงจากเครื่องปรับอากาศนั้นก็จะมีค่าความดังเสียงมากขึ้น ซึ่งถ้าถูกใช้งานในห้องสมุดหรือห้องที่ต้องการความเงียบ เสียงเหล่านี้อาจส่งผลกระทบต่อซึ่งเป็นการรบกวนกับผู้ใช้ห้องนั้น ๆ ได้ เสียงในห้องปรับอากาศจากการใช้งานเครื่องปรับอากาศนอกจากจะก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ดังกล่าวมาข้างต้นแล้ว ยังเป็นหัวข้อสำคัญของการประชาสัมพันธ์ทางการตลาดด้วย อุปกรณ์ชุดคอยล์เย็น (Evaporator) ของเครื่องปรับอากาศ Samsung ขนาด 9000 BTU ในรุ่นปัจจุบันส่งเสียงในขณะที่ทำงานที่ระดับความดัง 32 dB ในขณะที่เครื่องปรับอากาศของบริษัทผู้ผลิตรายอื่นประกาศโฆษณาว่าระดับความดังของเสียงขณะทำงานว่ามีค่าน้อยกว่า การลดขนาดของเสียงจากการทำงานของอุปกรณ์ชุดคอยล์เย็นสามารถทำได้ด้วยการศึกษาหาแหล่งที่มาของเสียงที่เกิดขึ้นภายในเครื่องปรับอากาศและแจกแจงสาเหตุของการเกิดเสียงด้วยหลักการทางวิศวกรรมและทำการออกแบบทางวิศวกรรมเพื่อลดสาเหตุของการเกิดเสียงที่เกิดขึ้นจากการทำงานของเครื่องปรับอากาศ หากงานวิจัยนี้เป็นผลสำเร็จก็จะเกิดผลดีกับทั้งทางบริษัทผู้ผลิตที่ได้พัฒนาสินค้าให้มีคุณลักษณะที่ดียิ่งขึ้น และเป็นผลดีกับทางผู้บริโภคที่ได้ใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น อีกทั้งองค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยก็จะเป็นแนวทางให้คนรุ่นหลังได้มีโอกาสศึกษาและพัฒนาต่อไปในอนาคตได้

### 1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมของเสียงที่เกิดขึ้นจากการทำงานของอุปกรณ์ชุดคอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศ
2. เพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเกิดเสียงรบกวน

### 1.3 สมมุติฐาน

เสียงที่เกิดขึ้นจากการทำงานของเครื่องปรับอากาศส่วนใหญ่แล้วเกิดจากการไหลแบบปั่นป่วนของอากาศภายในอุปกรณ์ชุดคอยล์เย็น หากทำการทดลองปรับเปลี่ยนบริเวณที่เกิดความปั่นป่วนของอากาศสูง ให้เกิดความปั่นป่วนน้อยลง เสียงที่เกิดจากการทำงานของเครื่องปรับอากาศก็จะลดน้อยลงตามไปด้วย

### 1.4 ขอบเขตการศึกษา

1. ศึกษา ออกแบบ และทดลองกับอุปกรณ์ชุดคอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศ Samsung ขนาด 9000 BTU/h รุ่น AR0FCBB1WQ3 เท่านั้น

2. ศึกษาเสียงที่มาจากการทำงานของอุปกรณ์ชุดคอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศ Samsung ขนาด 9000 BTU/h รุ่น AR0FCBB1WQ3 เท่านั้น โดยสนใจเสียงที่เกิดจากการไหลแบบปั่นป่วนที่เกิดขึ้นภายในอุปกรณ์ชุดคอยล์เย็น ไม่คำนึงถึงเสียงที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของอุปกรณ์ชิ้นส่วนประกอบต่างๆ

## 1.5 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ Mechanical Vibration, Acoustic Engineering, Mechanics of Air Flow และ Aerodynamic Sound เพื่อใช้ในการศึกษาเสียงที่เกิดขึ้นจากการทำงานของอุปกรณ์คอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศ
2. สืบค้นวรรณกรรมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
3. วัดเสียงที่เกิดขึ้นจากการทำงานของอุปกรณ์คอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศ แจกแจงสาเหตุที่มาของเสียง และวัดขนาดความดังของเสียงที่เกิดขึ้นในแต่ละสาเหตุ
4. จำลองการไหลของลมในอุปกรณ์คอยล์เย็นโดยคอมพิวเตอร์ด้วยเทคนิค Finite Volume และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่คำนวณได้จากแบบจำลองกับเสียงที่เกิดจากการทำงานจริง
5. ปรับปรุงแบบจำลองเพื่อให้ผลจากการจำลองสอดคล้องกับขนาดความดังของเสียงที่วัดได้
6. ออกแบบดัดแปลงโครงสร้างอุปกรณ์ชุดคอยล์เย็น (Evaporator) ของเครื่องปรับอากาศ เพื่อหาแนวทางในการลดขนาดของเสียงที่เกิดขึ้นจากการทำงานของเครื่องปรับอากาศต่อไป

## 1.6 ข้อจำกัดของการศึกษา

เนื่องด้วยการวัดเสียงตามหลักสากลควรทำตามมาตรฐาน ISO 3744 แต่เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านงบประมาณจึงทำให้ไม่สามารถจัดหาอุปกรณ์ที่ได้มาตรฐานตามมาตรฐานดังกล่าวได้ จึงจำเป็นต้องใช้ห้องไร้เสียงสะท้อนของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (โดยการดูแลของ ผศ.มิ่ง โลกิจแสงทอง) สำหรับทำการวัดเสียงจากการทำงานของเครื่องปรับอากาศ และในการสร้างโมเดลของเครื่องปรับอากาศ Samsung ขนาด 9000 BTU/h รุ่น AR0FCBB1WQ3 ให้มีความใกล้เคียงต้นแบบจริงก็ยังคงเป็นข้อจำกัดที่สำคัญ เนื่องจากมีรายละเอียดค่อนข้างซับซ้อนมากทำให้ผลการจำลองใน คอมพิวเตอร์มีความคลาดเคลื่อนจากการวัดจริงของเครื่องปรับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

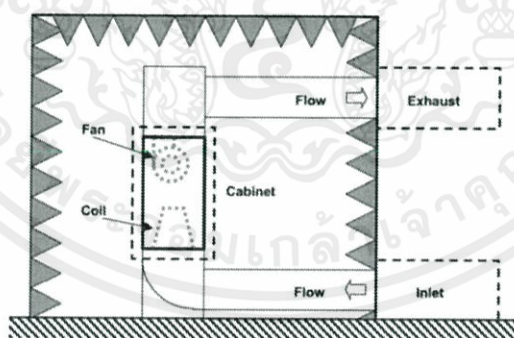
## บทที่ 2 ทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ในอดีตที่ผ่านมาได้เคยมีผู้ศึกษาเกี่ยวกับกลไกการเกิดเสียง คุณสมบัติของเสียง มีข้อมูลและทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวกับเสียงที่มนุษย์เคยได้ศึกษามาและเก็บบันทึกไว้มากมาย ทั้งหมดล้วนแต่เป็นพื้นฐานที่สำคัญที่จะสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับเรื่องเสียง

ดังนั้นการศึกษาข้อมูลต่างๆเกี่ยวกับเรื่องเสียง หรือแม้กระทั่งการศึกษางานวิจัยที่เคยทำมาก่อนที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับงานวิจัยทางด้านเสียงก็จะทำให้สามารถนำแนวคิดและวิธีการมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยได้

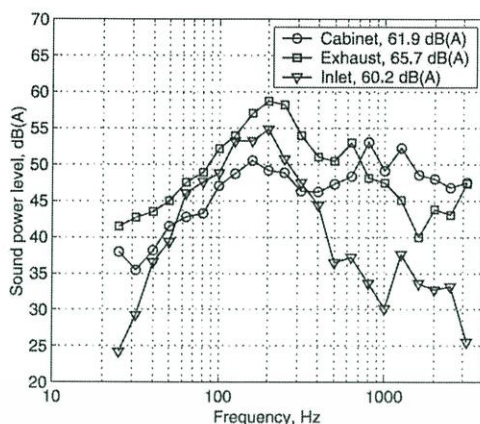
### 2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

M. J. Crocker และคณะรายงานงานวิจัยเชิงทดลองเกี่ยวกับเสียงที่เกิดจากการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (split-type) ที่ใช้ในบ้านพักอาศัย [6] ค่าระดับกำลังเสียง (sound pressure level) ถูกวัดที่บริเวณลมเข้า ลมออก และบริเวณตู้ส่งลมเย็น เมื่อมีการเดินเครื่องทั้งในกรณีที่ตั้งและไม่ติดตั้งคอยล์เย็น การวัดค่าระดับกำลังเสียงกระทำในห้องควบคุมเสียงสะท้อน (hemi-anechoic room) (รูปที่ 2.1) ผลการทดลองจากงานวิจัยแสดงให้เห็นว่า เมื่อเดินเครื่องที่อัตราการไหลลมสูง เสียงในย่านความถี่ต่ำจะมีระดับกำลังสูงที่บริเวณลมออก และเสียงที่ความถี่สูงกว่า 800 Hz จะมีระดับกำลังสูงที่บริเวณตู้ (รูปที่ 2.2) (รูปที่ 2.3) แสดงค่าระดับกำลังเสียงที่ค่าอัตราการไหลลมต่างๆ ค่าระดับกำลังเสียงในทุกจุดที่ทำการวัดจะมีค่าสูงขึ้นตามค่าของอัตราการไหลลมหรือความเร็วลมที่สูงขึ้น ซึ่งคณะผู้วิจัยสรุปว่ามีสาเหตุมาจากการไหลแบบปั่นป่วนของลม

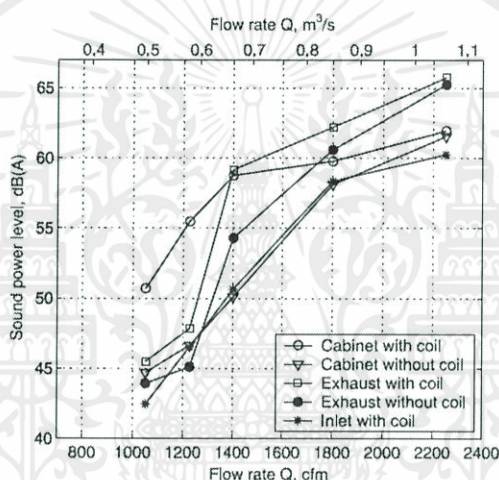


รูปที่ 2.1 ชุดทดลองของงานวิจัย [6] เส้นประแสดงพื้นผิวที่ทำการวัดค่าระดับกำลังเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



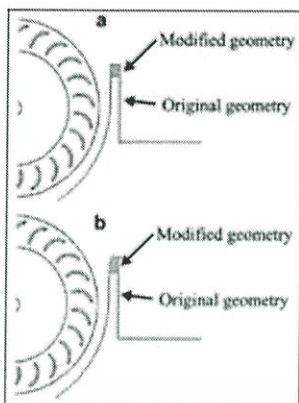
รูปที่ 2.2 ค่าระดับกำลังเสียงที่บริเวณต่างๆ ในกรณีติดตั้งคอยล์เย็น และอัตราการไหลลม 2250 cfm [6]



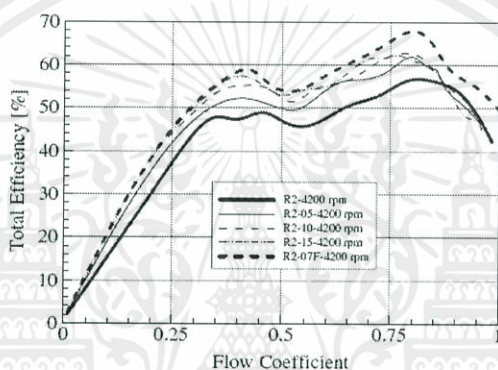
รูปที่ 2.3 ค่าระดับกำลังเสียง ณ บริเวณต่างๆ ที่อัตราการไหลลมต่างๆ [6]

เสียงจากการไหลแบบปั่นป่วนของลมเป็นปัญหาที่เป็นที่สนใจในวงการวิชาการในยุคหลังสงครามโลกครั้งที่สอง (หรือยุคเริ่มต้นของเครื่องบินเจต) M. J. Lighthill ได้เสนอบทความวิจัยสำคัญ 2 บทความในปี พ.ศ. 2494 และ 2496 [7, 8] ซึ่งเป็นรากฐานของการวิเคราะห์เรื่องเสียงจากการไหลแบบปั่นป่วนของลม นอกจากเสียงที่เกิดจากการไหลแบบปั่นป่วนของลมแล้ว ชนิดของพัดลมแต่ละชนิดก่อให้เกิดเสียงที่มีระดับความดังต่างกัน งานวิจัยบางงานระบุว่า การปรับเปลี่ยนรูปร่างของพัดลมช่วยลดระดับความดังของเสียงได้เพียงเล็กน้อย [6] แต่ Velarde Suarez และคณะพบว่า การเปลี่ยนรูปร่างของลิ้นไวลูต (volute tongue) ของพัดลมเพียงเล็กน้อยสามารถลดระดับความดังของเสียงจากการทำงานของพัดลมได้ [9] รูปที่ 2.4 แสดงรูปร่างของลิ้นไวลูตของพัดลมทรงกระบอกชนิดที่ใช้ในรถยนต์ที่ได้ปรับเปลี่ยนเพื่อการทดลองในงานวิจัย ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการปรับเปลี่ยนรูปร่างของลิ้นไวลูตสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของพัดลม (รูปที่ 2.5) และสามารถลดเสียงจากการทำงานได้ (รูปที่ 2.6)

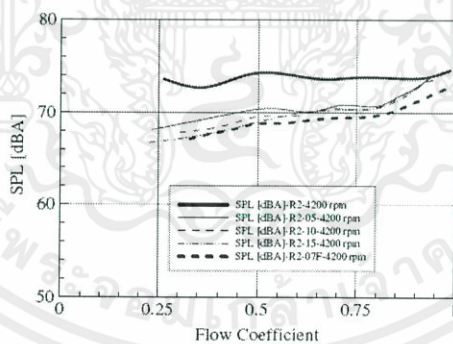
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 รูปร่างของล้นไหลที่ปรับเปลี่ยนในงานวิจัย [9] มีชื่อเรียกในรายงาน (a) R2-05, R2-10 และ R2-15; (b) R2-07F



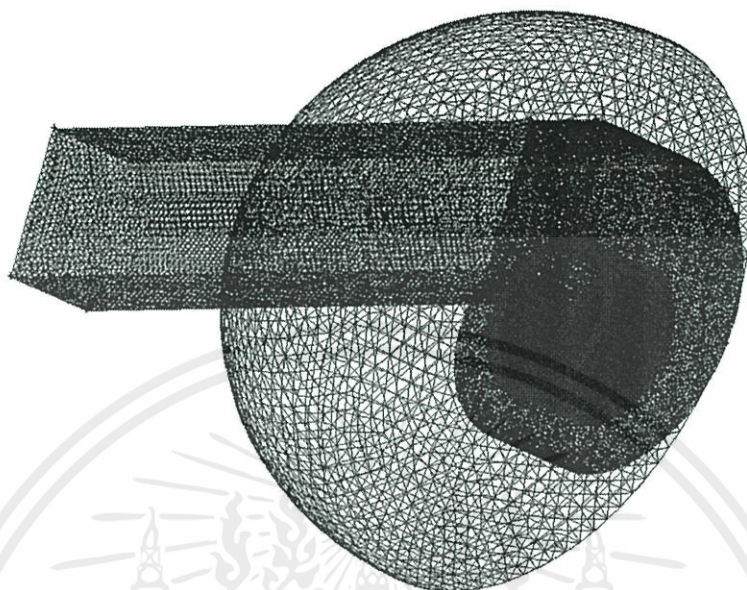
รูปที่ 2.5 ผลของการเปลี่ยนรูปร่างของล้นไหลต่อประสิทธิภาพการทำงานของพัดลม [9]



รูปที่ 2.6 ผลของการเปลี่ยนรูปร่างของล้นไหลต่อเสียงจากการทำงานของพัดลม [9]

Mojtaba Gholamian ได้ทำการทดลองเพื่อหาผลกระทบของระยะระหว่างปากทางลมเข้า (inlet nozzle) กับตัวพัดลม (centrifugal fan) ในโบรเวอร์ที่เกิดขึ้นกับประสิทธิภาพการทำงานของพัดลมและรูปแบบการไหลในพัดลม [11] โดยใช้ทั้งผลการทดลองจริงเทียบและผลจากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ ในแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์นั้นจะทำการคำนวณในหลายกรณีโดยใช้ turbulence model ที่ต่างกันและกำหนดขนาดเฉพาะของ mesh จากการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนระหว่างผลการทดลองกับผลการคำนวณจากแบบจำลองและจำนวนครั้งที่ใช้ในการคำนวณ พบว่าถ้าเส้นผ่านศูนย์กลางของทางลมเข้าน้อยกว่า 19 มม. การเพิ่มระยะห่างของปากทาง

ลมเข้ากับตัวพัดลมจะทำให้ประสิทธิภาพดีขึ้น แต่ถ้าเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 19 มล. จะให้ผลตรงกันข้าม

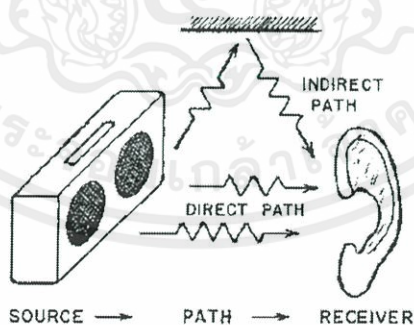


รูปที่ 2.7 แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ของโบรเวอร์ที่ใช้ในการคำนวณ[11]

## 2.2 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับเรื่องเสียง

### 2.2.1 กลไกที่ทำให้เกิดการได้ยินเสียง

กลไกที่ทำให้เกิดการได้ยินเสียงประกอบไปด้วย 3 ส่วน ได้แก่ แหล่งกำเนิดเสียง (Source) ตัวกลาง ในการเคลื่อนที่ของเสียง (Path) และ ตัวรับเสียง (Receiver) ดังรูปที่ 2.7 ในการควบคุมเกี่ยวกับเสียงสามารถควบคุมทั้ง 3 ตัวแปรนี้ได้ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของแต่ละกรณี



รูปที่ 2.8 กลไกที่ทำให้เกิดการได้ยินเสียง

### 2.2.2 ธรรมชาติของเสียง

เสียงเกิดจากการสั่นของวัตถุ พลังงานที่ทำให้วัตถุสั่นจะทำให้โมเลกุลของอากาศที่อยู่รอบวัตถุสั่นตาม ซึ่งจะถ่ายโอนพลังงานให้กับโมเลกุลของอากาศที่อยู่ถัดไปต่อไปส่งผลให้คลื่นเสียงเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดเข้ามายังหู การสั่นกลับไปกลับมาของวัตถุทำให้เกิดการรบกวนความดันของอากาศที่อยู่ติดกันทำให้เกิดการอัดและการขยายของโมเลกุลอากาศดังรูปที่ 2.8 อากาศในบาง

บริเวณจะอยู่ใกล้ชิดกันมาก ทำให้มีความหนาแน่นและความดันสูงกว่าปกติ บริเวณนี้จะเรียกว่า ส่วนอัด (Compression) แต่ในบางบริเวณ โมเลกุลของอากาศอยู่ห่างกันมากจึงมีความหนาแน่นและความดันต่ำกว่าปกติ บริเวณนี้เรียกว่า ส่วนขยาย (Rarefaction) จะได้ความสัมพันธ์การเปลี่ยนแปลงของความดันเสียงกับระยะทางมีลักษณะเป็นรูปคลื่นไซน์ (Sine wave) ดังรูปที่ 2.9 ซึ่งใช้สมการ 2.1 หาค่าความดันเสียง

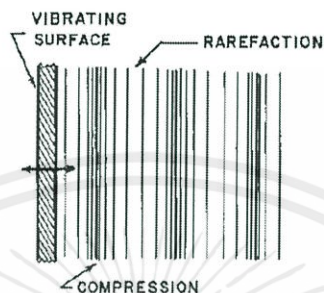
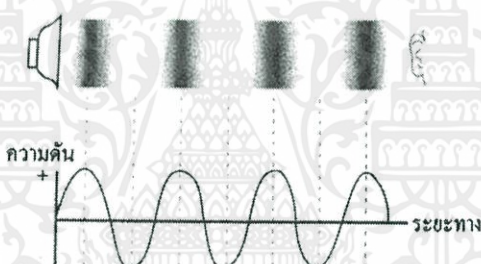


FIGURE 2-1 Sound waves in materials.

รูปที่ 2.9 ภาพแสดงกลไกที่ทำให้เกิดเสียงจากการสั่นของวัตถุในตัวกลางที่เป็นอากาศ



รูปที่ 2.10 การเปลี่ยนแปลงความดันเสียงเทียบกับระยะทาง

สมการความดันเสียง

$$P(x,t) = P_{\max} \sin(2\pi f - kx) \quad (2.1)$$

เมื่อ  $P(x,t)$  คือความดันเสียงที่ระยะทางและเวลาต่างๆ (Pa)

$P_{\max}$  คือแอมพลิจูดของความดันเสียง (Pa)

$F$  คือความถี่ของคลื่นเสียง (Hz)

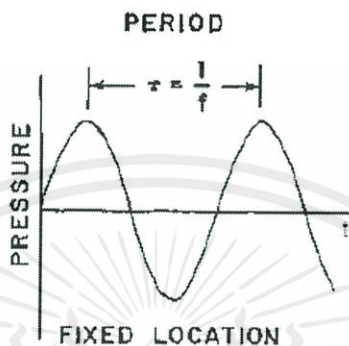
$t$  คือเวลา ณ ขณะที่สังเกต (sec)

$k$  คือ wave number ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $2\pi/\lambda$

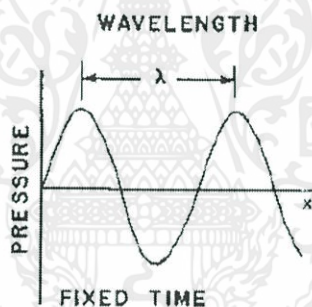
$x$  คือระยะทางต่างๆ (m)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
เสียงที่เราได้ยิน มีทั้งเสียงสูง เสียงต่ำ เสียงดัง เสียงเบา แตกต่างกันไป ซึ่งเสียงที่เราได้ยินนั้น  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อยู่ภายใต้การคุ้มครองลิขสิทธิ์ของศูนย์วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการได้ยิน มหาวิทยาลัยบูรพา  
เราสามารถบอกได้ว่ามีระดับเสียงสูงหรือต่ำ ระดับเสียงนั้นขึ้นอยู่กับความถี่ของเสียง (ใช้สัญลักษณ์  $f$   
มีหน่วยเป็น Hz) เสียงสูงเป็นเสียงที่มีความถี่มากเรียกว่า เสียงแหลม ส่วนเสียงต่ำที่มีความถี่น้อย

เรียกว่า เสียงทุ้ม เสียงที่มีความถี่ต่ำกว่า 20 เฮิรตซ์ เรียกว่า อินฟราซาวด์ (infrasound) และเสียงที่มีความถี่มากกว่า 20,000 เฮิรตซ์ เรียกว่า อัลตราซาวด์ (ultrasound) ซึ่งมนุษย์สามารถได้ยินเสียงอยู่ในช่วงความถี่ 20-20,000 เฮิรตซ์ ความถี่เสียงมีความสัมพันธ์กับคาบ (เวลาที่คลื่นเสียงใช้เดินทางครบ 1 รอบ  $\tau$ ) ดังรูปที่ 2.9 เสียงเป็นคลื่นตามยาวที่มีความยาวคลื่น ( $\lambda$ ) ความยาวคลื่นของเสียงคือระยะทางที่เสียงเดินทางครบ 1 รอบมีหน่วยเป็นเมตร (m) ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.11 คาบของการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง



รูปที่ 2.12 ความยาวคลื่นของเสียง

นอกจากนี้ยังมีสมการความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น ( $\lambda$ ) ความเร็วเสียง ( $c$ ) และความถี่ของเสียง ( $f$ ) ดังสมการที่ 2.3

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (2.2)$$

ความเร็วเสียง ( $c$ ) ขึ้นอยู่กับตัวกลางที่คลื่นเสียงเดินทางผ่าน ซึ่งสามารถแบ่งตัวกลางเป็น 3 ตัวกลาง ได้แก่ ก๊าซ, ของไหล, ของแข็ง  
สมการความเร็วเสียงในก๊าซ

$$c = (g_c \gamma RT)^{1/2} \quad (2.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม บริษัทให้คำปรึกษา โอนเทคโนโลยี จำกัด ขอสงวนสิทธิ์ในสิ่งที่ปรากฏ และไม่มีการรับประกันใดๆ

เมื่อ  $g_c$  คือความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก มีค่าเท่ากับ  $1 \text{ kg}\cdot\text{m}/\text{N}\cdot\text{s}^2$  (หน่วย SI) หรือ  $32.174 \text{ lb}_m\text{-ft}/\text{lb}_f\text{-s}^2$  (หน่วยอังกฤษ)

$\gamma$  คืออัตราส่วนความร้อนจำเพาะ  $\gamma = C_p/C_v$

R คือค่าคงที่จำเพาะของก๊าซมีค่าเท่ากับ 287 J/Kg-K (หน่วย SI)

หรือ 53.35 ft-lb<sub>f</sub>/lb<sub>m</sub>°R (หน่วยอังกฤษ)

T คืออุณหภูมิ (K หน่วย SI) (°R หน่วยอังกฤษ)

สมการความเร็วเสียงในของไหล

$$c^2 = \frac{\gamma B}{\rho} \quad (2.4)$$

เมื่อ B คือ isothermal bulk modulus (N/m<sup>2</sup>)

ρ คือความหนาแน่นของของไหล (kg/m<sup>3</sup>)

สมการความเร็วเสียงในของแข็ง

$$c^2 = \frac{(1-\nu)E}{(1+\nu)(1-2\nu)\rho} \quad (2.5)$$

เมื่อ E คือค่ามอดูลัสของยัง (N/m<sup>2</sup>)

ν คือค่าอัตราส่วนปัวซอง

## 2.3 ระดับเสียง (Level)

2.3.1 ระดับความเข้มเสียง (sound intensity level) คือการบอกค่าอัตราส่วนของความเข้มเสียงขณะนั้นต่อความเข้มเสียงที่เบาที่สุด

$$L_I = 10 \log_{10} \left( \frac{I_1}{I_0} \right) \quad (2.6)$$

เมื่อ L<sub>I</sub> คือระดับความเข้มเสียง (dB)

I<sub>1</sub> คือความเข้มเสียง (W/m<sup>2</sup>)

I<sub>0</sub> คือความเข้มของเสียงที่ต่ำสุดที่มนุษย์จะได้ยิน มีค่าเท่ากับ 10<sup>-12</sup> (W/m<sup>2</sup>)

2.3.2 ระดับความดันเสียง (sound pressure level) คือการใช้สมการลอการิทึมวัดความดันเสียงเทียบความดันเสียงอ้างอิง สามารถวัดได้จากการทดลองโดยตรงเพราะเป็นการเก็บค่าความดันของอากาศ มีหน่วยเป็น เดซิเบล (dB)

$$L_p = 20 \log_{10} \left( \frac{P_{rms}}{P_{ref}} \right) \quad (2.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

เมื่อ P<sub>ref</sub> คือค่าความดันเสียงที่อ้างอิง (มีค่า 20 uPa)  
P<sub>rms</sub> คือค่า root mean square ของความดันขณะทำการวัด

เดซิเบล (decibel, dB) เป็นหน่วยวัดเทียบอัตราส่วนระหว่างปริมาณเสียงสองปริมาณ ใช้สำหรับวัดความดันของเสียง มีการประมาณค่าระดับความดันเสียงดังตัวอย่างไว้ดังนี้

250 dB	เสียงของระเบิดนิวเคลียร์ที่ระยะ 5 เมตร
180 dB	เสียงของเครื่องยนต์จรวดที่ระยะ 30 เมตร
140-150 dB	เสียงของเครื่องบินเทอร์โบเจต เป็นอันตรายต่อระบบการได้ยิน
130 dB	เสียงเครื่องสว่านไฟฟ้าที่ใช้แรงอัดอากาศเจาะถนนคอนกรีต จำเป็นต้องใช้เครื่องป้องกันเสียง
110-120 dB	เสียงของทรัมเป็ตที่ได้ยินในระยะ 3 ฟุต ควรรับไม่เกิน 1 ชม.
100-110 dB	เสียงในโรงงาน ไม่ควรรับเสียงเกิน 2 ชม.
90 dB	เสียงบนท้องถนน ควรรับไม่เกิน 8 ชม.
80 dB	เสียงในสำนักงานพิมพ์ดีด เริ่มเป็นอันตรายต่อการได้ยิน
60-70 dB	เสียงคนสนทนากันในระยะห่าง 3 ฟุต
10 dB	เสียงหายใจของคนในระยะ 3 เมตร
0 dB	เสียงที่คนสามารถได้ยินสำหรับหูคนปกติ

**2.3.2.1 ออกเทพแบนด์ (Octave Band)** คือการแบ่งช่วงของความถี่เสียงออกเป็นหลายๆ ช่วง โดยแต่ละช่วงจะมีความกว้างเป็นจำนวนสองเท่าของความถี่เริ่มต้น ทำให้การวิเคราะห์ค่าความดันเสียงง่ายขึ้น ออกเทพแบนด์ยังมีแบบอื่นอีก เช่น One-third octave band และ One-twenty four octave band โดยที่ความแตกต่างก็คือจะมีช่วงการแบ่งที่แคบลง เช่น จากเดิมที่ Octave band จะมีช่วงของความถี่ปัจจุบันกับความถี่ถัดไปห่างกัน 2 เท่า แต่ถ้าเป็น One-third octave band จะมีช่วงของความถี่เป็น 2 ยกกำลังด้วยเศษส่วนตามค่าด้านหน้าคือ  $1/3$  ซึ่งก็คือห่างกันประมาณ 1.26 เท่า จะเห็นว่าช่วงของความถี่แคบลง ทำให้เก็บค่าได้ละเอียดขึ้น และการเก็บค่าเป็น octave band ช่วยให้การวิเคราะห์ทำได้สะดวกมากขึ้นและเป็นวิธีที่ได้รับความนิยม

ในการวัดและเก็บข้อมูลเป็น octave band นั้น เป็นการเก็บค่าความดันเสียง (มีหน่วยเป็น dB) ในแต่ละช่วงความถี่ตั้งแต่ความถี่ต่ำไปถึงความถี่สูง แต่ในบางกรณีไม่เหมาะที่จะใช้ค่าความดันเสียงตัวนี้มีวิเคราะห์ เช่น ในการวิเคราะห์ที่เกี่ยวข้องกับการได้ยินของมนุษย์ เพราะมนุษย์มีความสามารถในการได้ยินเสียงที่อยู่ในย่านความถี่ต่ำและสูงที่ไม่ดี ทำให้เสียงที่มนุษย์ได้ยินโดยรวมเบากว่าความเป็นจริงและไม่สามารถค่าความสัมพันธ์ของระดับเสียงที่เกิดขึ้นกับผลกระทบต่อการได้ยินของมนุษย์ได้

จากเหตุผลข้างต้นจึงได้มีการสร้างเครื่องมือในการวิเคราะห์ขึ้นมาตัวหนึ่ง เพื่อใช้ในการปรับค่าระดับความดันเสียงที่เก็บได้จริงจากการทดลองให้ตรงกับระดับความดันเสียงที่มนุษย์ได้ยิน เรียกว่า ทีวีกรองเวจท์ (Weighting Network)

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของกรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

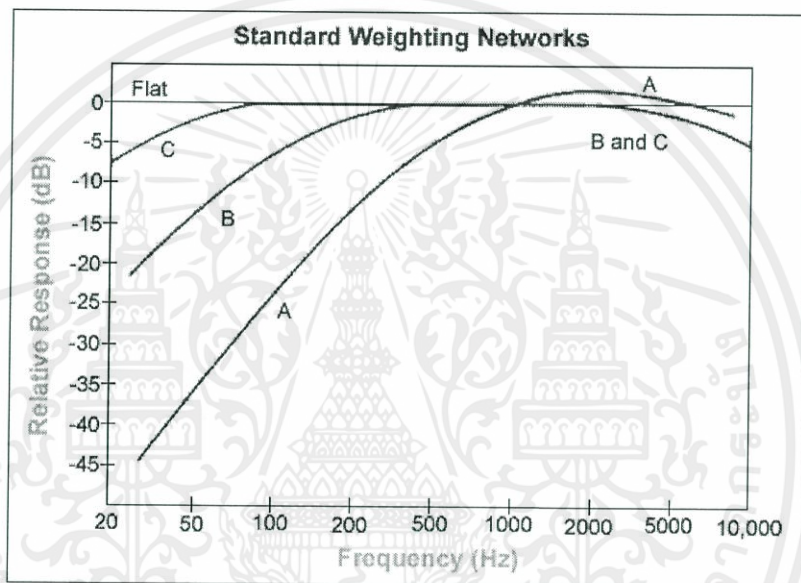
2.3.2.2 ระดับเสียงเวกต์ (Weighted Sound Level) คือการนำค่าที่ได้จากการวัดจากไมโครโฟนมาผ่านที่กรองเวกต์ (Weighting Network) ซึ่งจะได้ระดับเวกต์ในหลายรูปแบบ เพื่อให้เหมาะสมกับการพิจารณาในแต่ละกรณี ซึ่งมีดังนี้

A-weighted เป็นการกรองเสียงเพื่อให้ผลตรงกับความรู้สึกของคน มีหน่วยเป็น dBA

B-weighted มีจุดประสงค์ในการกรองเช่นเดียวกับ A-weighted แต่ใช้กับเสียงความเข้มปานกลาง ปัจจุบันไม่เป็นที่นิยม มีหน่วยเป็น dBB

C-weighted มีค่าใกล้เคียงกับระดับเสียงที่ยังไม่ถ่วงน้ำหนัก มีหน่วยเป็น dBC

D-weighted ใช้วัดเสียงอากาศยาน มีหน่วยเป็น dBD



รูปที่ 2.13 กราฟการถ่วงน้ำหนักแบบ A,B,C และ D ในช่วงความถี่ 20-1000 Hz

เนื่องจากแบบ A เป็นระดับที่ใกล้เคียงกับเสียงที่หูคนได้ยิน และแบบ C เป็นแบบที่ใกล้เคียงกับแบบทั่วไป เราจึงเลือกแปลงระดับความดันเสียงที่วัดได้จากการทดลองให้อยู่ในรูปแบบ A และ C ด้วย เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และนำเสนอต่อไป ในรูปแบบ One-third octave band โดยจะคำนวณตามค่าถ่วงน้ำหนักมาตรฐาน ดังตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ตารางการถ่วงน้ำหนักแบบ A และ C สำหรับ One-third octave band

ความถี่กลาง	A	C
25	-44.7	-4.4
31.5	-39.4	-3
40	-34.6	-2
50	-30.2	-1.3
63	-26.2	-0.8
80	-22.5	-0.5
100	-19.1	-0.3
125	-16.1	-0.2
160	-13.4	-0.1
200	-10.9	0
250	-8.6	0
315	-6.6	0
400	-4.8	0
500	-3.2	0
630	-1.9	0
800	-0.8	0
1000	0	0
1250	0.6	0
1600	1	-0.1
2000	1.2	-0.2
2500	1.3	-0.3
3150	1.2	-0.5
4000	1	-0.8
5000	0.5	-1.3
6300	-0.1	-2
8000	-1.1	-3
10000	-2.5	-4.4

เมื่อเราได้ทำการถ่วงน้ำหนักความดันเสียงตามที่เราต้องการแล้ว จะต้องทำการรวมค่าความดันเสียงในแต่ละย่านความถี่เพื่อให้ได้เป็นค่าความดันเสียงรวม (Overall Sound Pressure Level)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำออกไปใช้  
 เอกสารนี้เป็นการหาค่าระดับความดันเสียงรวม (Overall Sound Pressure Level) ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 หากต้องการหาค่าระดับความดันเสียงรวมจากสเปกตรัมความดันเสียง หาสามารถหาได้จาก

$$L_p = 10 \log_{10} [\sum 10^{L_p/10}] \quad (2.8)$$

## 2.4 การวัดกำลังเสียง

2.4.1 ระดับกำลังเสียง (sound power level) คือกำลังเสียงที่วัดได้เทียบกับกำลังเสียงอ้างอิง

พิจารณาแหล่งกำเนิดเสียงที่พื้นที่โล่งแจ้ง

$$L_W = L_p - 10 \log_{10} \left( \frac{1}{4\pi r^2} \right) \quad (2.9)$$

พิจารณาแหล่งกำเนิดเสียงที่ติดกับผนังหรือกำแพง

$$L_W = L_p - 10 \log_{10} \left( \frac{2}{4\pi r^2} \right) \quad (2.10)$$

เมื่อ  $L_W$  คือระดับกำลังเสียง (dB)

$L_p$  คือระดับความดันเสียง (dB)

$R$  คือระยะห่างจากแหล่งกำเนิดเสียง มีหน่วยเป็นเมตร (m)

ในการวัดกำลังเสียงไม่มีอุปกรณ์ในการวัดโดยตรง แต่เราสามารถคำนวณได้จากการวัดความดันเสียงหรือการวัดความเข้มเสียงโดยมีการวัด 3 วิธี ดังนี้

### 2.4.2 ห้องก้องกังวาน (Reverberant Room)

ห้องก้องกังวานผนังห้องจะมีสัมประสิทธิ์การสะท้อนของเสียงมากกว่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงโดยมีมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการวัดคือ ANSI S1.31, ANSI S1.32, ANSI S1.31, ISO 3741, ISO 3742 และ ISO 3743 สำหรับวิธีการวัดของห้องก้องกังวานมีอยู่ 2 วิธี คือ วิธีเปรียบเทียบจากค่ามาตรฐาน (Comparison Method) และวิธีโดยตรง (Direct Method) สำหรับปริมาตรของห้องก้องกังวานสามารถคำนวณได้จาก

$$V \geq (3\lambda)^3 = 27(c/f)^3 \quad (2.11)$$

เมื่อ  $V$  คือปริมาตรของห้องก้องกังวาน ( $m^3$ )

$\lambda$  คือความยาวคลื่นของคลื่นเสียง (m)

$c$  คือความเร็วเสียงในขณะทำการวัด (m/s)

$f$  คือความถี่ของคลื่นเสียง (Hz)

#### 2.4.2.1 วิธีเปรียบเทียบจากค่ามาตรฐาน (Comparison Method)

วิธีเปรียบเทียบจากค่ามาตรฐานเป็นการเปรียบเทียบค่าระดับกำลังงานของเสียงโดยมีสมการที่เกี่ยวข้องคือ

$$L_W = L_p + (L_{w,cal} - L_{p,cal}) \quad (2.12)$$

- เมื่อ  $L_w$  คือระดับกำลังเสียง (dB)  
 $L_p$  คือระดับความดันเสียงที่วัดได้ (dB)  
 $L_{w,cal}$  คือระดับกำลังเสียงที่ได้จากบริษัทผู้ผลิตเสียงอ้างอิง (dB)  
 $L_{p,cal}$  คือระดับความดันเสียงจากบริษัทผู้ผลิตเสียงอ้างอิง (dB)

#### 2.4.2.2 วิธีโดยตรง (Direct Method)

วิธีโดยตรง (Direct Method) เป็นการวัดโดยการวัดค่าของข้อมูลต่างๆมาแทนค่าลงในสมการโดยมีสมการที่เกี่ยวข้องกับวิธีการนี้คือ

$$L_w = L_p + 10\log(V/V_{ref}) - 10\log(T_r/T_{ref}) + 10\log(1 + S_o c/8Vf) - 10\log(P_o/p_{o,ref}) - 14.1 \quad (2.13)$$

- เมื่อ  $L_w$  คือระดับกำลังเสียงที่ทำการวัด (dB)  
 $V$  คือปริมาตรของห้องที่ทำการวัด ( $m^3$ )  
 $V_{ref}$  คือปริมาตรอ้างอิงของห้อง มีค่าเท่ากับ  $1 m^3$   
 $T_r$  คือเวลาที่เสียงสะท้อนแล้วกลับมายังแหล่งกำเนิดเสียง (sec)  
 $T_{ref}$  คือเวลาอ้างอิงที่เสียงสะท้อนแล้วกลับมายังแหล่งกำเนิดเสียง มีค่าเท่ากับ 1 sec  
 $S_o$  คือพื้นที่ผิวของห้องที่ทำการวัด ( $m^2$ )  
 $C$  คือความเร็วของเสียงในขณะทำการวัด (m/s)  
 $F$  คือความถี่ของเสียง (Hz)  
 $P_o$  คือความดันภายในห้องที่ทำการวัดเสียง (Pa)  
 $p_{o,ref}$  คือความดันอ้างอิงภายในห้องที่ทำการวัดเสียง มีค่าเท่ากับ 101.325 kPa

#### 2.4.3 ห้องไร้เสียงสะท้อน หรือห้องกึ่งไร้เสียงสะท้อน (Anechoic or semi-anechoic room)

ห้องไร้เสียงสะท้อนผนังห้องและพื้นห้องจะมีสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงมากกว่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของเสียงห้องกึ่งไร้เสียงสะท้อนผนังห้องจะมีสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงมากกว่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของเสียงแต่พื้นห้องจะมีสัมประสิทธิ์การสะท้อนของเสียงมากกว่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงโดยมีมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการวัดคือ ANSI S1.35 และ ISO 3745 ในการหากำลังงานเสียงสามารถหาได้จากสมการที่ 2.18

$$W = \sum I_j S_j = S_o \sum p_j^2 / \rho_o c N_s \quad (2.14)$$

- เมื่อ  $W$  คือกำลังงานของเสียง (W)  
 $I_j$  คือความเข้มเสียงในแต่ละส่วนย่อย ( $W/m^2$ )  
 $S_j$  คือพื้นที่ผิวย่อย ( $m^2$ )  
 $S_o$  คือพื้นที่ผิวของห้องที่ทำการวัด ( $m^2$ )  
 $p_j$  คือความดันเสียงของแต่ละส่วนย่อย (Pa)

- $\rho_0$  คือความหนาแน่นของอากาศที่ทำการวัดเสียงในห้องที่ทำการวัดเสียง ( $\text{Kg/m}^3$ )  
 $c$  คือความเร็วเสียง ( $\text{m/s}$ )  
 $N_s$  คือจำนวนของพื้นที่ผิวที่แบ่งย่อย หรือจำนวนของไมโครโฟน

ในการวัดจริงจะใช้ไมโครโฟนบันทึกค่าระดับความดันเสียง ณ จุดต่างๆตามมาตรฐานของการวัดและจะนำข้อมูลมาคำนวณเป็น  $\sum p_j^2$  เพื่อทำการคำนวณหาค่ากำลังงานของเสียง โดยมีสมการที่เกี่ยวข้องคือ

$$\sum p_j^2 = (P_{\text{ref}})^2 (\sum 10^{L_{pj}/10}) \quad (2.15)$$

- เมื่อ  $L_{pj}$  คือระดับความดันเสียงที่บันทึกค่าจากไมโครโฟนแต่ละตัว (dB)  
 $P_{\text{ref}}$  คือความดันอ้างอิง มีค่าเท่ากับ  $20 \mu\text{Pa}$

หากต้องการคำนวณหาระดับกำลังงานเสียงสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$L_w = 10 \log(W/W_{\text{ref}}) \quad (2.16)$$

- เมื่อ  $L_w$  คือระดับกำลังเสียง (dB)  
 $W$  คือกำลังเสียง (W)  
 $W_{\text{ref}}$  คือกำลังเสียงอ้างอิง มีค่าเท่ากับ  $1 \text{ pW}$

#### 2.4.4 การวัดแบบสำรวจกำลังงานของเสียง (Survey Measurement)

การวัดแบบสำรวจกำลังงานของเสียงเป็นการวัดโดยการวัดที่แหล่งกำเนิดเสียงโดยมีพื้นผิวในการวัด (Measurement area) โดยมีการคำนวณตามมาตรฐาน ซึ่งมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการวัด คือ ANSI S1.36 และ ISO 3746 สำหรับวิธีการนี้จะต้องมีการกำหนดขนาดของพื้นผิวที่ทำการวัด (Measurement Surface) หรือที่จะทำการติดตั้งไมโครโฟนดังรูปที่ 2.12 โดยมีเงื่อนไขว่า ค่า dimension (d) จะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า  $250 \text{ mm}$  และมีค่าอยู่ในช่วง  $4l_{\text{max}}$  ถึง  $1 \text{ m}$  ( $l_{\text{max}}$  คือพื้นผิวอ้างอิงสูงสุด) ในการคำนวณหาระดับกำลังงานเสียงสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$L_w = L_{p,\text{av}} + 10 \log(S_m/S_{\text{ref}}) - K_r - 0.1 \quad (2.17)$$

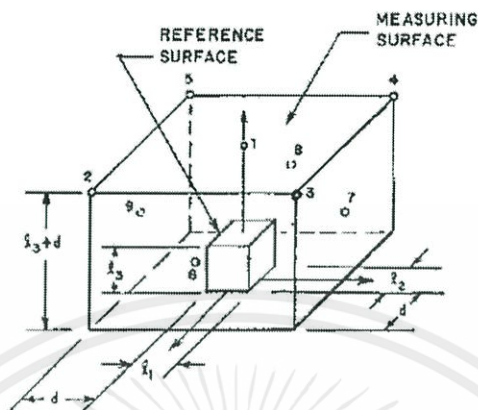
- เมื่อ  $S_m$  คือพื้นผิวที่ทำการวัด ( $\text{m}^2$ )  
 $S_{\text{ref}}$  คือพื้นผิวอ้างอิงที่ทำการวัด มีค่าเท่ากับ  $1 \text{ m}^2$   
 $L_{p,\text{av}}$  คือค่าระดับความดันเฉลี่ย สามารถหาได้จาก

$$L_{p,\text{av}} = 10 \log(P_{\text{av}}^2/P_{\text{ref}}^2) \quad (2.18)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่  $(P_{av}^2/P_{ref}^2)$  สามารถคำนวณได้จาก

$$(P_{av}^2/P_{ref}^2) = (\sum 10^{L_{pj}/10})/N_s \tag{2.19}$$



รูปที่ 2.14 แสดงมิติของแหล่งกำเนิดเสียงกับพื้นผิวที่ใช้ทำการวัด

### 2.5 ค่าเทอบูเลนอินเทนซิตี (Turbulence Intensity)

ค่าเทอบูเลนอินเทนซิตีเป็นค่าที่บ่งบอกและแสดงถึงระดับความปั่นป่วนที่เกิดขึ้นในของไหล (Turbulence Level) ซึ่งความปั่นป่วนนี้จะส่งผลต่อเสียงที่เกิดขึ้น จากสมการจะเห็นได้ว่าเมื่อของไหลมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วสูง ค่าเทอบูเลนอินเทนซิตีก็จะมากขึ้น และถ้าของไหลมีความเร็วที่เปลี่ยนไป พลังงานจลน์ที่หายไปเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความเร็ว นั้น ย่อมเปลี่ยนแปลงเป็นพลังงานบางอย่างซึ่งอยู่ในรูปแบบต่างๆ รวมถึงพลังงานที่ก่อให้เกิดเสียงด้วยเช่นกัน โดยค่าเทอบูเลนอินเทนซิตี ( I ) สามารถหาได้จาก

$$I \equiv \frac{u'}{U} \tag{2.20}$$

เมื่อ  $u'$  คือค่าเฉลี่ยกำลังสองของความเร็วที่เปลี่ยนแปลงไป

(The turbulence velocity fluctuation)

$U$  คือความเร็วเฉลี่ย (m/s)

$$u' \equiv \sqrt{\frac{1}{3}(u_x'^2 + u_y'^2 + u_z'^2)} = \sqrt{\frac{2}{3}k} \tag{2.21}$$

$$U \equiv \sqrt{U_x^2 + U_y^2 + U_z^2} \tag{2.22}$$

เมื่อ  $k$  คือค่าพลังงานความปั่นป่วน (Turbulent energy)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.6 ค่าเทอบุเลนไคเนติกเอนเออร์ยี(Turbulent Kinetic Energy)

ค่าเทอบุเลนไคเนติกเอนเออร์ยีเป็นค่าที่บอกถึงพลังงานจลน์เฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยมวลที่เกิดกระแสวน(eddies) ในการไหลแบบปั่นป่วน ในทางกายภาพแล้วเกิดจากการวัดค่าเฉลี่ยกำลังสองของความเร็วที่เปลี่ยนแปลงไป ค่าเทอบุเลนไคเนติกเอนเออร์ยี(k) สามารถหาได้จาก

$$k = \frac{1}{2} ((u'_1)^2 + (u'_2)^2 + (u'_3)^2) \quad (2.23)$$

## 2.7 ทฤษฎีโปรแกรม ANSYS FLUENT

ANSYS FLUENT นั้นจะทำการคำนวณเสียงที่เกิดขึ้นจากของไหล โดยใช้ทฤษฎี “Broadband noise source model” โดยทฤษฎีนี้ จะประกอบไปด้วย

- Proudman’s Formula
- Jet noise source model
- Boundary layer noise source model
- Source terms in linearized Euler equations
- Source terms in Lilley’s equations

### 2.7.1 Proudman’s Formular

ใช้เพื่อคำนวณหาค่ากำลังเสียง

มีสูตรการคำนวณคือ

$$P_A = \alpha \rho_0 \left(\frac{u^3}{l}\right) \frac{u^5}{a_0^5} \quad (2.24)$$

เมื่อ  $P_A$  คือกำลังเสียง ( $W/m^3$ )

$u$  คือความเร็วเสียงปั่นป่วน ( $m/s$ )

$l$  คือความยาว ( $m$ )

$a_0$  คือความเร่งของเสียง ( $m/s^2$ )

โดย ANSYS FLUENT จะแปลงหน่วยจาก  $W/m^3$  เป็นหน่วย dB

คำนวณจากสูตร

$$L_p = 10 \log_{10} \left( \frac{2P_A}{P_{ref}} \right) \quad (2.25)$$

เมื่อ  $P_{ref}$  คือกำลังเสียงอ้างอิง มีค่าเท่ากับ  $10^{-12} W/m^3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.7.2 Jet noise source model

ใช้เพื่อคำนวณหาค่ากำลังเสียงรวมในหน่วยของ  $W/m^3$

มีสูตรการคำนวณคือ 
$$P_{A(\bar{y})} = \int_0^{2\pi} \int_0^\pi I(r, \theta; \bar{y}) r^2 \sin\theta d\theta d\psi \quad (2.26)$$

$$= 2\pi r^2 \int_0^\pi I(r, \theta; \bar{y}) \sin\theta d\theta \quad (2.27)$$

เมื่อ  $P_{A(\bar{y})}$  คือกำลังเสียงรวม ( $W/m^3$ )

$r$  คือรัศมี (m)

$\theta$  คือองศา (radians)

$I(r, \theta; \bar{y})$  คือทิศทางความเข้มเสียง

โดย ANSYS FLUENT จะแปลงหน่วยจาก  $W/m^3$  เป็นหน่วย dB

คำนวณจากสูตร 
$$L_p = 10 \log_{10} \left( \frac{2P_A}{P_{ref}} \right) \quad (2.28)$$

### 2.7.3 The boundary layer noise source model

เป็นเสียงที่เกิดจากการไหลผ่านของแข็งแบบ far-field โดยแสดงผลในรูปของ Surface total acoustic power

มีสูตรการคำนวณดังนี้ 
$$P_A = \frac{1}{\rho_0 \alpha_0} \int_0^{2\pi} \int_0^\pi \bar{p}^2 r^2 \sin\theta d\theta d\psi \quad (2.29)$$

$$= \int_S I(\bar{y}) dS(\bar{y}) \quad (2.30)$$

เมื่อ

$$I(\bar{y}) \equiv \frac{A_c(\bar{y})}{12\rho_0\pi a_0^3} \overline{\left[ \frac{\partial p}{\partial t} \right]^2} \quad (2.31)$$

$$\bar{p}^2 \approx \frac{1}{16\pi^2 a_0^2} \int_S \frac{(\cos\theta)^2}{r^2} \left[ \frac{\partial p}{\partial t}(\bar{y}, \tau) \right]^2 A_c(\bar{y}) dS(\bar{y}) \quad (2.32)$$

เมื่อ  $\tau = t - \frac{r}{a_0}$

$S$  คือพื้นที่ผิวรวม

$A_c$  คือพื้นที่สัมผัส

$r \equiv |\bar{x} - \bar{y}|$

$\cos\theta$  คือองศาระหว่าง  $|\bar{x} - \bar{y}|$

$\sin\theta$  คือองศาระหว่าง  $|\bar{x} - \bar{y}|$

เอกสารโดย ANSYS FLUENT จะแปลงหน่วยจาก  $W/m^3$  เป็นหน่วย dB ไม่นอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณจากสูตร 
$$L_p = 10 \log_{10} \left( \frac{2P_A}{P_{ref}} \right) \quad (2.33)$$

### 2.7.4 Source terms in Linearized Euler Equation

ทฤษฎีนี้มาจากสมการ Navier Stokes โดยสมมติให้ ค่าส่วนประกอบความเร็วเสียงจะมีค่าน้อยกว่า ค่าเฉลี่ย และ turbulent components จะได้สมการ Linearized Euler สำหรับส่วนประกอบความเร็วเสียงดังนี้

$$\begin{aligned} \frac{\partial u_{ai}}{\partial t} + U_j \frac{\partial u_{aj}}{\partial x_j} + u_{aj} \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{1}{\bar{\rho}} \frac{\partial \rho_a}{\partial x_i} + \frac{\rho_a}{\bar{\rho}^2} \frac{\partial \rho}{\partial x_i} \\ = -U_j \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial t} - \bar{u}_j \frac{\partial U_i}{\partial x_j} - \bar{u}_j \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_j} - \frac{1}{\bar{\rho}} \frac{\partial \bar{\rho}_a}{\partial x_i} - \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_j} - \frac{\partial \overline{u_i u_j}}{\partial x_j} \end{aligned} \quad (2.34)$$

โดยสองพจน์แรกของสมการด้านขวา ( $L_{sh}$ ) เรียกว่า shear-noise จะเกี่ยวข้องกับแรงเฉือน ส่วนพจน์ที่สาม ( $L_{se}$ ) เรียกว่า self-noise จะเกี่ยวข้องกับ turbulent components เพียงอย่างเดียว

### 2.7.5 Source terms in Lilley's Equation

สมการ Lilley นั้นเป็นสมการคลื่นลำดับที่ 3 (third order wave equation) โดยจะคิดจากการส่งถ่ายมวลและโมเมนตัมของของไหลแบบอัดตัวได้ โดยสมการเมื่อไม่คำนึงถึงความหนืดเขียนได้เป็น

$$\frac{D}{Dt} \left[ \frac{D^2 \Pi}{Dt^2} - \frac{\partial}{\partial x_j} \left( a^2 \frac{\partial \Pi}{\partial x_j} \right) \right] + 2 \frac{\partial u_k}{\partial x_j} \frac{\partial}{\partial x_k} \left( a^2 \frac{\partial \Pi}{\partial x_j} \right) = -2 \frac{\partial u_k}{\partial x_i} \frac{\partial u_j}{\partial x_k} \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \quad (2.35)$$

เมื่อ

$$\Pi = \left( \frac{1}{\gamma} \right) \ln \frac{P}{P_0} \quad (2.36)$$

$$u_i(\bar{x}, t) = U_i(\bar{x}) + u'_i(\bar{x}, t) \quad (2.37)$$

จะได้

$$S = -2 \frac{\partial u_k}{\partial x_i} \frac{\partial u_j}{\partial x_k} \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \quad (2.38)$$

$$\begin{aligned} &= -2 \frac{\partial U_k}{\partial x_i} \frac{\partial U_j}{\partial x_k} \frac{\partial U_i}{\partial x_j} - 6 \frac{\partial u'_k}{\partial x_i} \frac{\partial u'_j}{\partial x_k} \frac{\partial u'_i}{\partial x_j} \\ &\quad - 6 \frac{\partial U_k}{\partial x_i} \frac{\partial U_j}{\partial x_k} \frac{\partial U_i}{\partial x_j} - 6 \frac{\partial u'_k}{\partial x_i} \frac{\partial u'_j}{\partial x_k} \frac{\partial u'_i}{\partial x_j} \end{aligned} \quad (2.39)$$

โดย ANSYS FLUENT จะนำค่า self-noise และ shear-noise มาวิเคราะห์และคำนวณรวมกับทฤษฎีของ Euler Equations ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.8 ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก

ใช้ในการหาค่าเฉลี่ยค่าจากฮิสโทแกรม ซึ่งมาจากผลการคำนวณทางคอมพิวเตอร์

$$X = \frac{\sum x_i y_i}{\sum y_i} \quad (2.40)$$

$X$  คือ ค่าเฉลี่ยของปริมาณใด ๆ ต่อหนึ่งอติเมนต์

$x_i$  คือ ค่าของปริมาณใด ๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

# การทดลองและอุปกรณ์

### 3.1 วิธีการทดลอง

การทดลองวัดเสียงที่เกิดขึ้นจากการทำงานของเครื่องปรับอากาศจะใช้ห้องไร้เสียงสะท้อนของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (โดยการดูแลของ ผศ.มิ่ง โลกกิจแสงทอง) สำหรับทำการวัดเสียงจากการทำงานของเครื่องปรับอากาศและในการทดลองวัดเสียงตามมาตรฐานการวัดเสียงในห้องไร้เสียงสะท้อน ISO 3744 จำเป็นต้องใช้ไมโครโฟนติดตั้ง 10 ตำแหน่ง แต่เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านงบประมาณการจัดหาไมโครโฟนให้เป็นไปตามมาตรฐานจึงมีสามารถกระทำได้ ดังนั้นจึงต้องใช้ไมโครโฟนซึ่งมีเพียง 1 ตัว ทำการวัดที่ตำแหน่งห่างจากแหล่งกำเนิดเสียง 0.15 เมตร และทำการวัดจำนวน 10 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยของระดับความดันเสียงที่เกิดขึ้น เมื่อได้ผลการทดลองแล้วนำค่าที่ได้ไปลบกับสัญญาณรบกวนพื้นหลัง (Background noise) เพื่อที่จะนำค่าระดับความดันเสียงที่เกิดขึ้นไปแทนค่าในสมการเพื่อหาระดับความดังเสียง [2.14] ในกรณีต่างๆ เมื่อทำการวัดเสียงที่เกิดขึ้นจริงจากเครื่องปรับอากาศแล้วเรานำผลการทดลองที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการจำลองทางคณิตศาสตร์ในคอมพิวเตอร์ (computer simulation)

การทดลองจะแบ่งกรณีศึกษาออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกทดลองเปลี่ยนรูปทรงเพื่อหาแนวโน้มของเสียงที่เกิดขึ้น โดยจะทำการทดลองที่ค่าความเร็วรอบของพัดลมที่ ความเร็วรอบสูง (1280 rpm หรือ 126.65 rad/s) ความเร็วรอบปานกลาง (1035 rpm หรือ 108.33 rad/s) และ ความเร็วรอบต่ำ (860 rpm หรือ 90.01 rad/s) และก่อนที่จะทำการทดลองวัดเสียง ต้องทำการวัดสัญญาณรบกวนพื้นหลัง (Background noise) ภายในห้องที่ทำการทดลองวัดเสียง 10 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยทดสอบแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อวิเคราะห์หาค่าต่างๆที่มีผลต่อการเกิดเสียง ขั้นตอนที่สองทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองและการทดลองจริงโดยการเปรียบเทียบความเร็วลมที่บริเวณทางลมเข้าและทางลมออก และขั้นตอนที่สามทดสอบแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อวิเคราะห์หาค่าต่างๆที่มีผลต่อการเกิดเสียง

#### 3.1.1 ส่วนทดลองเปลี่ยนรูปทรงเพื่อหาแนวโน้มของเสียงที่เกิดขึ้น

การทดลองเปลี่ยนรูปทรงภายในเครื่องปรับอากาศ เป็นการทดลองเพื่อดูแนวโน้มของเสียงที่เกิดขึ้นเมื่อมีการปรับเปลี่ยนรูปทรงภายในเครื่องปรับอากาศ จะส่งผลต่อการไหลของลมภายในเครื่องปรับอากาศ ซึ่งการไหลของลมอาจมีความปั่นป่วนมากขึ้นหรือน้อยลงย่อมส่งผลกระทบต่อเสียงที่เกิดขึ้น ในการทดลองได้ออกแบบรูปทรง 10 รูปทรง มาทำการติดตั้งเพื่อบังคับทิศทางการไหลของอากาศ แล้วทำการวัดเสียงที่เกิดขึ้นเพื่อเปรียบเทียบกับเครื่องปรับอากาศที่ไม่มีการปรับเปลี่ยนรูปทรง ได้แก่

1. แบบจำลองแบบปกติ

2. แบบจำลองที่เพิ่มสามเหลี่ยมขนาด 4x4x5 มม. ต้นทางลมออก

3. แบบจำลองที่เพิ่มสามเหลี่ยมขนาด 6x6x9 มม. ต้นทางลมออก

4. แบบจำลองที่เพิ่มแท่งสี่เหลี่ยมขนาด 5x5 มม. ต้นทางลมออก

5. แบบจำลองที่เพิ่มสามเหลี่ยมขนาด 6x6x9 มม. ด้านทางลมออก และสี่เหลี่ยมขนาด 15x11 มม. ปลายทางลมออก
6. แบบจำลองที่เพิ่มสามเหลี่ยมขนาด 6x6x9 มม. ปลายทางลมออก
7. แบบจำลองที่เพิ่มสี่เหลี่ยมขนาด 5x5 มม. ด้านทางลมออก และสี่เหลี่ยมขนาด 15x11 มม. ปลายทางลมออก
8. แบบจำลองที่เพิ่มแท่งสี่เหลี่ยมขนาด 15x11 มม. ปลายทางลมออก
9. แบบจำลองที่เพิ่มแท่งสี่เหลี่ยมขนาด 5x5 มม. ปลายทางลมออก
10. แบบจำลองที่เพิ่มแท่งมุมฉากขนาด 25x25 มม. ปลายทางลมออก

### 3.1.2 ทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองและการทดลองจริงโดยการเปรียบเทียบความเร็วลม

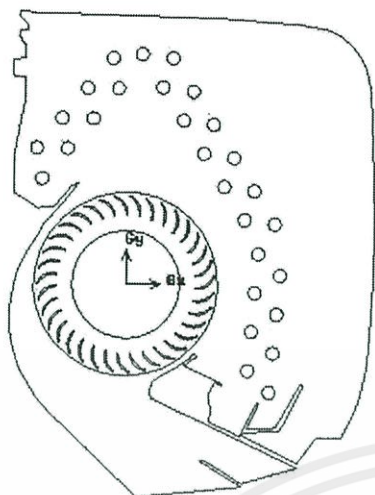
การเปรียบเทียบความเร็วลมบริเวณทางเข้าและทางออกของเครื่องปรับอากาศ ก็เพื่อที่จะทดสอบความใกล้เคียงของแบบจำลองที่นำมาใช้คำนวณทางคอมพิวเตอร์กับผลการทดลองจริงว่าค่าที่ได้จากทั้งคู่สามารถนำมาเปรียบเทียบในขั้นตอนของการสรุปการทดลองได้หรือไม่ โดยการทดลองวัดความเร็วลมได้ใช้เครื่องมือวัดความเร็วลมชนิด Hot Wire (รูปที่ 3.15)

### 3.1.3 ส่วนทดสอบแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อวิเคราะห์หาค่าต่างๆที่มีผลต่อการเกิดเสียง

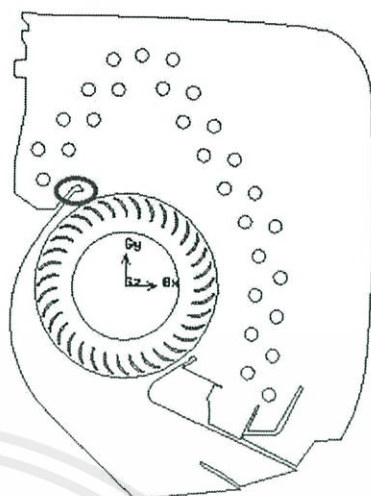
การทดลองแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ เป็นการจำลองการเดินทางของอากาศภายในตัวเครื่องปรับอากาศและวิเคราะห์หาแนวโน้มต่างเพื่อเทียบกับผลการทดลองจริงเพื่อศึกษาว่าค่าของตัวแปรไหนที่มีผลต่อการเกิดเสียงภายในเครื่องปรับอากาศ ซึ่งได้แบบจำลองของเครื่องปรับอากาศมาจากบริษัท Samsung อยู่แล้ว และได้ทำการดัดแปลงภายในโดยใส่แท่งอะคริลิครูปทรงต่างๆเพื่อศึกษาในหลายๆกรณี โดยได้ทำแบบจำลองไว้ทั้งหมด 10 กรณี ได้แก่

1. แบบจำลองแบบปกติ (แสดงดังรูปที่ 3.1)
2. แบบจำลองที่เพิ่มสามเหลี่ยมขนาด 4x4x5 มม. ด้านทางลมออก (แสดงดังรูปที่ 3.2)
3. แบบจำลองที่เพิ่มสามเหลี่ยมขนาด 6x6x9 มม. ด้านทางลมออก (แสดงดังรูปที่ 3.3)
4. แบบจำลองที่เพิ่มแท่งสี่เหลี่ยมขนาด 5x5 มม. ด้านทางลมออก (แสดงดังรูปที่ 3.4)
5. แบบจำลองที่เพิ่มสามเหลี่ยมขนาด 6x6x9 มม. ด้านทางลมออก และสี่เหลี่ยมขนาด 15x11 มม. ปลายทางลมออก (แสดงดังรูปที่ 3.5)
6. แบบจำลองที่เพิ่มสามเหลี่ยมขนาด 6x6x9 มม. ปลายทางลมออก (แสดงดังรูปที่ 3.6)
7. แบบจำลองที่เพิ่มสี่เหลี่ยมขนาด 5x5 มม. ด้านทางลมออก และสี่เหลี่ยมขนาด 15x11 มม. ปลายทางลมออก (แสดงดังรูปที่ 3.7)
8. แบบจำลองที่เพิ่มแท่งสี่เหลี่ยมขนาด 15x11 มม. ปลายทางลมออก (แสดงดังรูปที่ 3.8)
9. แบบจำลองที่เพิ่มแท่งสี่เหลี่ยมขนาด 5x5 มม. ปลายทางลมออก (แสดงดังรูปที่ 3.9)
10. แบบจำลองที่เพิ่มแท่งมุมฉากขนาด 25x25 มม. ปลายทางลมออก (แสดงดังรูปที่ 3.10)

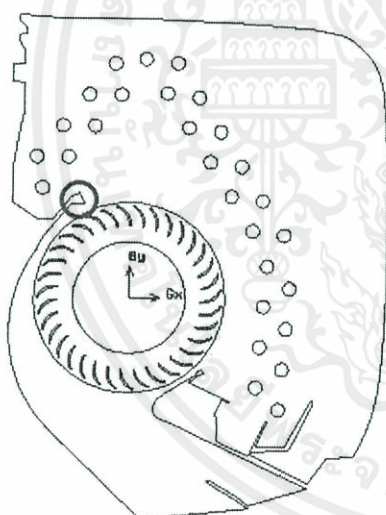
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



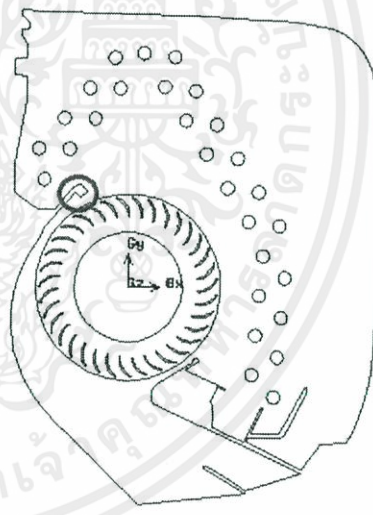
รูปที่ 3.1



รูปที่ 3.2

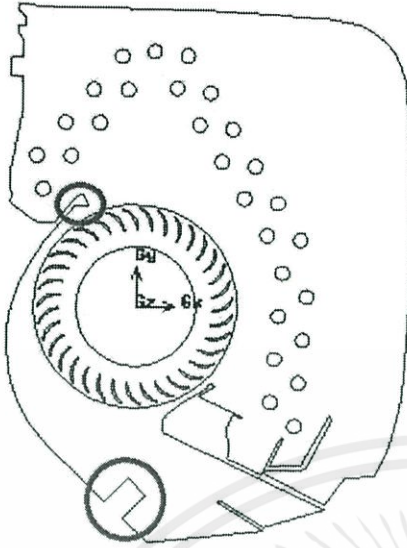


รูปที่ 3.3

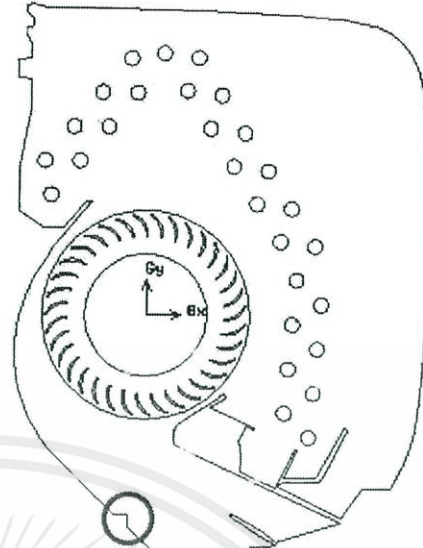


รูปที่ 3.4

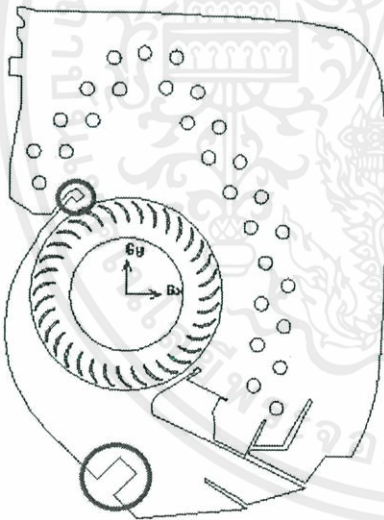
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



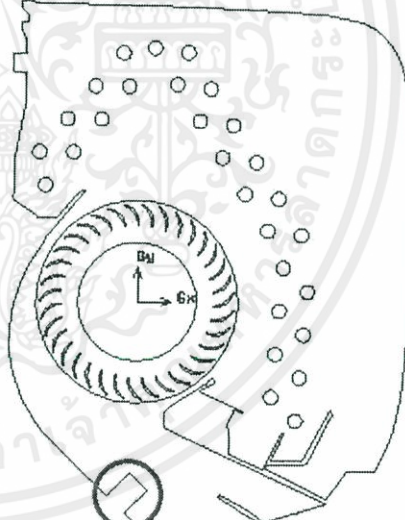
รูปที่ 3.5



รูปที่ 3.6

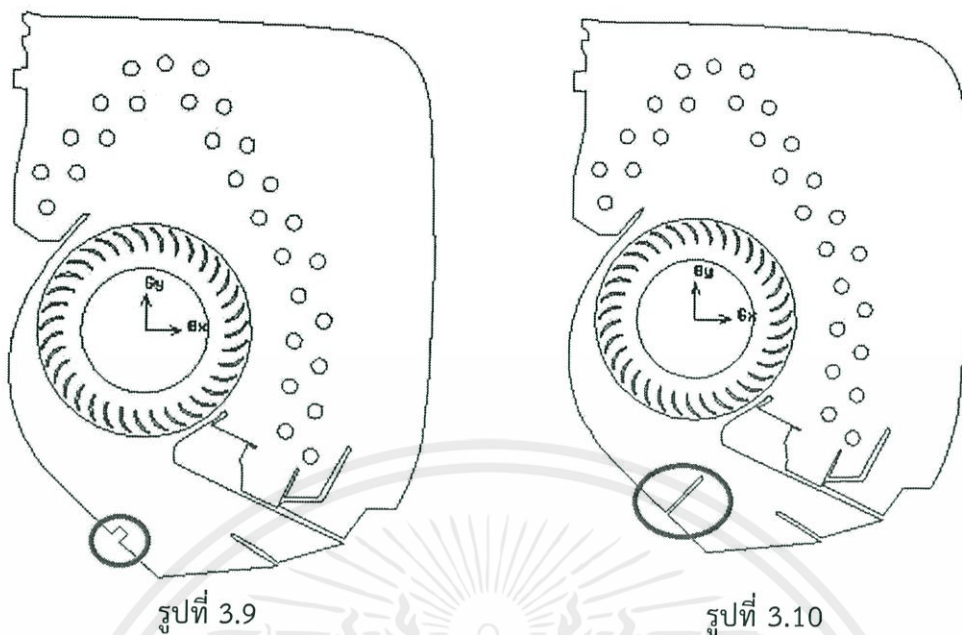


รูปที่ 3.7



รูปที่ 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9

รูปที่ 3.10

### 3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 ไมโครโฟนยี่ห้อ Brüel&Kjær ขนาด 1/2 นิ้ว มีหน้าที่รับสัญญาณที่ใช้ในการทดลอง และพองน้ำกันลม (แสดงดังรูปที่ 3.11)

3.2.2 ไมโครโฟน พาวเวอร์ ซัพพลาย ยี่ห้อ Brüel&Kjær รุ่น 2804 มีช่องการทำงาน 2 ช่องสามารถสลับการทำงานระหว่างอินพุตและเอาต์พุตได้ จ่ายแรงดัน 200 และ 28 โวลต์ ให้กับไมโครโฟน ใช้แบตเตอรี่ขนาด 1.5 โวลต์ ทำหน้าที่ขยายเสียงจากไมโครโฟนเข้าเครื่องวิเคราะห์สัญญาณ (แสดงดังรูปที่ 3.12)

3.2.3 เครื่องวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบฟาสฟูรีเยทราานฟอร์ม ยี่ห้อ Brüel&Kjær รุ่น PHOTON+ ทำหน้าที่รับสัญญาณจากไมโครโฟนแล้วแสดงสัญญาณในรูปกราฟฟูรีเยพร้อมแสดงผลออกมาในรูปของความดันเสียง (แสดงดังรูปที่ 3.13)

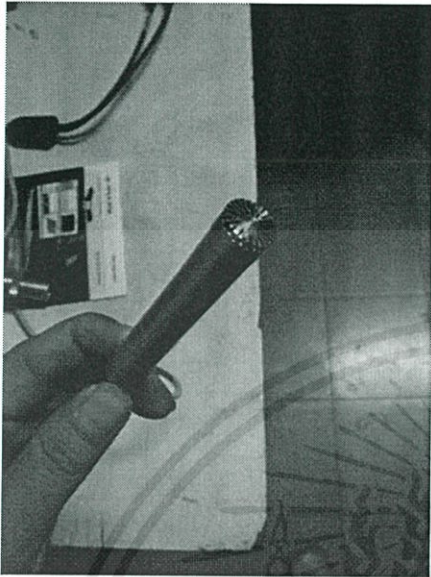
3.2.4 เครื่องปรับอากาศยี่ห้อซัมซุงรุ่น AR0FCBB1WQ3 ขนาด 9000 BTU/h ใช้เป็นแหล่งกำเนิดเสียงในการทดลอง สามารถปรับความเร็วรอบพัดลมได้ 3 ระดับ คือ ความเร็วรอบสูง (1280 rpm หรือ 126.65 rad/s) ความเร็วรอบปานกลาง (1035 rpm หรือ 108.33 rad/s) และ ความเร็วรอบต่ำ (860 rpm หรือ 90.01 rad/s) (แสดงดังรูปที่ 3.14)

3.2.5 เครื่องวัดความเร็วลมชนิด Hot Wire ยี่ห้อ DIGICON รุ่น DA-44 (แสดงดังรูปที่ 3.15)

3.2.6 ห้องไร้เสียงสะท้อนขนาดกว้าง 3 เมตร ยาว 4 เมตรที่ใช้ในการทดลอง (แสดงดังรูปที่ 3.16, 3.17)

3.2.7 เครื่องมือวัดความเร็วรอบ (Digital Tachometer) ยี่ห้อ Nicety รุ่น TC 802 (แสดงดังในรูปที่ 3.18)

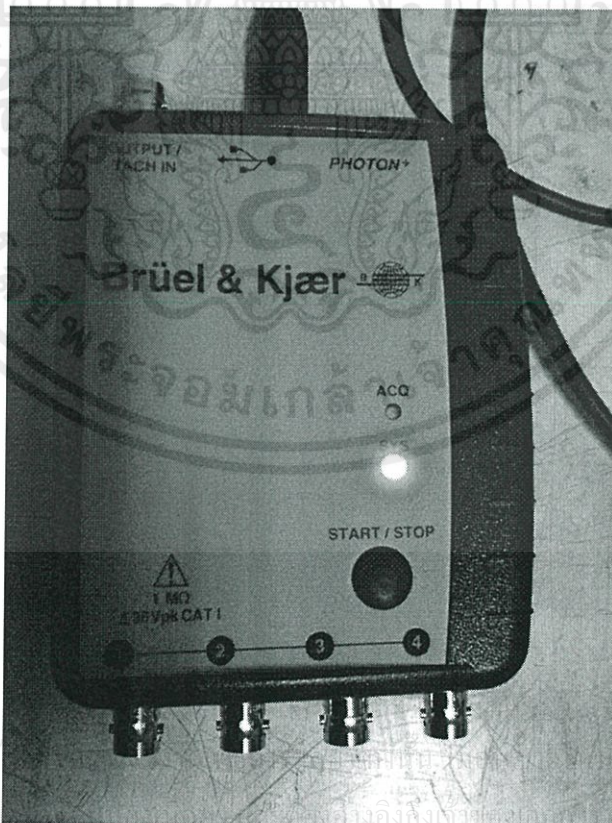
3.2.8 การติดตั้งอุปกรณ์ในห้องเก็บเสียงเพื่อทำการเก็บค่าความดันเสียง (แสดงดังในรูปที่ 3.19)



รูปที่ 3.11 ไมโครโฟน  
ปลาย

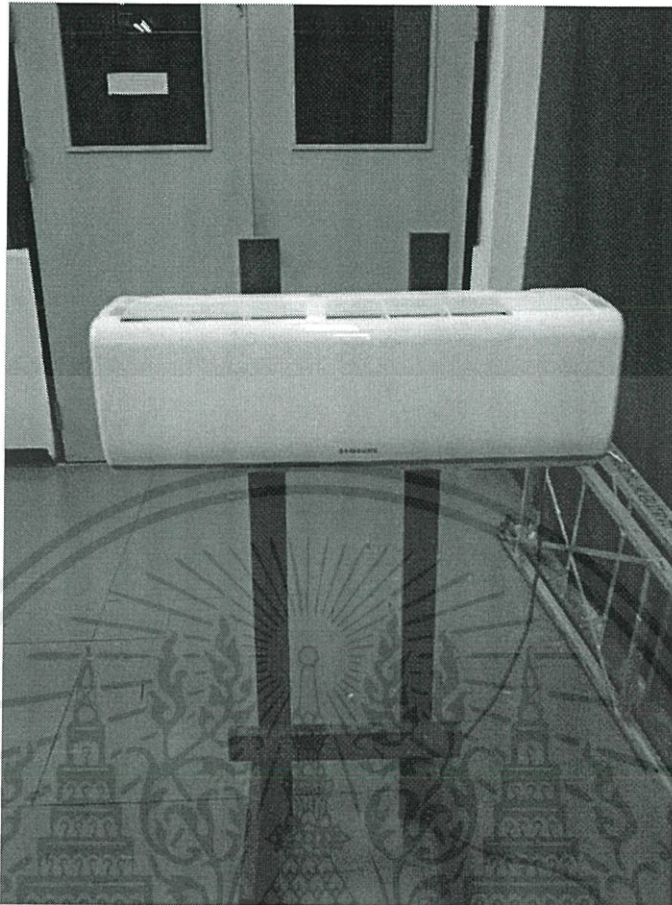


รูปที่ 3.12 ไมโครโฟน พาวเวอร์ ซัพ

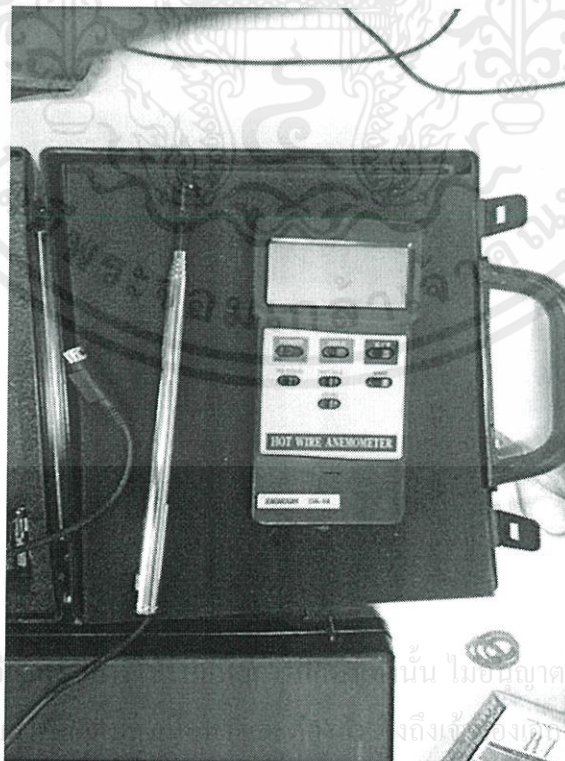


รูปที่ 3.13 เครื่องวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบฟาสฟูร์เรียทรานฟอร์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางบริษัทฯ

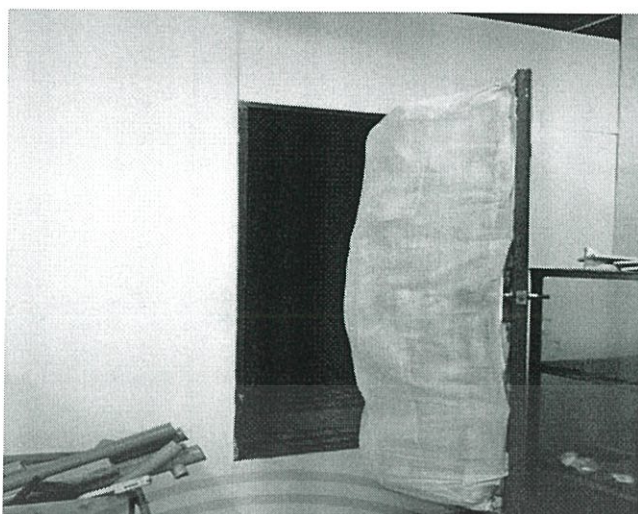


รูปที่ 3.14 เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 3.15 เครื่องมือวัดลมชนิด Hot Wire

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้าม  
นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
จนถึงต้องดำเนินการทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 ห้องไร้เสียงสะท้อนที่ใช้ทำการทดลอง

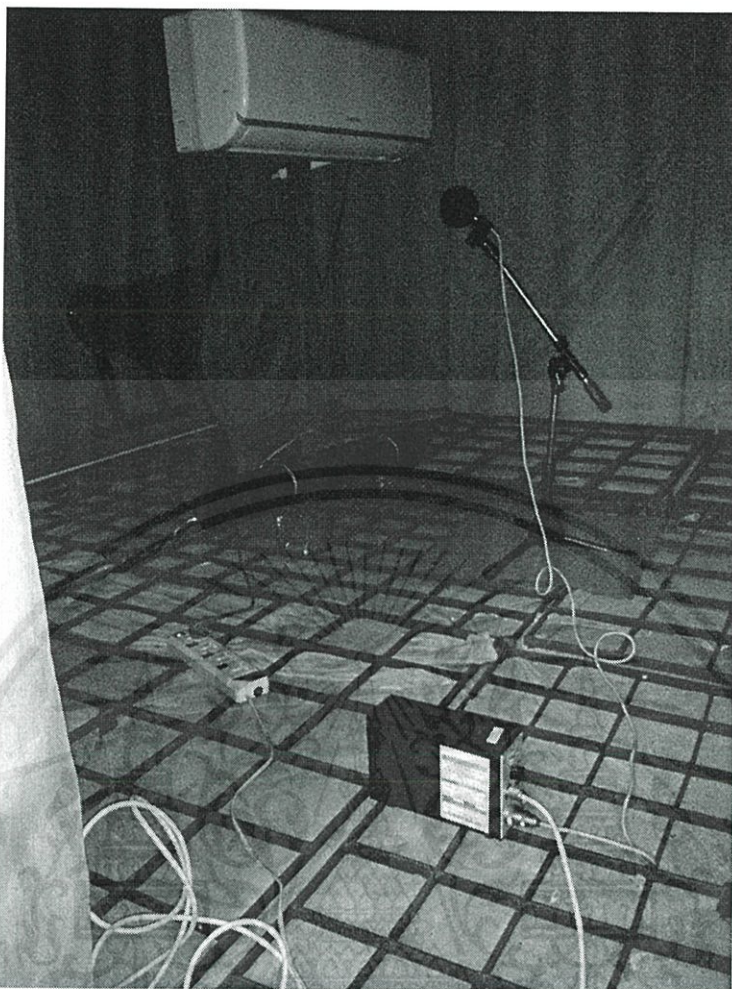


รูปที่ 3.17 แสดงภายในห้องไร้เสียงสะท้อน



รูปที่ 3.18 เครื่องมือวัดความเร็วรอบ (Digital Tachometer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานของ... ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและ... ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ในห้องเก็บเสียง

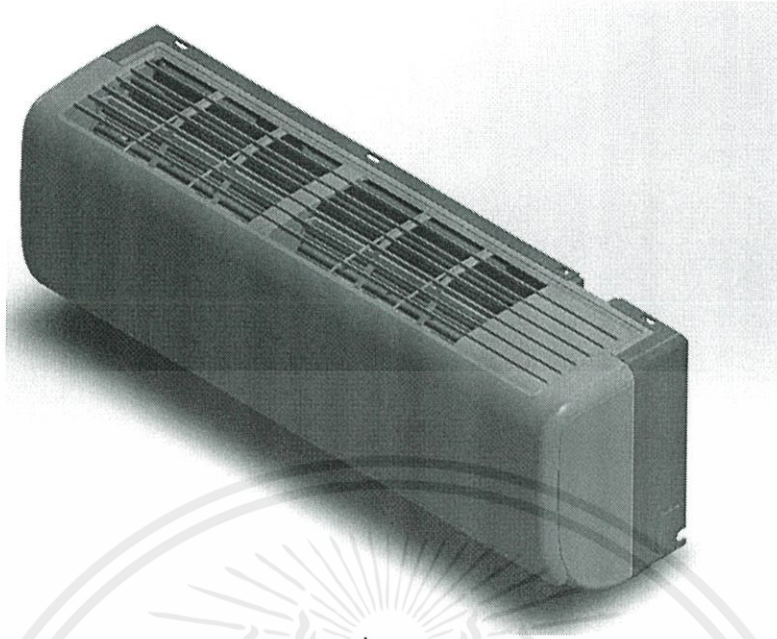
### 3.3 การทำงานจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้คอมพิวเตอร์

#### 3.3.1 การสร้างแบบจำลอง

การวิจัยนี้ได้รับแบบจำลองรูปทรงจริงแบบ 3 มิติจากทาง Samsung แล้วดัดแปลงให้ใช้โปรแกรม Gambit ทำให้ชิ้นส่วนต่างๆ ให้อยู่ในแบบ 2 มิติ

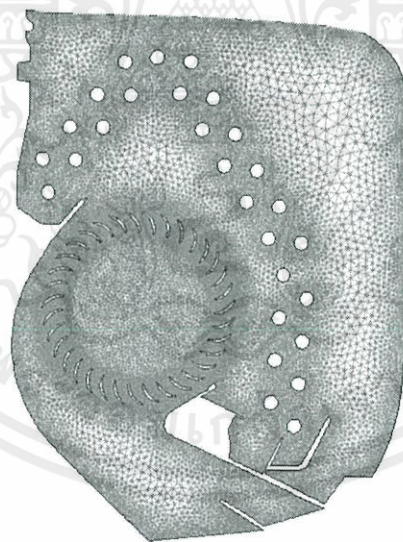
สุดท้าย เพื่อศึกษาดูแนวโน้มของการไหลแบบปั่นป่วนและเสียงที่เกิดขึ้นภายในเครื่องปรับอากาศ โดยจะประยุกต์ใช้งานกับโปรแกรม ANSYS FLUENT 13.0 เพื่อจำลองอากาศรอบๆ แบบจำลอง (แสดงดังรูปที่ 3.19)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20

และหลังจากนั้นได้ทำการ Cross Section เป็นแบบจำลอง 2 มิติ เพื่อนำไปใช้ในการจำลองคอมพิวเตอร์ (ดังแสดงในรูปที่ 3.20)



Mesh

Mar 21, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 3.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.2 การประยุกต์ใช้โปรแกรม ANSYS FLUENT 13.0

โปรแกรม ANSYS FLUENT เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ระเบียบวิธีไฟไนต์วอลุ่มที่สามารถแก้ไขปัญหากลศาสตร์ไหลของการไหลในรูปแบบต่างๆ เช่น น้ำ ของเหลว อากาศ หรือปัญหาทางความร้อน เป็นต้น โดยกำหนดคุณสมบัติต่างกันไป เช่น เป็นของไหลแบบอัดตัวได้ หรือ เป็นของไหลแบบอัดตัวไม่ได้, เป็นของไหลแบบมีความหนืด หรือ ไม่มีความหนืด, เป็นการไหลแบบราบเรียบ หรือ เป็นการไหลแบบปั่นป่วน เป็นต้น

#### วิธี Set ค่า

1. ที่ Cell Zone Condition > Moving > Edit > เลือก Frame Motion > ที่ Rotational Velocity เลือก Speed ตามความเร็วรอบ (rad/s) > Constant
2. ที่ Reference Values > Reference Zone > Moving
3. ที่ Solution Method
  - Scheme เลือก Coupled
  - Gradient เลือก Least square cell based
  - Pressure เลือก PRESTO !
  - Momentum เลือก Second Order Upwind
  - Turbulent Kinetic Energy เลือก Second Order Upwind
  - Turbulent Dissipation Rate เลือก Second Order Upwind
4. ที่ Solution Controls  
 Courant Number = 200 , Momentum = 0.5 , Pressure = 0.5 , Density = 1 ,  
 Body Forces = 1 , Turbulent Kinetic Energy = 0.8 , Turbulent Dissipation  
 Rate = 0.8 ,  
 Turbulent Viscosity = 0.8
5. ที่ Solution Initialization
  - เลือก Hybrid Initialization
  - คลิก Initialize
6. ที่ Run Calculation
  - Number of Iteration = 4500
  - คลิก Calculate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

#### 4.1 ส่วนการทดลองวัดเสียงจากเครื่องปรับอากาศ

##### 4.1.1 การทดลองวัดเสียงสัญญาณรบกวนพื้นหลัง (Background noise)

การทดลองวัดเสียงในรูปแบบกรณีต่างๆต้องมีการวัดสัญญาณรบกวนพื้นหลังของห้อง ที่ทำการทดลองวัดเสียงเพื่อจะได้ทราบสัญญาณรบกวนพื้นหลัง (Background noise) เพื่อจะได้นำมาใช้หาค่าระดับความดันเสียง (Sound Pressure Level หรือ  $L_p$ ) ต่อไป



รูปที่ 4.1 แสดงการวัดเสียงรบกวนพื้นหลังภายในห้องไร้เสียงสะท้อน

การทดลองวัดเสียงนั้นทำการทดลองโดยบันทึกค่าระดับความดันเสียงทั้งหมด 10 ครั้ง จากโปรแกรม RTpro แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยของระดับความดันเสียงค่าที่ได้คือค่าสัญญาณรบกวนพื้นหลัง (Background noise) จากสมการที่ (2.24) ภายในห้องที่ทำการทดลอง และผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองแสดงดังในตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองวัดเสียงสัญญาณรบกวนพื้นหลังภายในห้องทดลองวัดเสียง

	Z=0	Z=1	Z=2	Z=3	Z=4	Z=5	Z=6	Z=7	Z=8	Z=9
X Unit(Hz)	Y Unit(dB/20.0μPa)	Y Unit(dB/20.0μPa)	Y Unit(dB/20.0μPa)	Y Unit(dB/20.0μPa)	Y Unit(dB/20.0μPa)	Y Unit(dB/20.0μPa)	Y Unit(dB/20.0μPa)	Y Unit(dB/20.0μPa)	Y Unit(dB/20.0μPa)	Y Unit(dB/20.0μPa)
X Value	Y Value(dBMag)	Y Value(dBMag)	Y Value(dBMag)	Y Value(dBMag)	Y Value(dBMag)	Y Value(dBMag)	Y Value(dBMag)	Y Value(dBMag)	Y Value(dBMag)	Y Value(dBMag)
25	67.58102375	67.58102375	67.58102375	67.58102375	67.58102375	67.58102375	67.58102375	67.58102375	67.58102375	67.58102375
31.5	69.74813782	69.74813782	69.74813782	69.74813782	69.74813782	69.74813782	69.74813782	69.74813782	69.74813782	69.74813782
40	72.58789918	72.58789918	72.58789918	72.58789918	72.58789918	72.58789918	72.58789918	72.58789918	72.58789918	72.58789918
50	73.62670928	73.62670928	73.62670928	73.62670928	73.62670928	73.62670928	73.62670928	73.62670928	73.62670928	73.62670928
63	71.46755332	71.46755332	71.46755332	71.46755332	71.46755332	71.46755332	71.46755332	71.46755332	71.46755332	71.46755332
80	68.39071212	68.39071212	68.39071212	68.39071212	68.39071212	68.39071212	68.39071212	68.39071212	68.39071212	68.39071212
100	65.50962158	65.50962158	65.50962158	65.50962158	65.50962158	65.50962158	65.50962158	65.50962158	65.50962158	65.50962158
125	59.93424523	59.93424523	59.93424523	59.93424523	59.93424523	59.93424523	59.93424523	59.93424523	59.93424523	59.93424523
160	41.67340987	41.67340987	41.67340987	41.67340987	41.67340987	41.67340987	41.67340987	41.67340987	41.67340987	41.67340987
200	50.22059901	50.22059901	50.22059901	50.22059901	50.22059901	50.22059901	50.22059901	50.22059901	50.22059901	50.22059901
250	43.45473043	43.45473043	43.45473043	43.45473043	43.45473043	43.45473043	43.45473043	43.45473043	43.45473043	43.45473043
315	38.19281692	38.19281692	38.19281692	38.19281692	38.19281692	38.19281692	38.19281692	38.19281692	38.19281692	38.19281692
400	39.57477036	39.57477036	39.57477036	39.57477036	39.57477036	39.57477036	39.57477036	39.57477036	39.57477036	39.57477036
500	40.32960389	40.06212714	39.99064003	41.30512461	40.55796872	40.46238891	40.83665109	40.93291773	39.8549377	40.6619309
630	39.97877897	39.930307	39.98004737	41.07459342	39.71700593	40.37878634	40.67926234	40.67211454	39.56549392	39.95040759
800	36.84961947	37.21531857	36.70047494	37.03952001	37.38139277	37.22526603	37.20798315	37.63093466	37.07921663	37.45070875
1000	37.4077491	37.18773152	37.27250921	36.32283739	36.4330768	36.74919881	37.23390602	36.9472712	37.67942355	36.58104375
1250	34.53965043	34.93973262	34.45231681	35.26326348	34.32070042	34.25383093	34.40130865	34.72322211	34.87752634	34.22930867
1600	31.70959856	32.25871845	32.87084628	32.84444802	32.17192805	32.02944666	32.90784935	33.01873216	31.47123009	32.16275948
2000	31.95188955	31.8161295	31.44056602	32.67781297	31.97876871	31.8217881	32.71877938	32.1367924	31.75017032	31.87622973
2500	29.25402384	29.42949655	29.28684236	30.07899391	30.30827503	30.03228555	30.1612991	29.88382051	29.68819714	29.90887599
3150	26.92509893	26.77672969	27.2171632	27.46698242	28.0518374	27.87678043	27.78612019	27.62516991	27.2396252	26.75451789
4000	26.34631188	26.585134054	27.5157796	28.24143632	27.23187649	27.74913096	27.63520916	27.74727919	26.67838686	27.14488314
5000	26.85854097	26.9853607	27.34269703	28.06465026	27.50462182	28.23977416	27.54463071	27.73640115	27.0516824	27.63619976
6300	26.45163442	26.38263934	26.82049688	26.99566498	26.7001893	26.76457634	26.5208216	26.97361429	26.30016041	26.43961494
8000	24.64475421	24.79733117	25.28989677	24.67484968	24.97949555	24.63224283	25.13859896	24.34485487	25.53497517	25.46160625
10000	24.1517038	23.50499072	24.40551582	25.57331188	23.76244771	24.86270285	25.80174138	23.30593935	25.40857907	25.88225557

จากข้อมูลเบื้องต้นนำค่าระดับความดันเสียงเฉลี่ยของสัญญาณรบกวนพื้นหลัง (Background Noise Overall Sound Pressure Level,  $L_p$ ) จะเท่ากับ 79.1395 dB ค่าความถี่ในแบบ A-weight จะได้เท่ากับ 53.4203 dBA และค่าความถี่ในแบบ C-weight จะได้เท่ากับ 77.6056 dBC

4.1.2 การทดลองวัดเสียงจากการทำงานของเครื่องปรับอากาศที่ไม่ได้เปลี่ยนแปลงรูปทรงภายใน ขั้นตอนต่อไป คือทำการวัดระดับความดันเสียงที่เกิดขึ้นจากเครื่องปรับอากาศเพื่อดูแนวโน้มของเสียงที่เกิดขึ้นจากการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองวัดเสียงที่เพิ่มขึ้นจากเครื่องปรับอากาศที่ระดับ  
ความเร็วรอบต่ำ (90.01 rad/s)

	Z = 0	Z = 1	Z = 2	Z = 3	Z = 4
X Unit(Hz)	Y Unit(dB/20.0 $\mu$ Pa)	Y Unit(dB/20.0 $\mu$ Pa)	Y Unit(dB/20.0 $\mu$ Pa)	Y Unit(dB/20.0 $\mu$ Pa)	Y Unit(dB/20.0 $\mu$ Pa)
X Value	Y Value(dBMag)	Y Value(dBMag)	Y Value(dBMag)	Y Value(dBMag)	Y Value(dBMag)
25	83.87313556	83.87313556	83.87313556	83.87313556	83.87313556
31.5	85.50716679	85.50716679	85.50716679	85.50716679	85.50716679
40	87.65820283	87.65820283	87.65820283	87.65820283	87.65820283
50	88.21114611	88.21114611	88.21114611	88.21114611	88.21114611
63	85.73713703	85.73713703	85.73713703	85.73713703	85.73713703
80	82.01408341	82.01408341	82.01408341	82.01408341	82.01408341
100	78.41522167	78.41522167	78.41522167	78.41522167	78.41522167
125	73.35868211	73.35868211	73.35868211	73.35868211	73.35868211
160	58.43488521	58.43488521	58.43488521	58.43488521	58.43488521
200	61.41847123	61.41847123	61.41847123	61.41847123	61.41847123
250	56.08678752	56.08678752	56.08678752	56.08678752	56.08678752
315	51.1017053	51.1017053	51.1017053	51.1017053	51.1017053
400	52.34558202	52.34558202	52.34558202	52.34558202	52.34558202
500	53.53145038	53.76602028	54.58417103	54.70898812	53.734937
630	50.41986221	48.99717354	47.56392364	48.9421982	50.136156
800	46.00446238	45.79286312	47.88652635	48.25854527	48.10761992
1000	43.99134355	46.57152009	47.88404204	48.77038143	46.27665003
1250	44.05616933	42.35255857	43.32627104	42.66314504	42.05980337
1600	41.795882	41.33968681	40.94366202	41.20252386	41.00692106
2000	38.4750682	39.96671401	39.46105632	39.81347107	38.63305302
2500	37.17002976	37.58254894	37.08839507	36.80020705	36.72076511
3150	34.73805277	35.41326417	34.56374572	35.18466631	34.16705627
4000	33.94939659	35.48900906	35.17658099	35.13497778	33.82468873
5000	32.95940734	34.89676143	36.80287268	35.17414461	32.7610834
6300	35.01761701	37.9655406	43.89495388	40.15895899	31.25312671
8000	35.39299749	36.61955438	39.95033418	40.00898266	31.66517087
10000	41.22957124	41.77928316	40.4588907	45.47280935	42.73324323

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองวัดเสียงที่เกิดขึ้นจากเครื่องปรับอากาศที่ระดับ  
ความเร็วรอบกลาง(108.3 rad/s)

	Z = 0	Z = 1	Z = 2	Z = 3	Z = 4
X Unit(Hz)	Y Unit(dB/20.0 $\mu$ Pa)	Y Unit(dB/20.0 $\mu$ Pa)	Y Unit(dB/20.0 $\mu$ Pa)	Y Unit(dB/20.0 $\mu$ Pa)	Y Unit(dB/20.0 $\mu$ Pa)
X Value	Y Value(dBMag)	Y Value(dBMag)	Y Value(dBMag)	Y Value(dBMag)	Y Value(dBMag)
25	83.11293956	83.11293956	83.11293956	83.11293956	83.11293956
31.5	85.05394337	85.05394337	85.05394337	85.05394337	85.05394337
40	87.5938249	87.5938249	87.5938249	87.5938249	87.5938249
50	88.69740724	88.69740724	88.69740724	88.69740724	88.69740724
63	87.18629005	87.18629005	87.18629005	87.18629005	87.18629005
80	83.78487187	83.78487187	83.78487187	83.78487187	83.78487187
100	78.8374883	78.8374883	78.8374883	78.8374883	78.8374883
125	72.86245638	72.86245638	72.86245638	72.86245638	72.86245638
160	59.25957445	59.25957445	59.25957445	59.25957445	59.25957445
200	62.32075078	62.32075078	62.32075078	62.32075078	62.32075078
250	58.54060712	58.54060712	58.54060712	58.54060712	58.54060712
315	50.87121959	50.87121959	50.87121959	50.87121959	50.87121959
400	51.21613689	51.21613689	51.21613689	51.21613689	51.21613689
500	52.06402542	53.41626575	55.27157472	55.18908568	53.42713569
630	51.46770916	51.63590841	48.46590706	47.82063976	48.43214101
800	47.92739348	48.75488448	48.44368622	48.73033713	47.63959157
1000	47.31230752	44.3354825	47.66387037	48.73441497	45.24391495
1250	42.04726759	43.56443426	43.50837415	44.18514209	45.85088693
1600	41.58439174	41.88164487	42.05442596	41.8795286	42.69393689
2000	41.22872524	39.91141121	40.47132281	40.07580294	41.74840312
2500	37.37749259	37.53793946	37.96109213	37.07864732	36.5746009
3150	35.90700185	34.3335365	34.89785773	34.33494973	35.72425774
4000	34.33729878	33.71781648	36.30094389	33.85365519	34.55462207
5000	33.09316841	32.82841252	35.08663942	34.11629377	34.10366295
6300	30.97587634	32.12932383	34.34770526	33.41933473	36.61610176
8000	29.29528804	32.18487375	32.92039311	29.95467854	35.2255748
10000	37.91233612	45.49472178	34.84711584	35.87474741	45.57195451

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองวัดเสียงที่เพิ่มขึ้นจากเครื่องปรับอากาศที่ระดับ  
ความเร็วรอบสูง (126.65 rad/s)

	Z = 0	Z = 1	Z = 2	Z = 3	Z = 4
X Unit(Hz)	Y Unit(dB/20.0 $\mu$ Pa)	Y Unit(dB/20.0 $\mu$ Pa)	Y Unit(dB/20.0 $\mu$ Pa)	Y Unit(dB/20.0 $\mu$ Pa)	Y Unit(dB/20.0 $\mu$ Pa)
X Value	Y Value(dBMag)	Y Value(dBMag)	Y Value(dBMag)	Y Value(dBMag)	Y Value(dBMag)
25	80.90834311	80.90834311	80.90834311	80.90834311	80.90834311
31.5	84.25809246	84.25809246	84.25809246	84.25809246	84.25809246
40	86.72257162	86.72257162	86.72257162	86.72257162	86.72257162
50	87.80098782	87.80098782	87.80098782	87.80098782	87.80098782
63	86.32988185	86.32988185	86.32988185	86.32988185	86.32988185
80	82.70166435	82.70166435	82.70166435	82.70166435	82.70166435
100	76.86024694	76.86024694	76.86024694	76.86024694	76.86024694
125	70.28131625	70.28131625	70.28131625	70.28131625	70.28131625
160	59.28465416	59.28465416	59.28465416	59.28465416	59.28465416
200	62.6931496	62.6931496	62.6931496	62.6931496	62.6931496
250	58.82151567	58.82151567	58.82151567	58.82151567	58.82151567
315	52.10745635	52.10745635	52.10745635	52.10745635	52.10745635
400	54.05496238	54.05496238	54.05496238	54.05496238	54.05496238
500	52.34050862	54.76345718	53.47965745	53.03847301	54.58272392
630	48.79616437	53.51660424	48.99571537	51.46693577	43.2674382
800	48.18003995	51.98246066	48.50996071	48.70169338	51.70701744
1000	43.97856267	48.63661289	46.68412909	43.65850107	50.24437783
1250	47.47034411	45.69609867	43.13865367	45.55571364	48.12263194
1600	43.151957	44.66254799	45.04305361	44.86521489	44.5360317
2000	44.05474217	43.1663006	44.1708215	44.37835469	43.85542564
2500	40.53537163	41.19572127	39.9420655	41.0407322	41.42777467
3150	39.12113409	39.80650186	37.12493235	37.82081925	39.193738
4000	36.53273192	36.49261596	35.54346497	35.68733231	35.85840402
5000	35.50971467	34.09859898	37.60037487	33.06959247	33.35237254
6300	36.70141368	34.49415143	39.52066952	31.9063341	40.29523646
8000	35.99241103	33.35315538	36.35201505	30.9731484	41.79765039
10000	38.53731232	42.16394125	44.17283554	37.60624136	46.62154596

การทดลองที่ระดับความเร็วรอบพัดลมต่ำ

จากตารางที่ 4.2 ทำการเฉลี่ยข้อมูลทุกชุดในลอการิทึมสเกลออกมาเป็นข้อมูลชุดเดียวที่มีหน่วย dB ในแต่ละความถี่ จากนั้นนำค่าถ่วงน้ำหนักในแบบ A และ C จากตารางที่ 2.1 มาบวกกับความดันเสียงที่วัดได้ในแต่ละความถี่ จะทำให้เราได้ข้อมูล One-third octave band ของความดันเสียงทั้งหมด 3 ชุด คือแบบธรรมดา มีหน่วย dB แบบ A มีหน่วย dBA และแบบ C มีหน่วย dBC จากนั้นให้หา Overall Sound Pressure Level ของข้อมูลแต่ละชุดโดยการบวกกันแบบลอการิทึมสเกลตามสมการที่(2.24) ดังตารางที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 สเปกตรัมความดันเสียงของพัดลมรอบต่ำความละเอียด 1/3 octave band ในแบบ  
ทั่วไป, A และ C

ความถี่ กลาง (Hz)	ความดันเสียง (dB)	ความดัน เสียงแบบA (dBA)	ความดัน เสียงแบบC (dBC)
25	82.37313556	37.6731356	77.9731356
31.5	84.00716679	44.6071668	81.0071668
40	86.15820283	51.5582028	84.1582028
50	86.71114611	56.5111461	85.4111461
63	84.23713703	58.037137	83.437137
80	80.51408341	58.0140834	80.0140834
100	76.91522167	57.8152217	76.6152217
125	71.85868211	55.7586821	71.6586821
160	56.93488521	43.5348852	56.8348852
200	59.91847123	49.0184712	59.9184712
250	54.58678752	45.9867875	54.5867875
315	49.6017053	43.0017053	49.6017053
400	50.84558202	46.045582	50.845582
500	52.56511336	49.3651134	52.5651134
630	47.71186272	45.8118627	47.7118627
800	45.71000341	44.9100034	45.7100034
1000	45.19878743	45.1987874	45.1987874
1250	41.39158947	41.9915895	41.3915895
1600	39.75773515	40.7577352	39.6577352
2000	37.76987252	38.9698725	37.5698725
2500	35.57238919	36.8723892	35.2723892
3150	33.3133564	34.5133564	32.8133564
4000	33.21493063	34.2149306	32.4149306
5000	33.01885389	33.5188539	31.7188539
6300	36.15803944	36.0580394	34.1580394
8000	35.22740792	34.1274079	32.2274079
10000	40.83475953	38.3347595	36.4347595

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการอื่นได้

จากตารางที่ 4.5 ให้รวมข้อมูลแต่ละชุดโดยแบบลอการิทึมตามสมการที่(2.24) จะได้ความดัน  
เสียงรวมของแบบทั่วไปเท่ากับ 92.4324 dB แบบ A เท่ากับ 65.2229 dBA และแบบ C เท่ากับ  
90.7216 dBC จากนั้นนำแต่ละค่าที่ได้ไปลบกับสัญญาณรบกวนของพื้นหลังของห้องที่ทำการวัดเสียง

ในแบบลอการิทึมตามสมการที่(2.24) จะได้ระดับความดันเสียงที่เกิดจากชุดคอยล์เย็นทั้งสามแบบเท่ากับ 92.224 dB, 64.9262 dBA และ 90.5044 dBC

เราจะใช้วิธีเดียวกันนี้ในการหาค่าระดับความดันเสียงในทุกกรณีต่อจากนี้

**การทดลองที่ระดับความเร็วรอบพัดลมปานกลาง**

จะได้ระดับความดันเสียงที่เกิดจากชุดคอยล์เย็นทั้งสามแบบเท่ากับ 92.6274 dB, 65.7991 dBA และ 91.0702 dBC

**การทดลองที่ระดับความเร็วรอบพัดลมสูง**

จะได้ระดับความดันเสียงที่เกิดจากชุดคอยล์เย็นทั้งสามแบบเท่ากับ 93.1390 dB, 66.3950 dBA และ 91.6059 dBC

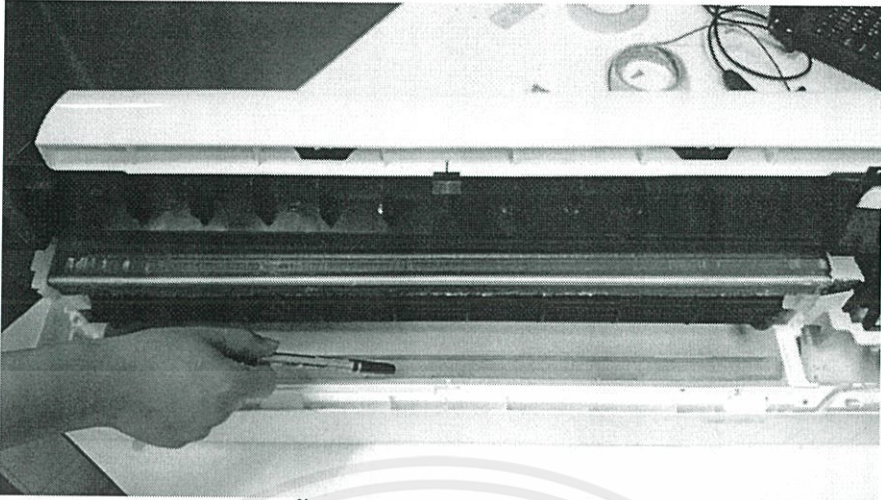
#### 4.1.3 การทดลองวัดเสียงจากการทำงานของเครื่องปรับอากาศที่ทำการเปลี่ยนแปลงรูปทรงภายใน

ในส่วนนี้จะทำการตัดแปะรูปทรงภายในของเครื่องปรับอากาศเพื่อดูแนวโน้มของเสียงที่เกิดขึ้น โดยเตรียมรูปทรงต่างๆไว้ 9 แบบ ใช้ติดตั้งทั้งบริเวณทางเข้า และทางออก ของอากาศในเครื่องปรับอากาศ



รูป 4.2 แสดงตัวอย่างการติดตั้งแท่งอะคริลิกที่ทางเข้าของอากาศในเครื่องปรับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดงตัวอย่างการติดตั้งแท่งอะคริลิกที่ทางออกของอากาศในเครื่องปรับอากาศ



รูปที่ 4.4 แสดงรูปตัดขวางของเครื่องปรับอากาศเพื่อชี้ให้เห็นตำแหน่งการติดตั้งแท่งอะคริลิกที่ตำแหน่งวงกลมสีเหลือง 1 และ 2 คือ ทางอากาศเข้า และออกตามลำดับ

การทดลองจะคล้ายกับการทดลองในส่วนที่ 4.1 คือวัดระดับความดันเสียงที่ความเร็วรอบ 3 ระดับ ได้แก่ ต่ำ ปานกลาง และสูง โดยทำการวัด 5 ครั้ง แล้วคำนวณจากสมการที่(2.24) จะได้ค่าระดับความดันเสียง (Sound Pressure Level) จากนั้นนำค่าเฉลี่ยและหักลบกับค่าระดับความดันเสียงเฉลี่ยของสัญญาณรบกวนพื้นหลัง (Background noise Sound Pressure Level) ในแบบลอกการิทึม จะได้ผลของความดันเสียงที่เกิดขึ้นจากชุดคอยล์เย็น และนำผลการทดลองวัดจริงมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการจำลองในคอมพิวเตอร์ (Computer simulation) ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 แสดงตัวอย่างค่าที่ได้วัดเครื่องปรับอากาศที่ได้รับการเปลี่ยนแปลงรูปทรงภายในแล้ว

	Z = 0	Z = 1	Z = 2	Z = 3	Z = 4
X Unit(Hz)	Y Unit(dB/20.0 $\mu$ Pa)	Y Unit(dB/20.0 $\mu$ Pa)	Y Unit(dB/20.0 $\mu$ Pa)	Y Unit(dB/20.0 $\mu$ Pa)	Y Unit(dB/20.0 $\mu$ Pa)
X Value	Y Value(dBMag)	Y Value(dBMag)	Y Value(dBMag)	Y Value(dBMag)	Y Value(dBMag)
25	69.07627147	69.07627147	69.07627147	69.07627147	69.07627147
31.5	71.0488405	71.0488405	71.0488405	71.0488405	71.0488405
40	74.21169195	74.21169195	74.21169195	74.21169195	74.21169195
50	74.77859052	74.77859052	74.77859052	74.77859052	74.77859052
63	73.0447685	73.0447685	73.0447685	73.0447685	73.0447685
80	70.1291278	70.1291278	70.1291278	70.1291278	70.1291278
100	66.53908146	66.53908146	66.53908146	66.53908146	66.53908146
125	60.3447865	60.3447865	60.3447865	60.3447865	60.3447865
160	37.83256098	37.83256098	37.83256098	37.83256098	37.83256098
200	50.5940886	50.5940886	50.5940886	50.5940886	50.5940886
250	44.25373011	44.25373011	44.25373011	44.25373011	44.25373011
315	38.04853034	38.04853034	38.04853034	38.04853034	38.04853034
400	38.67675905	38.67675905	38.67675905	38.67675905	38.67675905
500	40.59469205	41.49247524	42.46032413	41.7867734	40.17703705
630	39.73020012	40.3579096	41.56130658	41.65833626	39.78955089
800	37.76462056	38.374523	38.63846135	39.07784999	37.18788907
1000	38.62500987	38.97742878	37.68835891	37.70488149	37.77918009
1250	35.85162733	35.34933993	34.93464172	35.92844437	35.1832492
1600	33.64304932	32.45488808	32.23952163	31.97005123	33.39520478
2000	32.40504486	32.55144206	32.85101903	32.72048804	32.40012016
2500	29.36398313	30.30641921	30.32376425	31.00093384	30.53323708
3150	28.22917422	28.57979362	28.3688912	28.67263884	28.61676154
4000	27.20779603	27.61749656	27.63736533	28.5292557	28.3622143
5000	27.67136742	28.75495069	28.36380139	27.78314243	27.84206313
6300	27.17839455	27.56390545	27.37802467	27.3854405	27.3609508
8000	24.73425067	25.67345942	25.92023338	24.54745136	24.96628814
10000	23.70929462	25.28275594	25.16791005	23.9453678	24.52431513

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าระดับความดันเสียงรวมที่เกิดจากเครื่องปรับอากาศที่ได้รับการเปลี่ยนแปลงรูปร่างต่างๆ

	Low (90.01 rad/s)	Medium (108.33 rad/s)	Hi (126.65 rad/s)
แบบที่ 2	79.0881	82.1838	81.2631
แบบที่ 3	85.7956	85.6202	85.4757
แบบที่ 4	78.5194	88.2332	91.3332
แบบที่ 5	74.9797	82.0563	79.3646
แบบที่ 6	72.1287	80.7591	77.9624
แบบที่ 7	80.1600	80.1313	82.9057
แบบที่ 8	72.4957	76.7563	77.1478
แบบที่ 9	88.1213	75.7610	83.9319
แบบที่ 10	76.9384	76.6548	76.7687

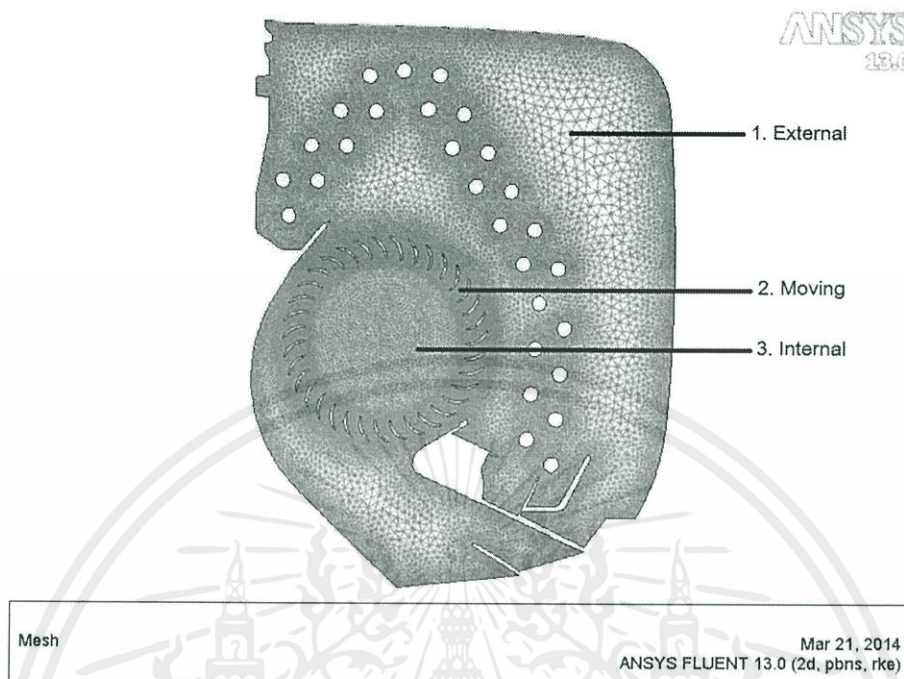
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7ก แสดงค่าระดับความดันเสียงรวม (Overall Sound Pressure Level) ที่เกิดจากเครื่องปรับอากาศในทุกรูปทรง ในแบบทั่วไป, A-weight และ C-weight

แบบที่	รอบการทำงาน	OSPL(dB)	OSPL(dBA)	OSPL(dBC)
1	ต่ำ	92.22400789	64.92624999	90.50435642
	กลาง	92.62743188	65.79907799	91.07027381
	สูง	93.13902334	66.39497314	91.60587468
2	ต่ำ	79.08807491	52.38974196	76.58747778
	กลาง	82.18383354	55.5941081	80.1611214
	สูง	81.26313271	52.32826091	77.73848981
3	ต่ำ	85.795559	52.85782854	82.84850565
	กลาง	85.620199	52.73088195	82.47493153
	สูง	85.47574996	56.35984527	83.19215774
4	ต่ำ	78.51947601	52.50377288	76.04389406
	กลาง	88.23323286	56.33013778	85.18225285
	สูง	91.3332398	57.18800655	88.04002252
5	ต่ำ	74.97974017	48.11321243	73.4271391
	กลาง	82.05634504	50.39698621	79.25286118
	สูง	79.36464911	52.23025053	77.2759367
6	ต่ำ	72.12871801	49.79559063	70.99982856
	กลาง	80.75915553	52.99426058	78.63647507
	สูง	77.96243488	52.70627782	70.03656161
7	ต่ำ	80.15998535	51.21081289	77.80410008
	กลาง	80.13134507	54.26174612	78.45399174
	สูง	82.90575841	52.55898693	80.27293323
8	ต่ำ	72.49574846	50.75723434	72.07271609
	กลาง	76.75639314	47.18914103	73.60356624
	สูง	77.14784086	51.95989597	74.91765273
9	ต่ำ	88.12137733	53.75356783	85.04601753
	กลาง	75.76101326	53.88999583	75.46233462
	สูง	83.93189016	56.32466729	81.63025999
10	ต่ำ	76.93843762	48.26421498	74.50541881
	กลาง	76.65479063	49.9522233	74.73370573
	สูง	76.76865923	54.34109791	75.90117106

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 รายละเอียดโมเดลที่ใช้ในแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์



รูปที่ 4.5 การแบ่งโซนโมเดลที่ใช้ในแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

เราได้ทำการแบ่งพื้นที่ของโมเดลก่อนการตี mesh ออกเป็น 3 โซน คือ

1. External คือโซนอากาศภายในตัวแอร์ ซึ่งอยู่ด้านนอกของใบพัด
2. Moving คือโซนอากาศที่อยู่รอบใบพัดซึ่งจะหมุนด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วรอบของใบพัด
3. Internal คือโซนอากาศที่อยู่ภายในตัวแอร์ ซึ่งอยู่ด้านในของใบพัด

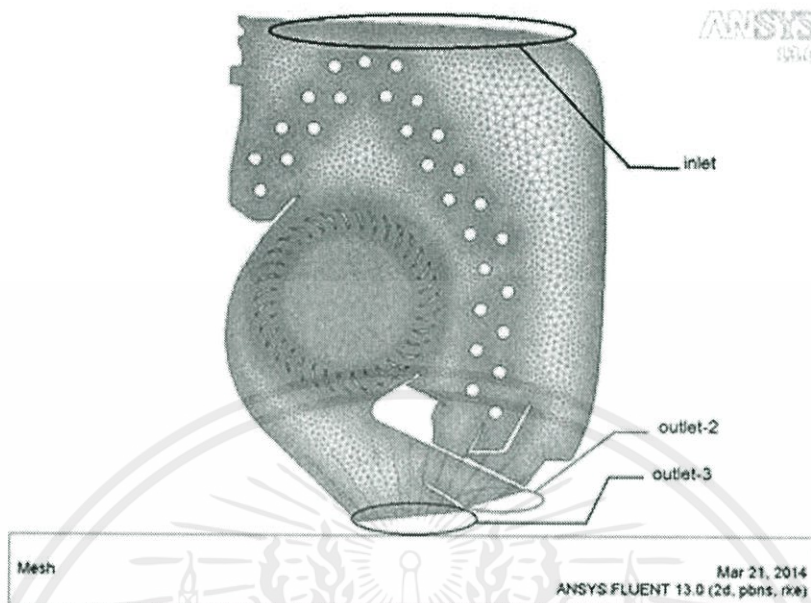
### 4.2.1 รายละเอียด mesh

ตารางที่ 4.8 รายละเอียดของ mesh ในแต่ละโซน

Zone	ชนิดของ mesh	จำนวนอิเลเมนต์	จำนวนโนด	ขนาดของ mesh(m)
External	สามเหลี่ยม	27974	14984	0.0022345
Moving	สามเหลี่ยม	19532	10808	0.0017863
Internal	สามเหลี่ยม	1896	1000	0.0017863

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2.2 Boundary Condition



รูปที่ 4.6 การกำหนดชื่อทางลมเข้าและลมออก

ตารางที่ 4.9 รายละเอียดการตั้งค่าที่ขอบต่าง ๆ

Edge	Name	Type
หน้าตัดทางลมเข้า	inlet	PRESSURE_INLET
พัดลม	blade	WALL
ทางลมออกที่ 1	outlet-2	PRESSURE_OUTLET
ทางลมออกที่ 2	outlet-3	PRESSURE_OUTLET

### 4.2.2.1 วิธีการตั้งค่าคุณสมบัติต่าง ๆ ที่ขอบ

1. inlet
  - Reference Frame: Absolute
  - Gauge Total Pressure (Pa): 0
  - Initial Gauge Pressure (Pa): 0
  - Direction Specification Method: Normal to Boundary
  - Specification Method: Intensity and Viscosity Ratio
  - Turbulent Intensity (%): 5
  - Turbulent Viscosity Ratio: 10

#### 2. outlet-2

- Reference Frame: Absolute
- Gauge Total Pressure (Pa): 0
- Initial Gauge Pressure (Pa): 0
- Direction Specification Method: Normal to Boundary
- Specification Method: Intensity and Viscosity Ratio
- Turbulent Intensity (%): 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับก... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัด...

- 3. outlet-3
  - Turbulent Viscosity Ratio: 10
  - Reference Frame : Absolute
  - Gauge Total Pressure (Pa): 0
  - Initial Gauge Pressure (Pa): 0
  - Direction Specification Method: Normal to Boundary
  - Specification Method: Intensity and Viscosity Ratio
  - Turbulent Intensity (%): 5
  - Turbulent Viscosity Ratio: 10

#### 4.2.3 Cell Zone Condition

ที่โซน moving ซึ่งเป็นโซนอากาศที่อยู่ติดกับตัวพัดลม เราตั้งค่าให้หมุนด้วยความเร็วเท่ากับรอบการทำงานของพัดลมคือ 90.01 108.33 และ 126.65 rad/s

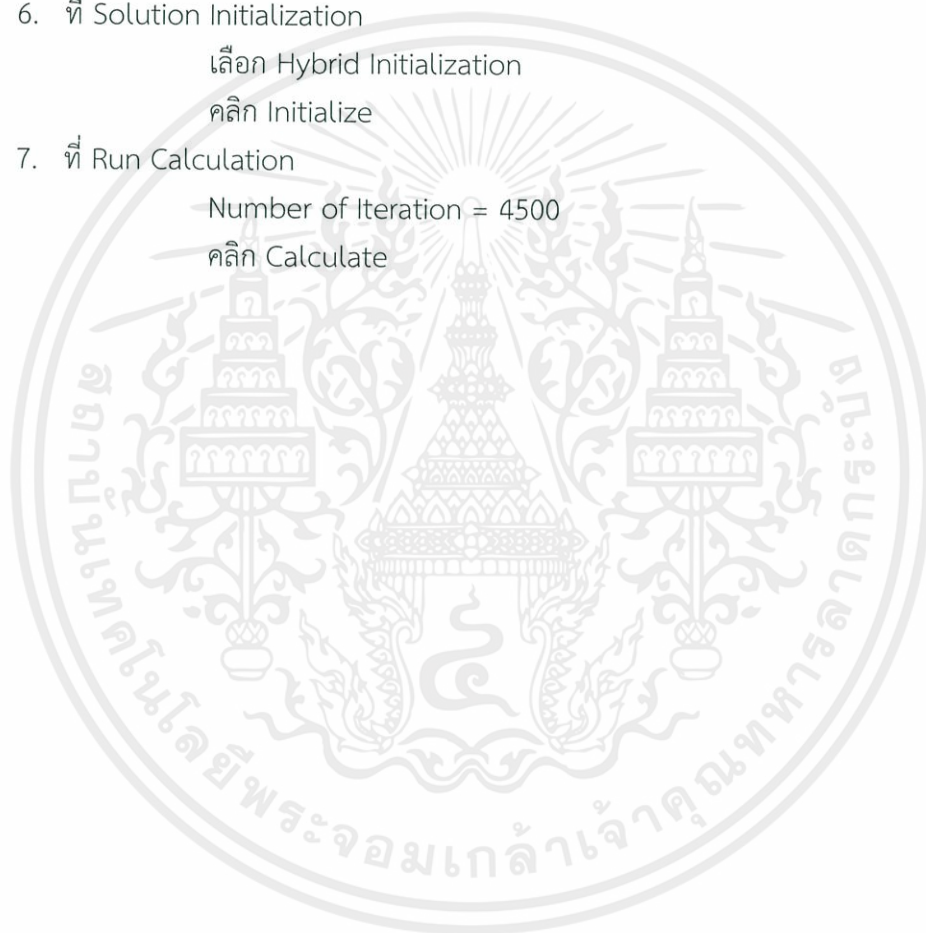
#### 4.2.4 วิธีการตั้งค่าคุณสมบัติต่าง ๆ ในการ Simulation

จากโมเดลที่ได้ทำการตี mesh เสร็จแล้วทางด้านบน นำมาตั้งค่าดังนี้

1. ที่ Model เลือกสมการ Viscous
  - Model เลือก k-epsilon ( 2 eqn)
  - k-epsilon Model เลือก Realizable
  - Near-Wall Treatment เลือก Standard Wall Functions
  - Model Constants
    - C2-Epsilon = 1.9
    - TKE Prandtl Number = 1
    - TDR Prandtl Number = 1.2
  - User-Defined Functions
    - Turbulent Viscosity = none
    - TKE Prandtl Number = none
    - TDR Prandtl Number = none
2. ที่ Cell Zone Condition > Moving > Edit > เลือก Frame Motion > ที่ Rotational Velocity เลือก Speed ตามความเร็วรอบ (rad/s) > Constant
3. ที่ Reference Values > Reference Zone > Moving
4. ที่ Solution Method
  - Scheme เลือก Coupled
  - Gradient เลือก Least square cell based
  - Pressure เลือก PRESTO !
  - Momentum เลือก Second Order Upwind
  - Turbulent Kinetic Energy เลือก Second Order Upwind
  - Turbulent Dissipation Rate เลือก Second Order Upwind

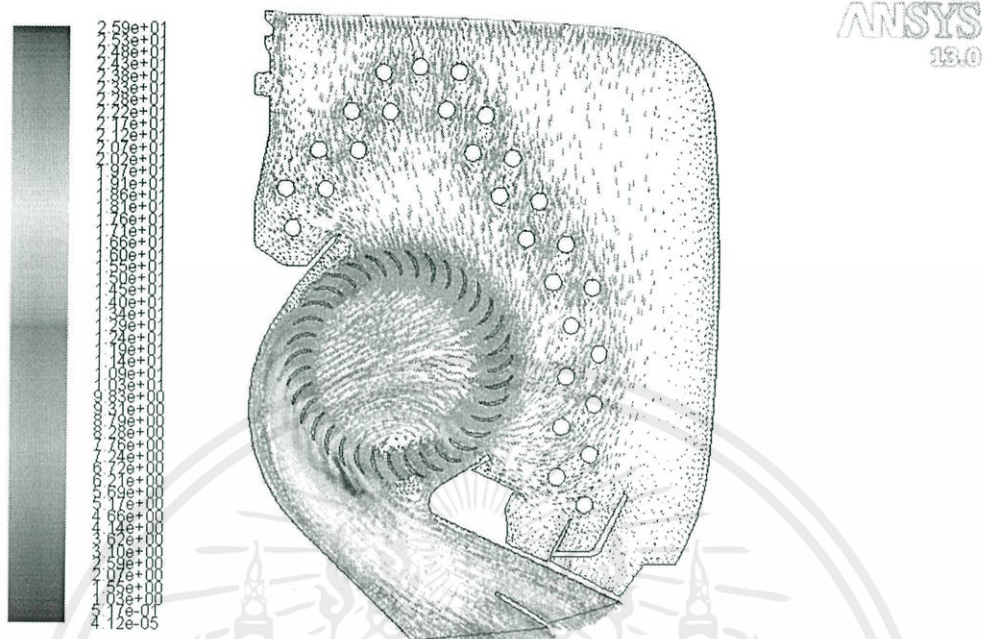
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์และบุคลากรในมหาวิทยาลัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้นำไปเผยแพร่หรือแจกจ่ายเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ที่ Solution Controls
  - Courant Number = 200
  - Momentum = 0.5
  - Pressure = 0.5
  - Density = 1
  - Body Forces = 1
  - Turbulent Kinetic Energy = 0.8
  - Turbulent Dissipation Rate = 0.8
  - Turbulent Viscosity = 0.8
6. ที่ Solution Initialization
  - เลือก Hybrid Initialization
  - คลิก Initialize
7. ที่ Run Calculation
  - Number of Iteration = 4500
  - คลิก Calculate



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

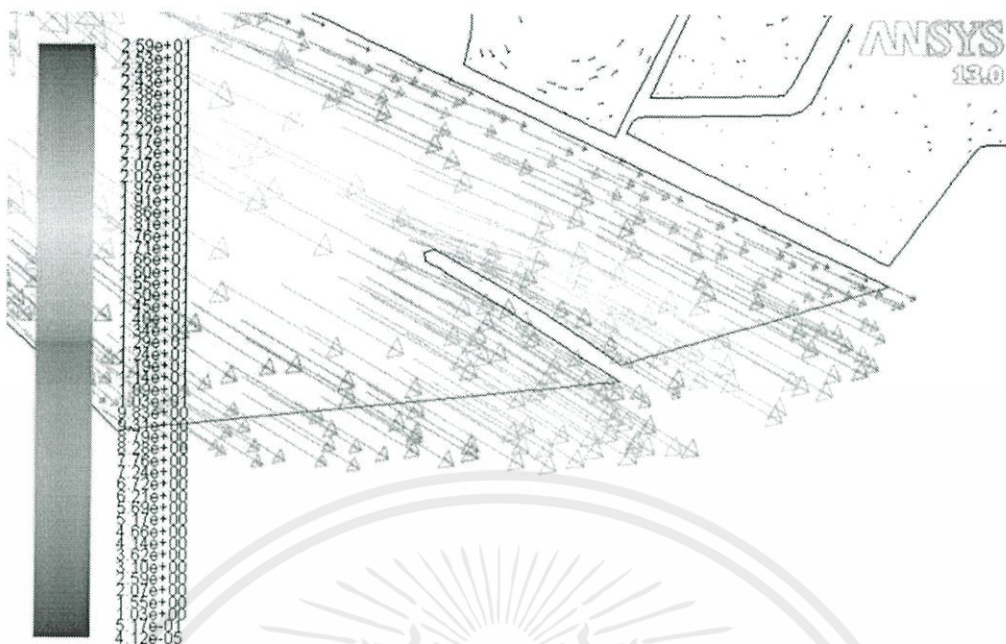
### 4.3 การทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง



รูปที่ 4.7 คอนทัวร์ของเวกเตอร์ความเร็วลมภายในชุดคอยล์เย็นจากแบบจำลอง

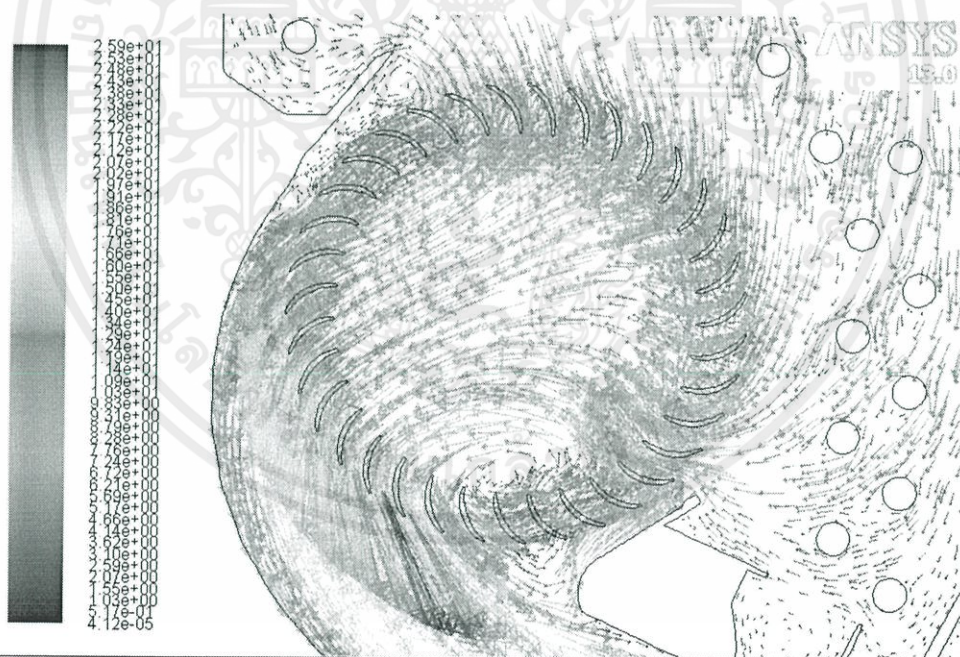


รูปที่ 4.7ก คอนทัวร์ของเวกเตอร์ความเร็วลมบริเวณทางเข้าของลม



Velocity Vectors Colored By Velocity Magnitude (m/s) Apr 02, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.7ข คอนทัวร์ของเวกเตอร์ความเร็วลมบริเวณทางออกของลม



Velocity Vectors Colored By Velocity Magnitude (m/s) Apr 02, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.7ค คอนทัวร์ของเวกเตอร์ความเร็วลมบริเวณใบพัดในชุดคอยล์เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบค่าความเร็วลมเฉลี่ยที่ทางออกและทางลมเข้าที่รอบการทำงานต่างๆ ระหว่างผลการทดลองจริงและแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

รอบการทำงาน	การทดลองจริง (ทางลมออก)(m/s)	แบบจำลอง (ทางลมออก)(m/s)	การทดลองจริง (ทางลมเข้า)(m/s)	แบบจำลอง (ทางลมเข้า)(m/s)
ต่ำ	5.30	7.48	1.70	3.22
กลาง	6.70	9.24	2.50	4.01
สูง	8.80	10.92	3.10	4.73

จากตารางที่ 4.9 พบว่าค่าที่วัดได้จากแบบจำลองและค่าที่เก็บได้จากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ เพราะฉะนั้นจึงสรุปว่าแบบจำลองที่ใช้มีความน่าเชื่อถือ สามารถนำมาใช้หาความสัมพันธ์เทียบกับการทดลองจริงได้

#### 4.4 การทดลองหาแนวโน้มของเสียงจากโปรแกรม (Simulation)

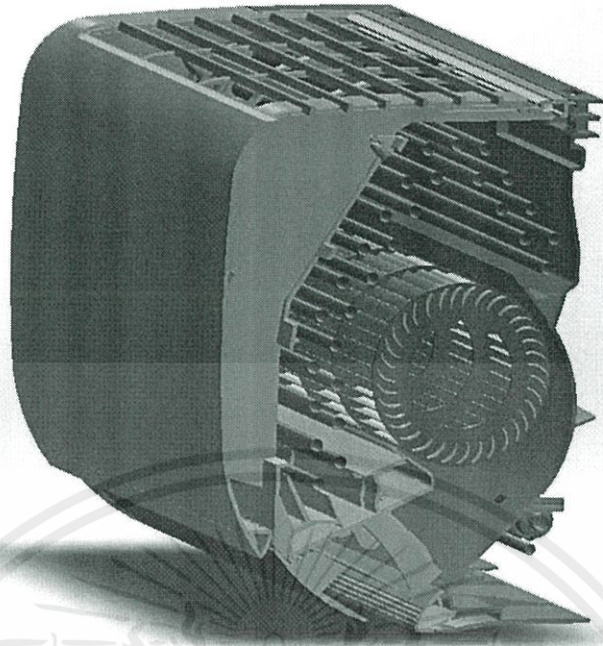
4.4.1 การทดลองหาแนวโน้มของเสียงจากโปรแกรม (Simulation) กับแบบจำลองเครื่องปรับอากาศที่ยังไม่ได้รับการเปลี่ยนแปลงรูปทรงภายใน

เริ่มจากการทำ Cross Section แบบจำลองของเครื่องปรับอากาศ ที่ได้รับมาจาก Samsung เพื่อให้ได้แบบจำลองที่ใช้ในโปรแกรม ANSYS 13.0

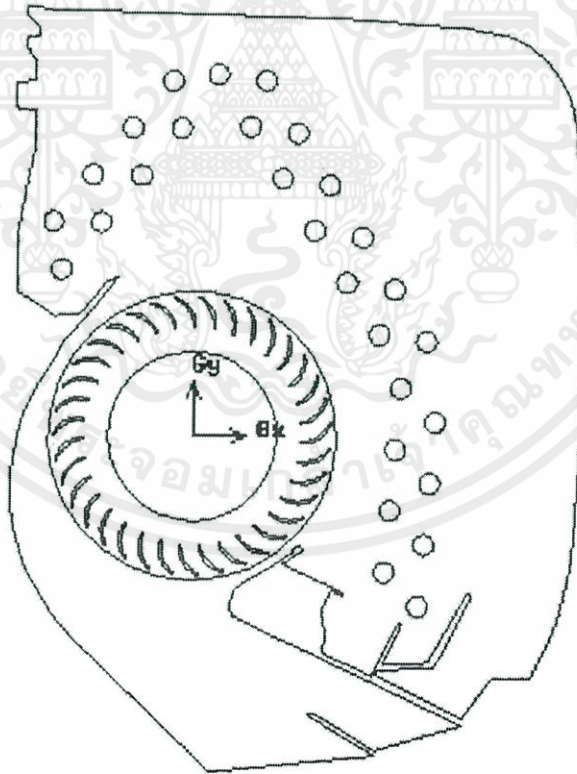


รูปที่ 4.8 แสดงแบบจำลองเครื่องปรับอากาศที่ได้รับมาจาก Samsung

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

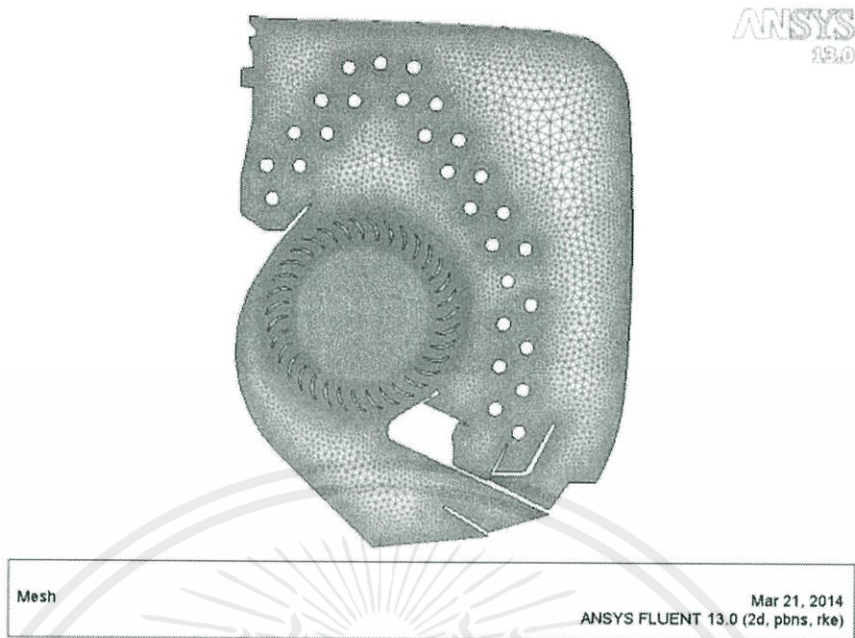


รูปที่ 4.9 ภาคตัดขวางของชุดคอล์ยเย็น แบบ 3 มิติ



รูปที่ 4.10 ภาคตัดขวางของชุดคอล์ยเย็น แบบ 2 มิติ

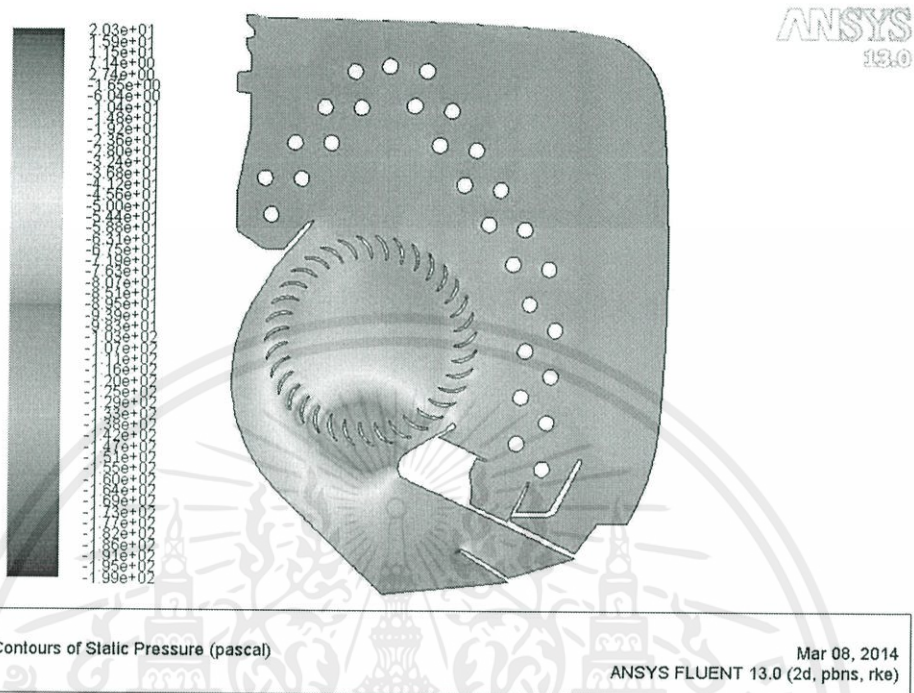
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์เท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



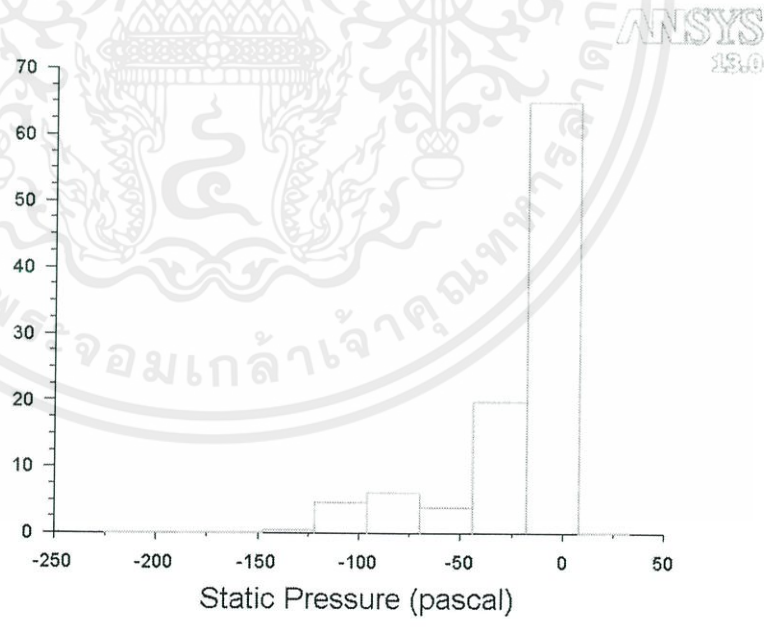
รูปที่ 4.11 แสดงแบบจำลองภาพตัด Cross Section ของเครื่องปรับอากาศ ที่ผ่านการ Meshing แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

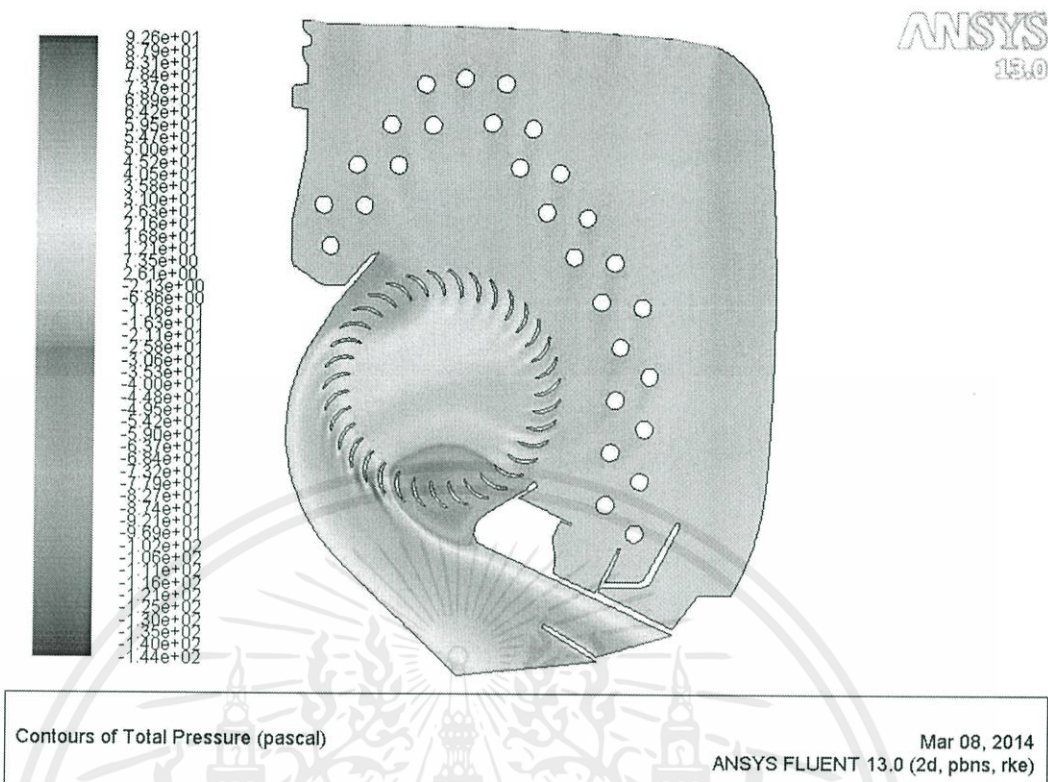
4.4.1.1 Contour และ Histogram ที่ได้จากการ Simulation แบบที่ 1 ที่รอบความเร็วดำ (90.01 rad/s)



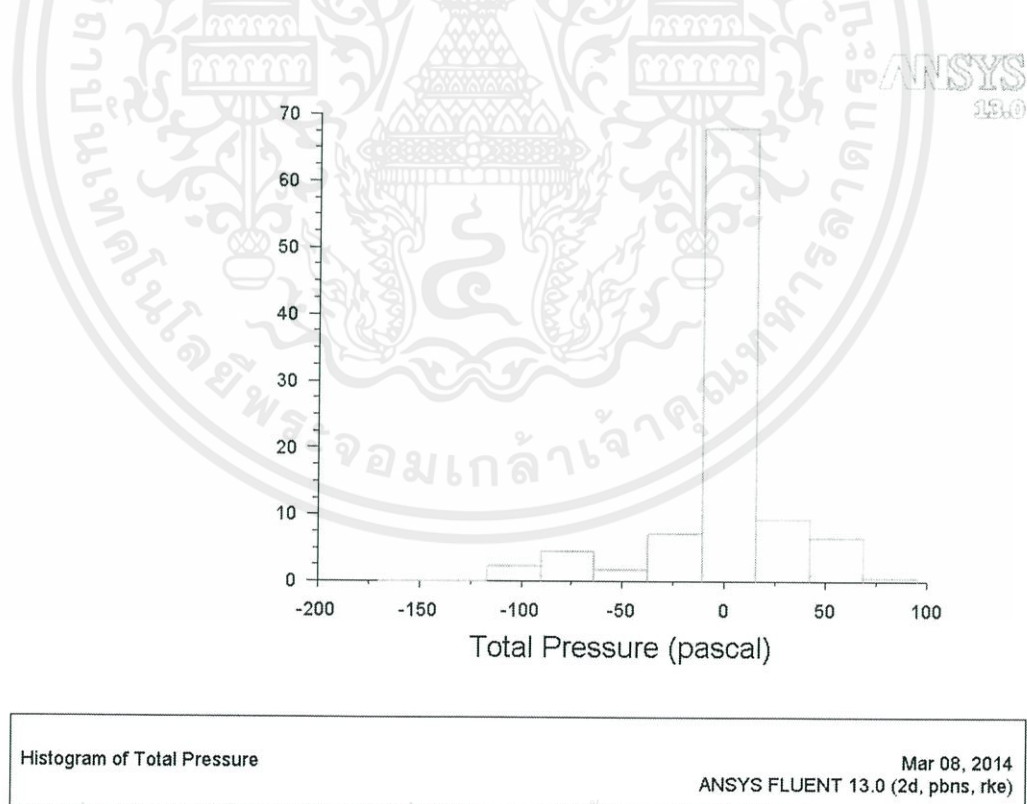
รูปที่ 4.12 แสดง Contours ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



ไม่ว่ากรรูปที่ 4.13 แสดง Histogram ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

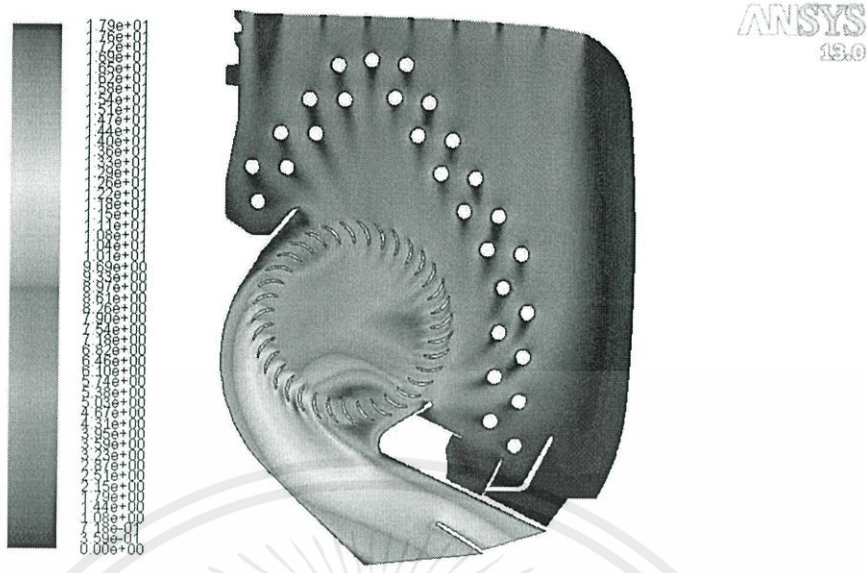


รูปที่ 4.14 แสดง Contours ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



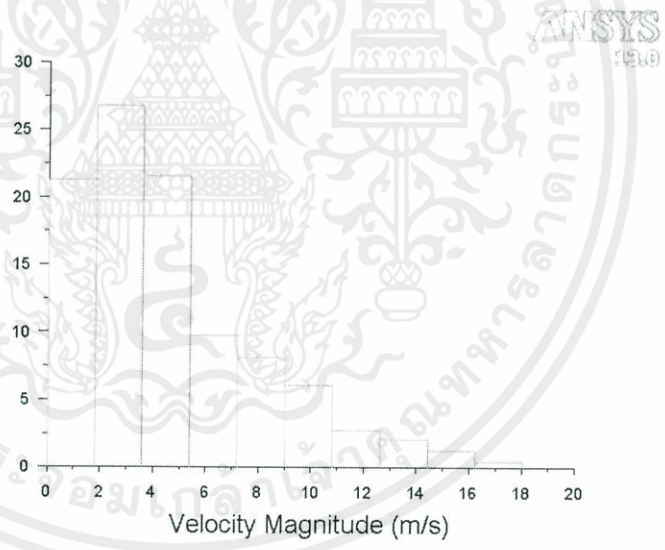
รูปที่ 4.15 แสดง Histogram ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับอาจารย์และบุคลากรในภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่สามารถเผยแพร่หรือใช้เพื่อการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Velocity Magnitude (m/s) Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

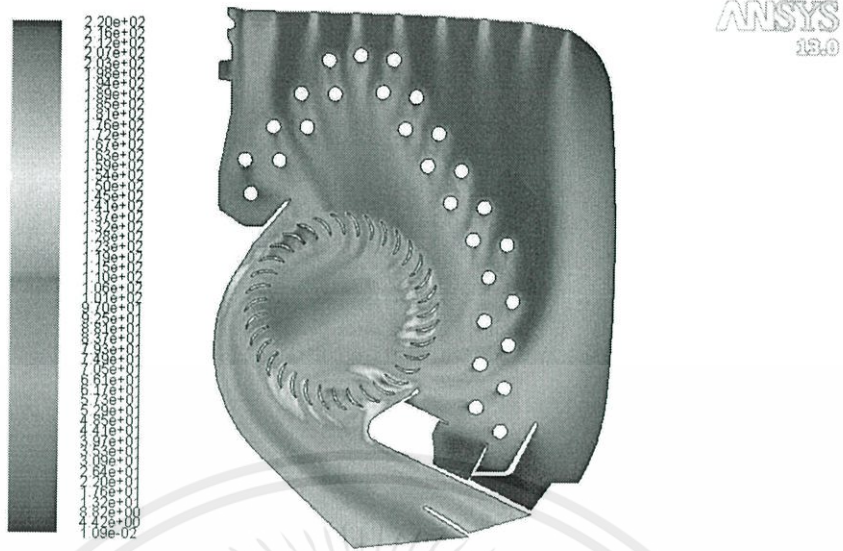
รูปที่ 4.16 แสดง Contours ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



Histogram of Velocity Magnitude Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

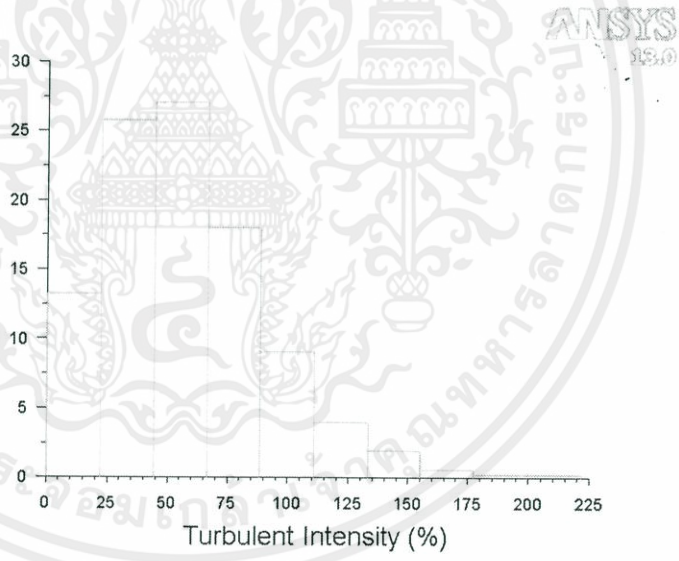
รูปที่ 4.17 แสดง Histogram ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Turbulent Intensity (%) Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

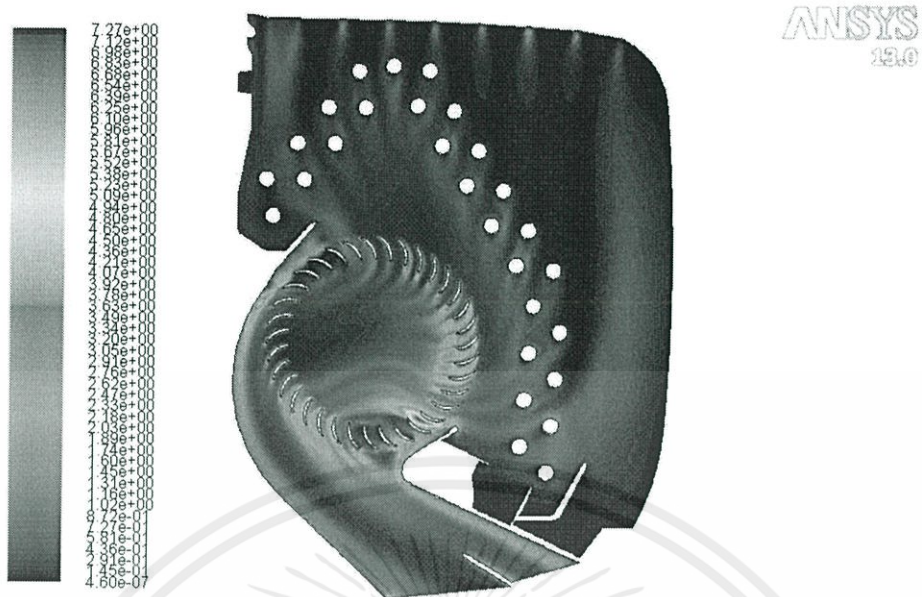
รูปที่ 4.18 แสดง Contours ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



Histogram of Turbulent Intensity Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.19 แสดง Histogram ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

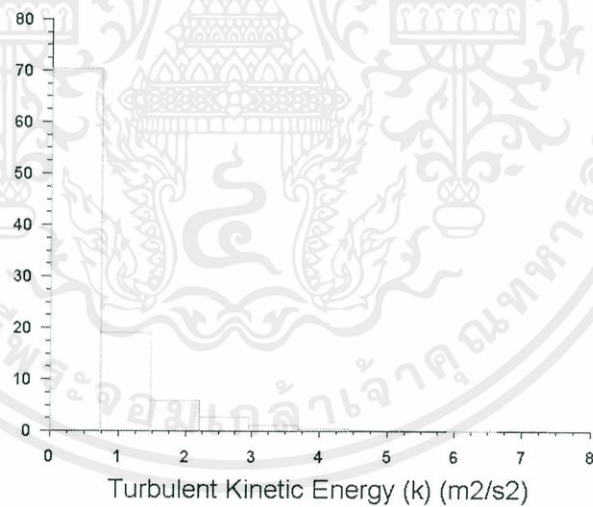
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Turbulent Kinetic Energy (k) (m2/s2)

Apr 11, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.20 แสดง Contours ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



Histogram of Turbulent Kinetic Energy (k)

Apr 11, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.21 แสดง Histogram ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากที่ได้ผลจากการคำนวณแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์แล้วจะได้ค่า

0	elements below			-225.42758
4	elements between	-225.42758	and	-199.53633
8	elements between	-199.53633	and	-173.64507
29	elements between	-173.64507	and	-147.75382
656	elements between	-147.75382	and	-121.86256
5862	elements between	-121.86256	and	-95.971306
7658	elements between	-95.971306	and	-70.080051
4767	elements between	-70.080051	and	-44.188795
24634	elements between	-44.188795	and	-18.29754
80936	elements between	-18.29754	and	7.5937149
75	elements between	7.5937149	and	33.48497
1	elements above	33.48497		

ตัวอย่างค่าจากด้านบนเป็นค่าที่ได้จากโปรแกรมซึ่งเป็นค่าของ Static Pressure เราจะนำค่าดังกล่าวมาหาค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก จากสมการ (2.44) ซึ่งจำเป็นต้องหาค่ากลางของแต่ละช่วง โดยนำค่าเริ่มต้นและค่าสิ้นสุดของแต่ละชั้นมารวมกันแล้วหารด้วย 2 เช่น

$$\frac{(-225.42758) + (-199.53633)}{2} = -212.481995$$

จากนั้นนำค่าที่ได้คูณด้วยจำนวน Element 2

$$-212.481995 \times 4 = -849.92782$$

เมื่อเราได้ค่ากลางที่คูณกับจำนวน Element ในทุกๆชั้นแล้ว จึงนำมาคำนวณตามสมการ (2.44) โดยนำค่าผลรวมของค่ากลางคูณด้วยจำนวน Element แต่ละชั้น หารด้วยผลรวมของจำนวน Element ทั้งหมด

$$X = \frac{\sum x_i y_i}{\sum y_i}$$

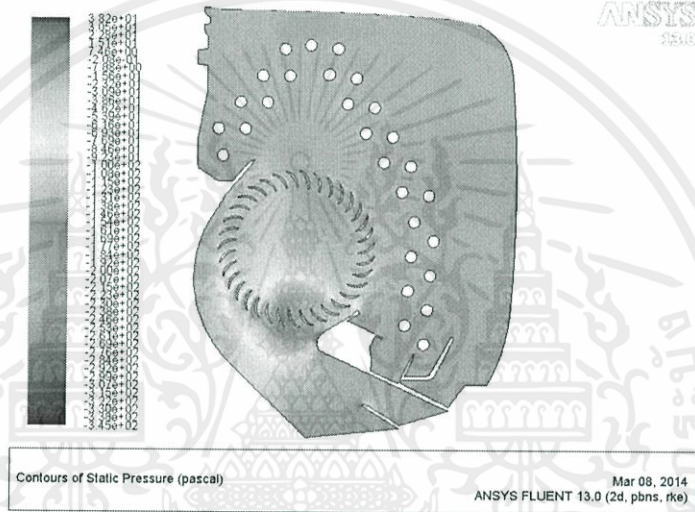
$$\frac{-2843328.001}{124630} = -22.8140$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ใช้ขั้นตอนเดียวกันในทุกๆ Histograms จะได้ค่าเฉลี่ยทั้งหมดของแต่ละ Parameter ตาม  
ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
ตารางที่ 4.10

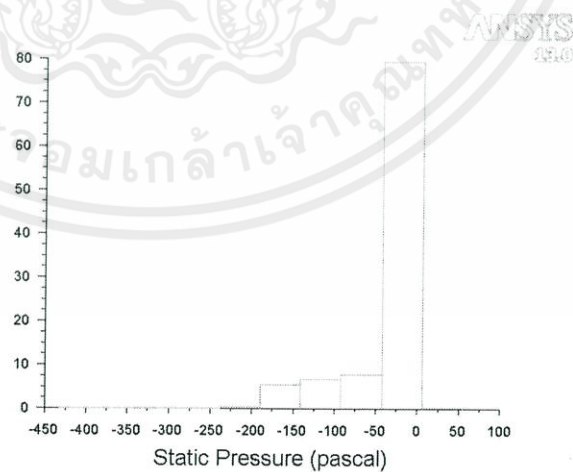
ตารางที่ 4.11 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 1 ที่ความเร็วรอบต่ำ

Static Pressure (Pa)	Total Pressure (Pa)	Velocity Magnitude (m/s)	Turbulent Intensity (%)	Turbulent Kinetic Energy ( $m^2/s^2$ )
-22.8140	-1.8133	4.4429	57.4093	0.7305

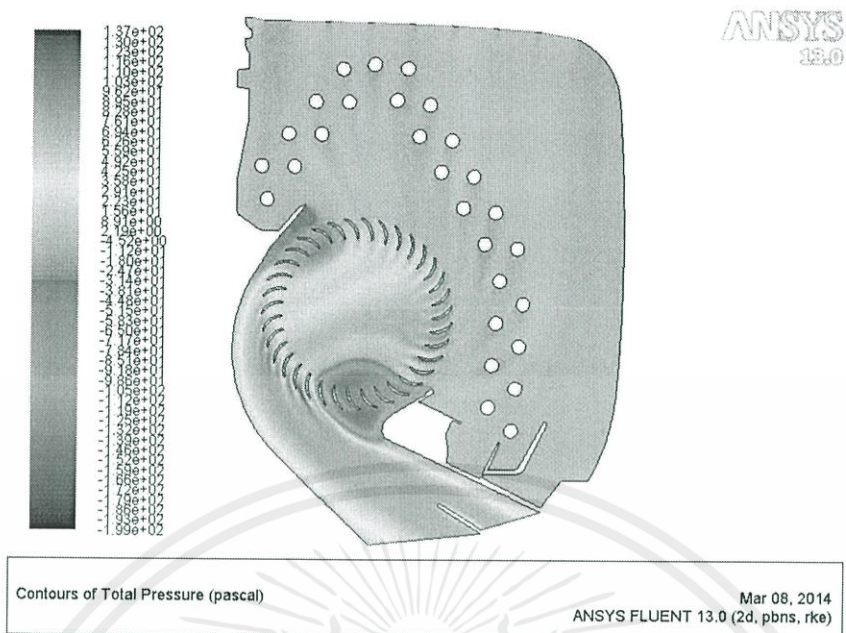
4.4.1.2 Contour และ Histogram ที่ได้จากการ Simulation แบบที่ 1 ที่รอบความเร็วปานกลาง (108.33 rad/s)



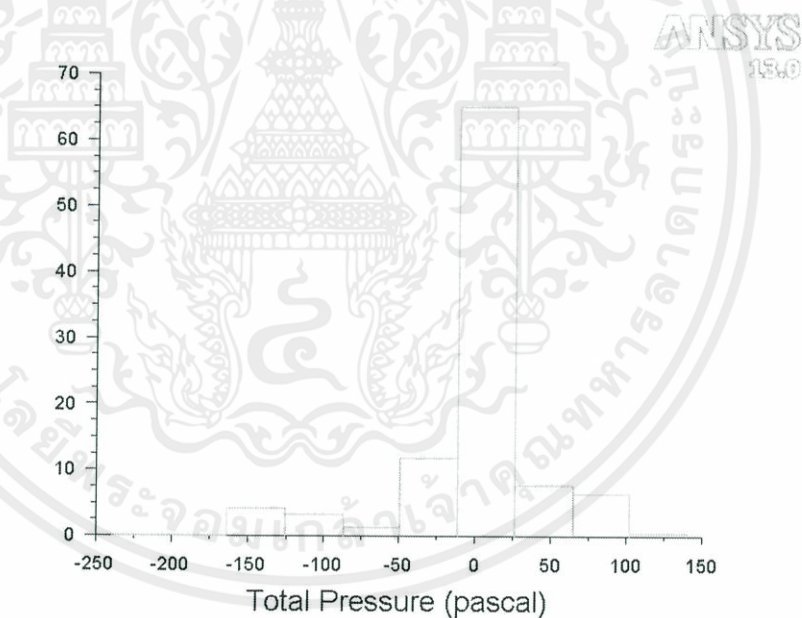
รูปที่ 4.22 แสดง Contours ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง



รูปที่ 4.23 แสดง Histogram ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

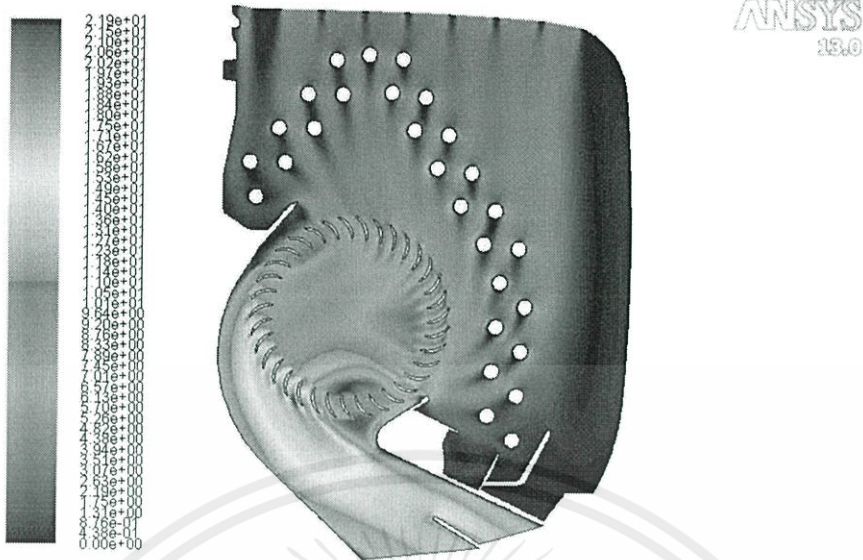


รูปที่ 4.24 แสดง Contours ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง



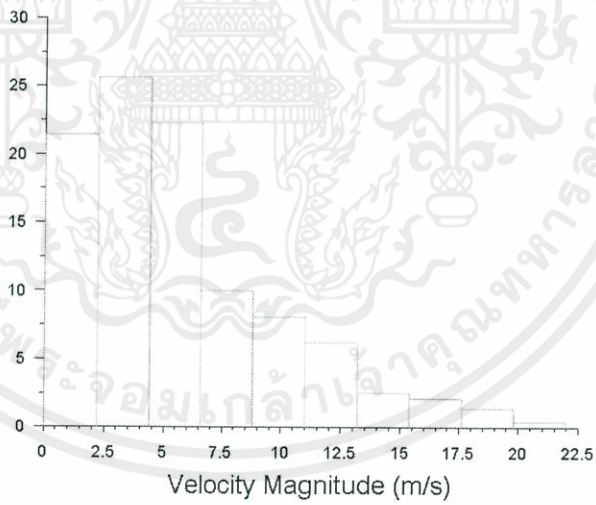
รูปที่ 4.25 แสดง Histogram ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Velocity Magnitude (m/s) Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

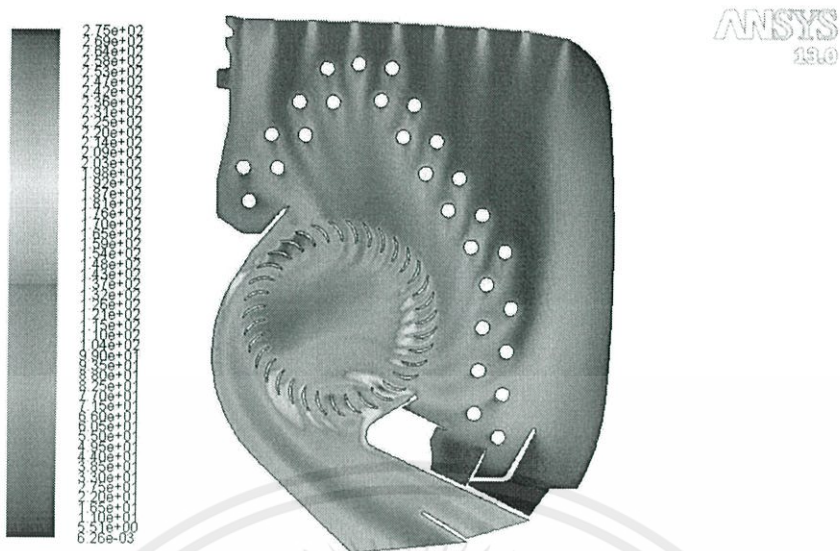
รูปที่ 4.26 แสดง Contours ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง



Histogram of Velocity Magnitude Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

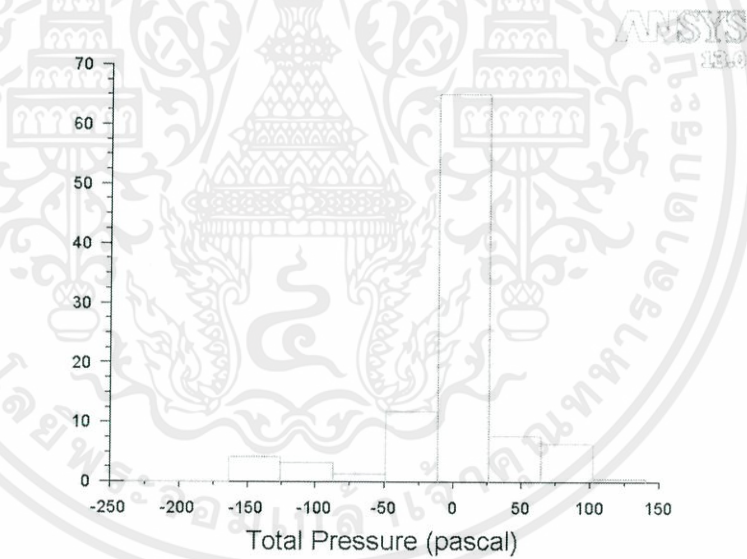
รูปที่ 4.27 แสดง Histogram ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Turbulent Intensity (%) Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

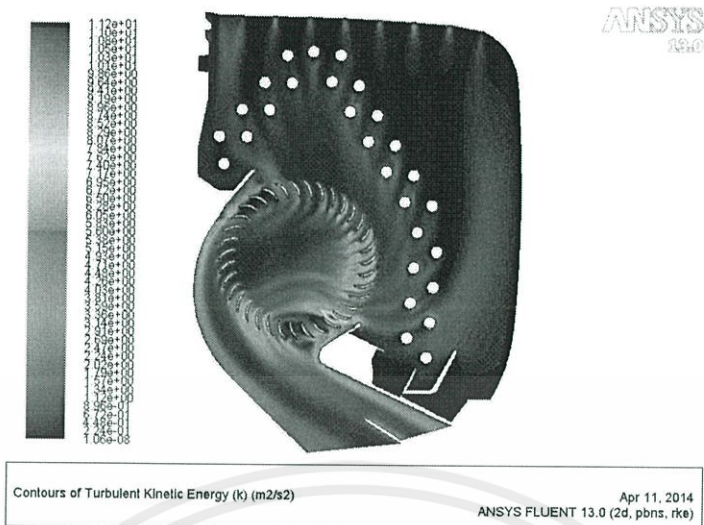
รูปที่ 4.28 แสดง Contours ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง



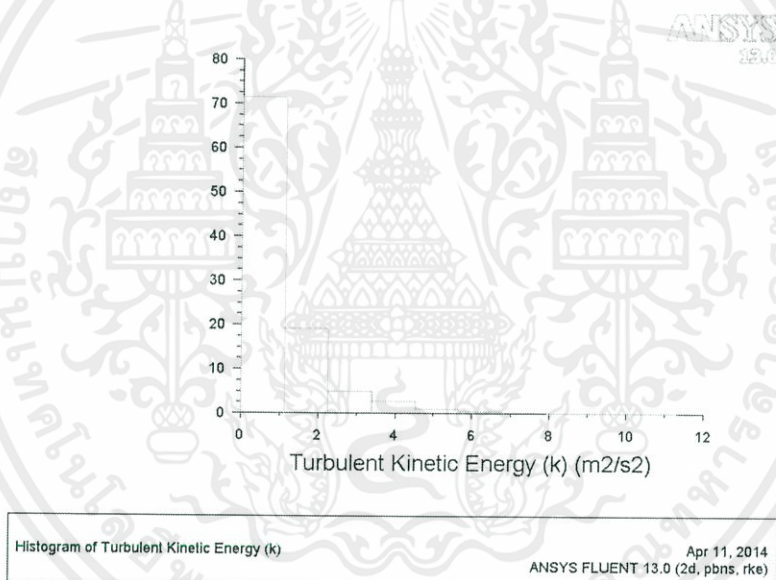
Histogram of Total Pressure Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.29 แสดง Histogram ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.30 แสดง Contours ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง



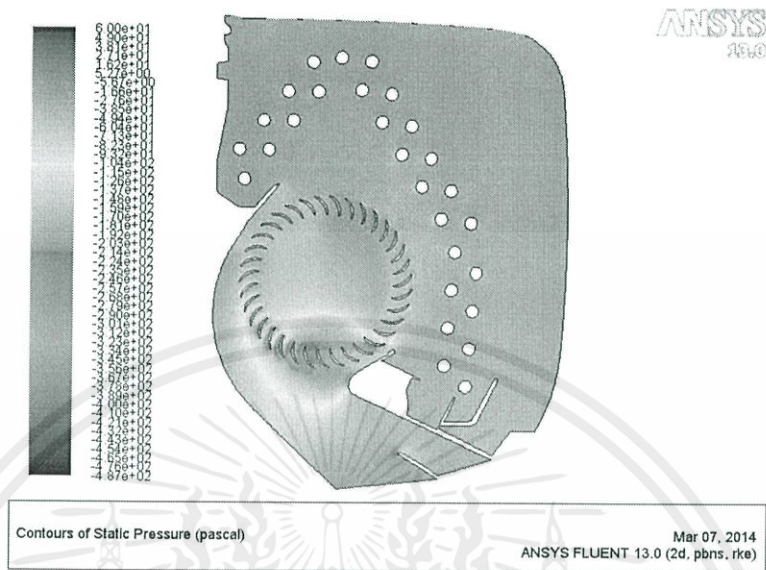
รูปที่ 4.31 แสดง Histogram ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 1 ที่ความเร็วรอบปานกลาง

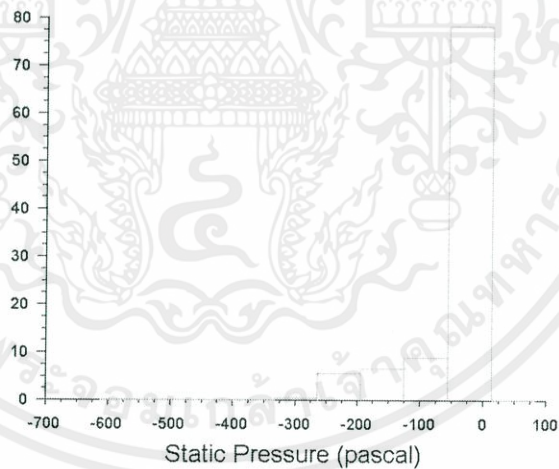
Static Pressure (Pa)	Total Pressure (Pa)	Velocity Magnitude (m/s)	Turbulent Intensity (%)	Turbulent Kinetic Energy ( $m^2/s^2$ )
-37.3984	0.1317	5.6764	69.5090	1.0915

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1.3 Contour และ Histogram ที่ได้จากการ Simulation แบบที่ 1 ที่รอบความเร็วสูง (126.65 rad/s)

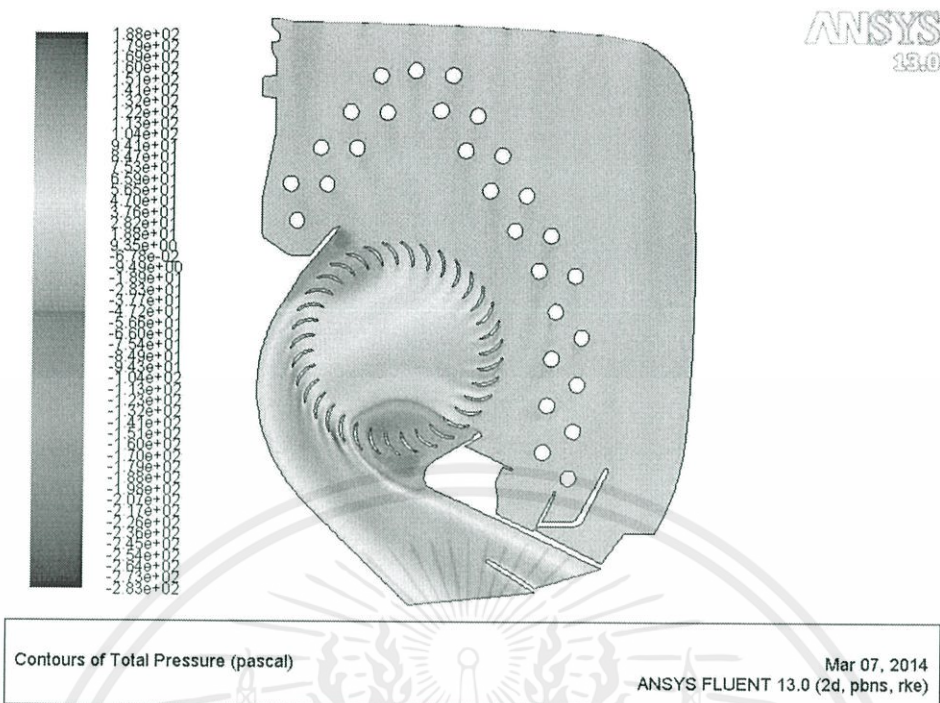


รูปที่ 4.32 แสดง Contours ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

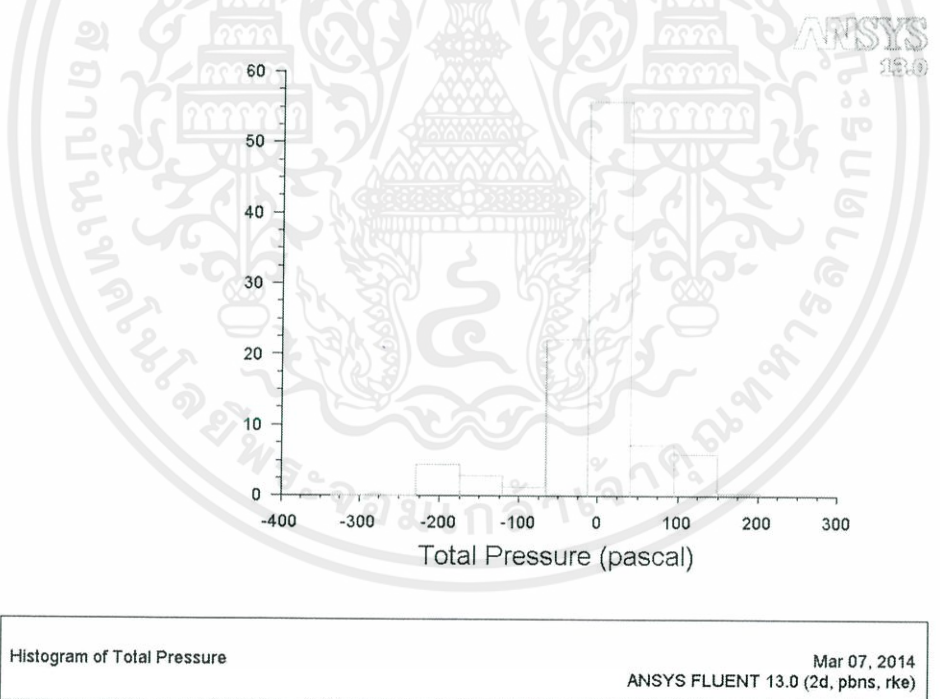


รูปที่ 4.33 แสดง Histogram ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

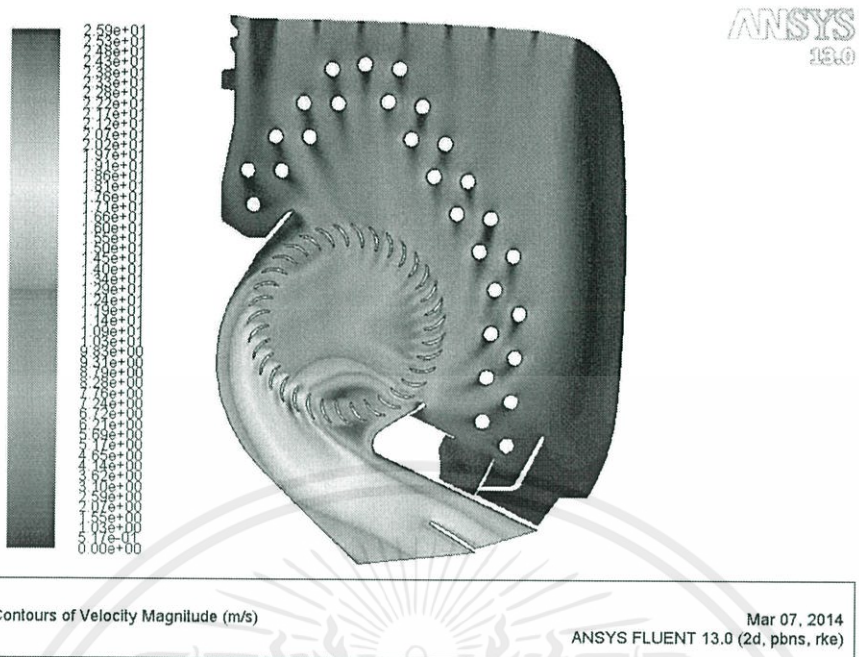


รูปที่ 4.34 แสดง Contours ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

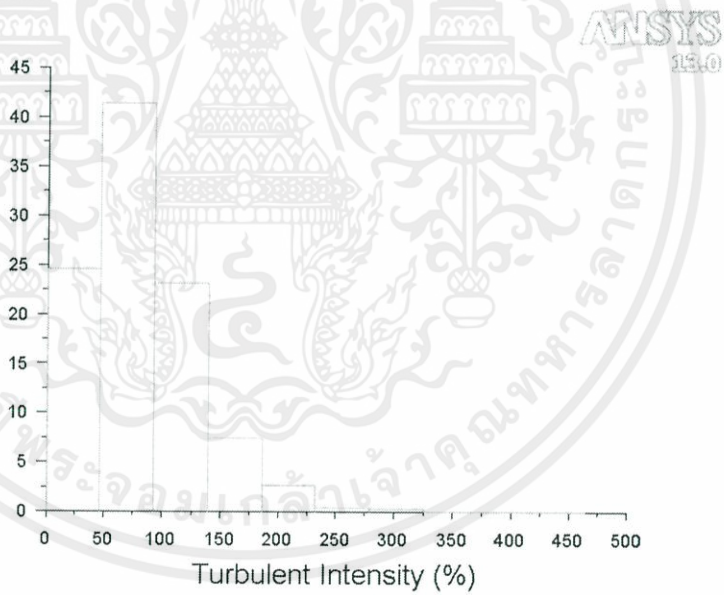


รูปที่ 4.35 แสดง Histogram ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

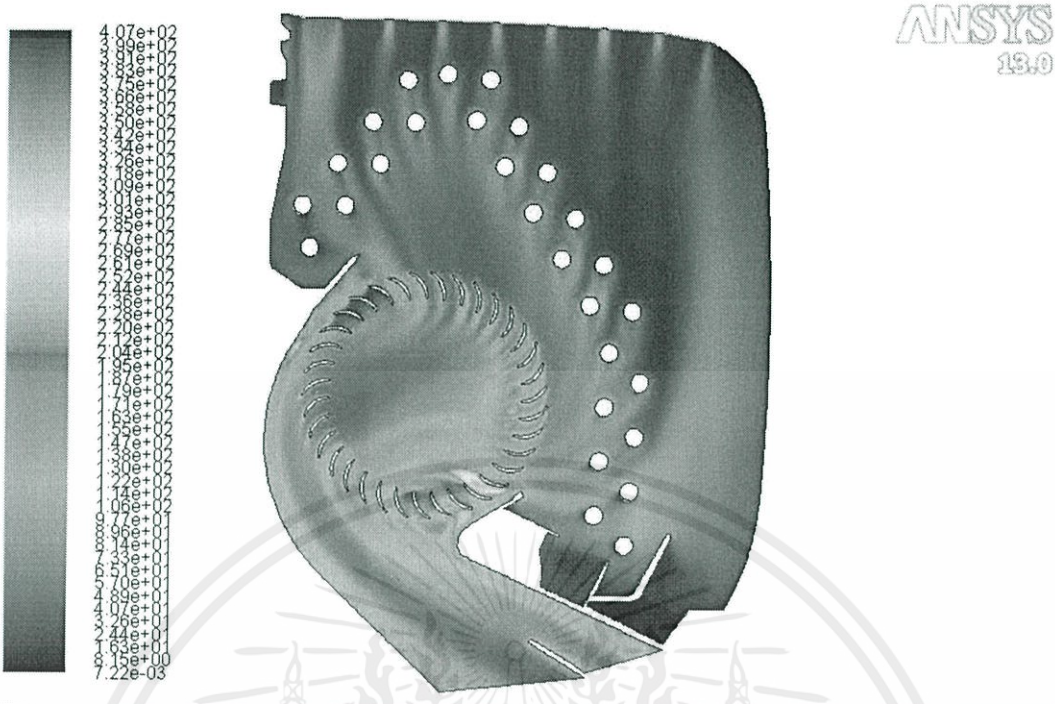


รูปที่ 4.36 แสดง Contours ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

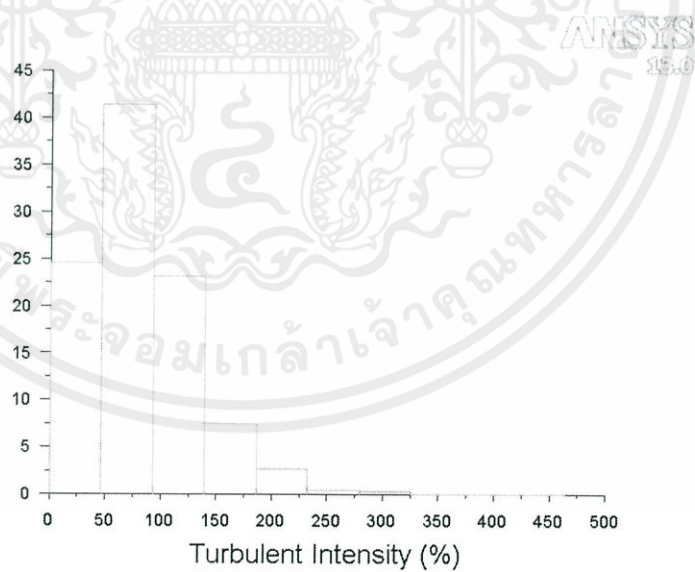


รูปที่ 4.37 แสดง Histogram ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

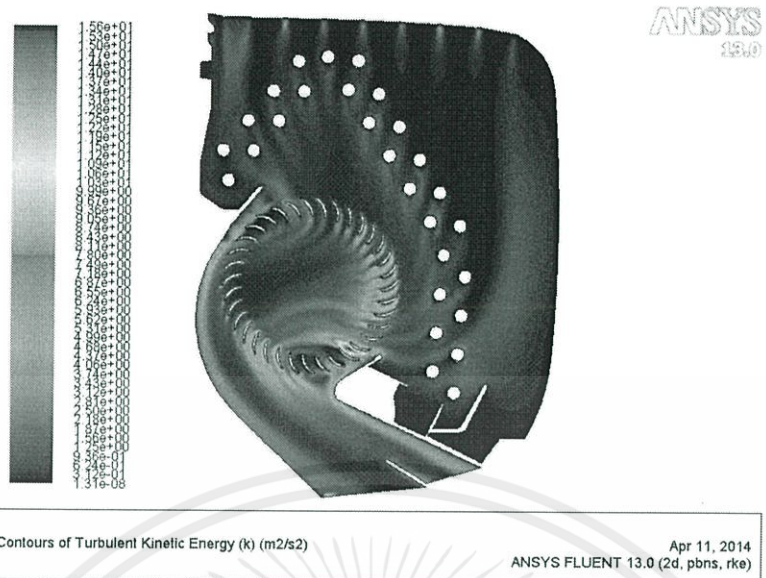


รูปที่ 4.38 แสดง Contours ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

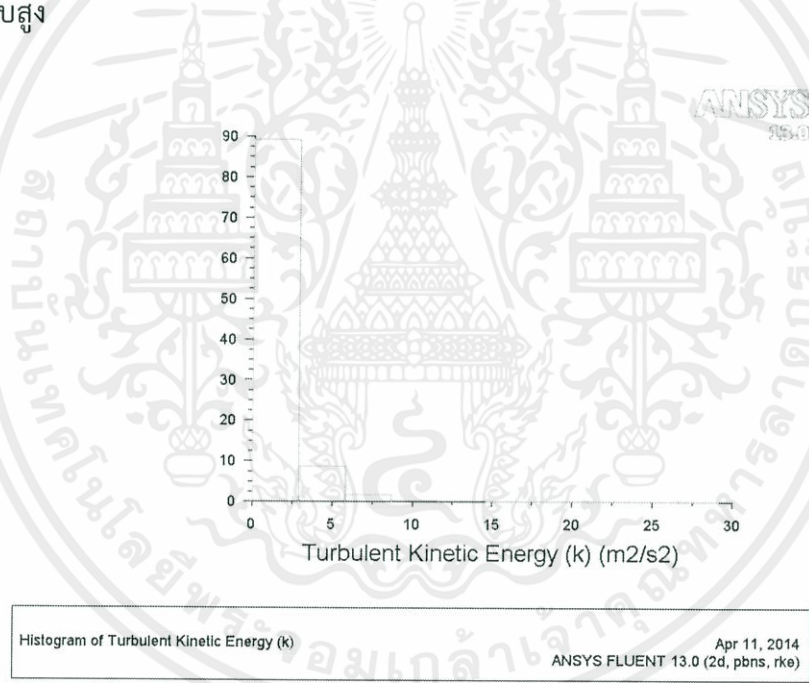


รูปที่ 4.39 แสดง Histogram ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับนอกรูปแบบที่ออกคำสั่งแต่งตั้งให้ไปแปลหรือแก้ไขโดยไม่ได้รับอนุญาตจากผู้จัดทำเอกสาร  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.40 แสดง Contours ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง



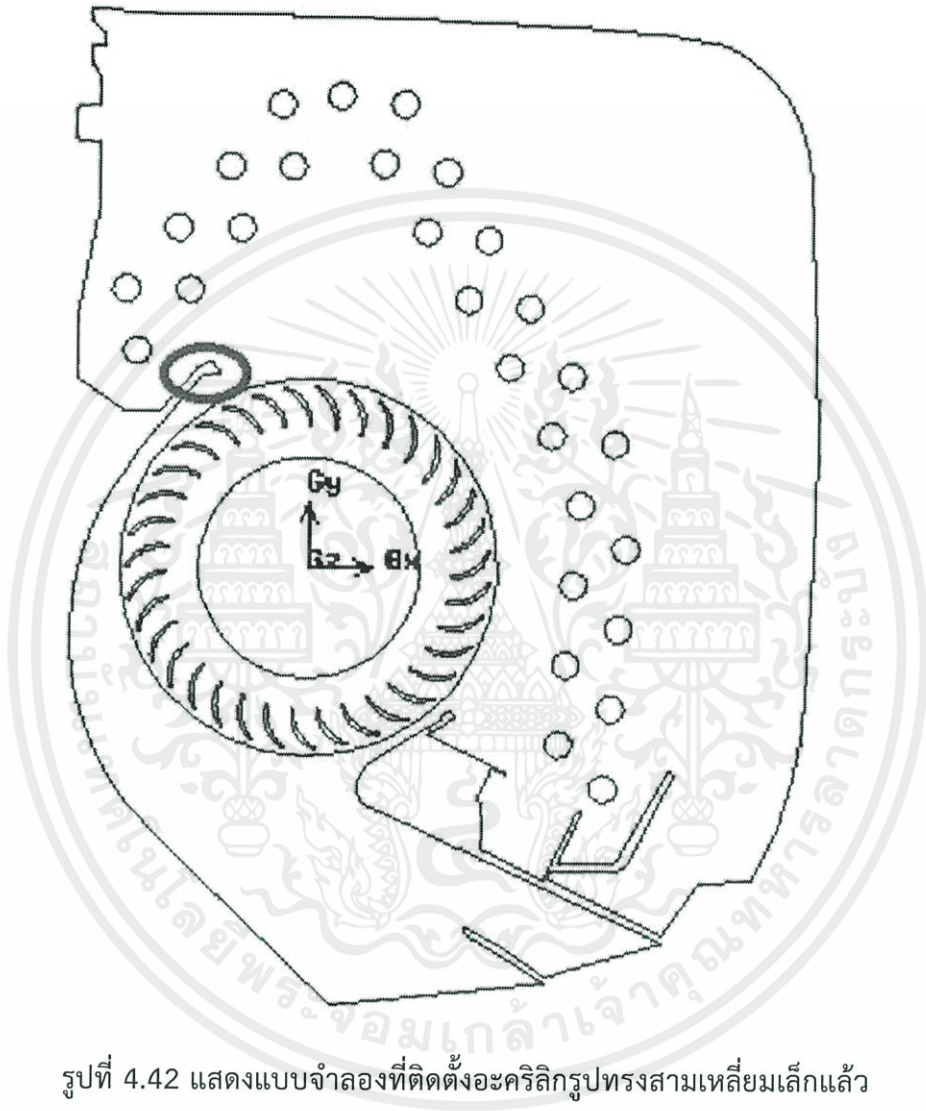
รูปที่ 4.41 แสดง Histogram ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

ตารางที่ 4.13 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 1 ที่ความเร็วรอบสูง

Static Pressure (Pa)	Total Pressure (Pa)	Velocity Magnitude (m/s)	Turbulent Intensity (%)	Turbulent Kinetic Energy (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )
-45.5135	-2.7202	6.7440	81.2580	1.8694

#### 4.4.2 การทดลองหาแนวโน้มของเสียงจากโปรแกรม (Simulation) กับแบบจำลองเครื่องปรับอากาศที่ได้รับการเปลี่ยนแปลงรูปทรงภายในแล้ว

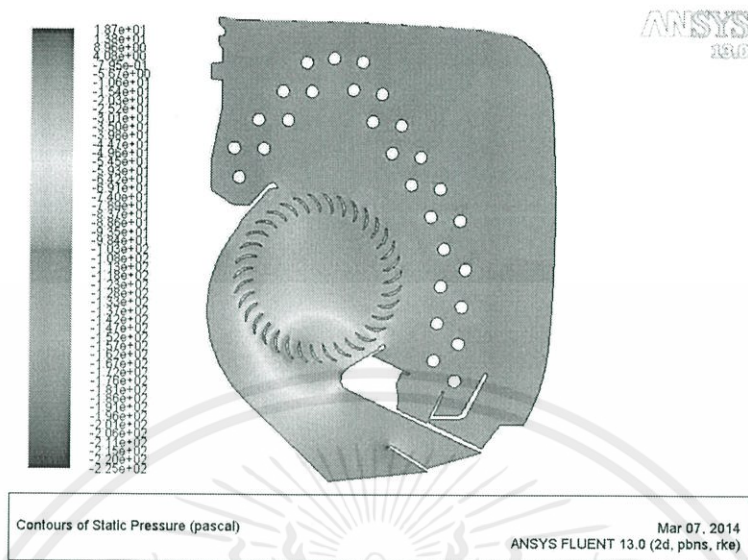
##### 4.4.2.1 แบบที่ 2



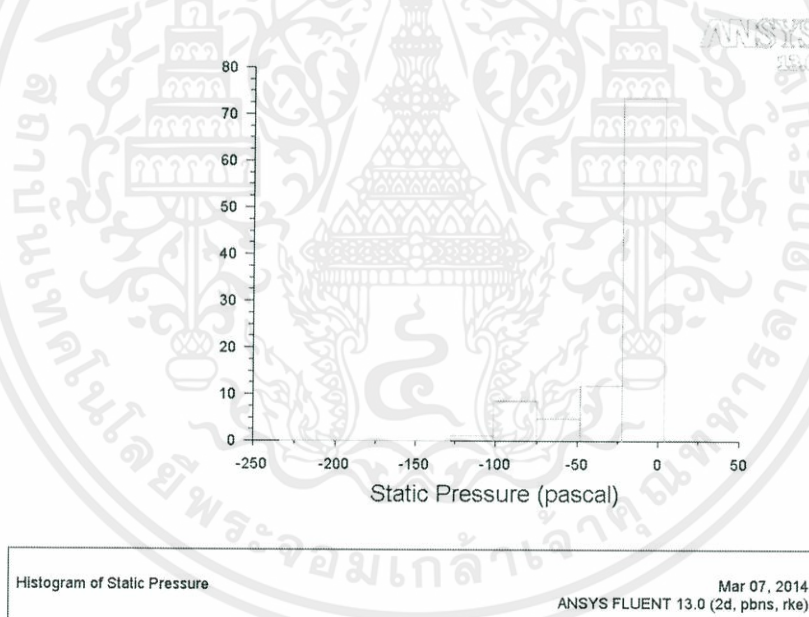
รูปที่ 4.42 แสดงแบบจำลองที่ติดตั้งอะคริลิกรูปทรงสามเหลี่ยมเล็กแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4.2.1.1 แบบที่ 2 ที่ความเร็วรอบต่ำ (90.01 rad/s)

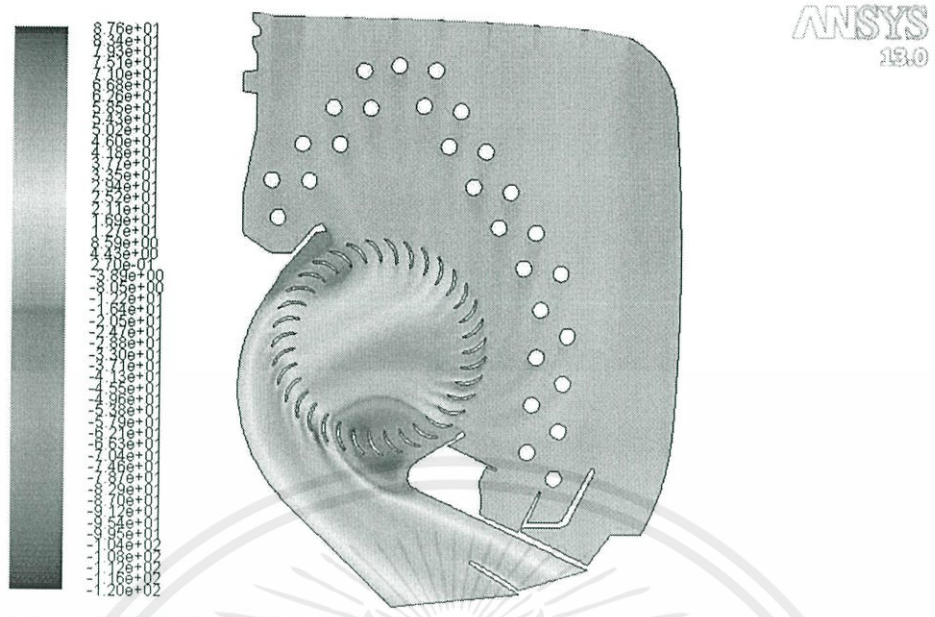


รูปที่ 4.43 แสดง Contours ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



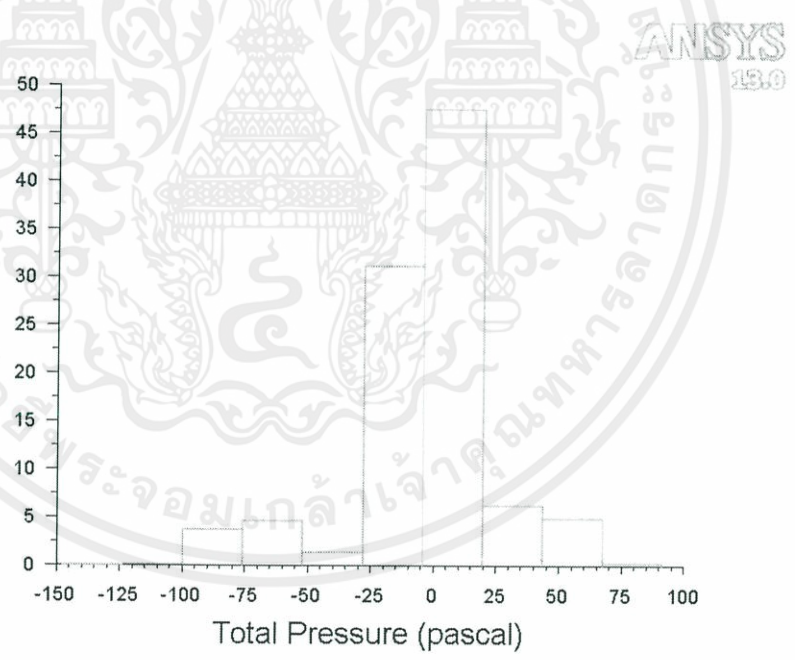
รูปที่ 4.44 แสดง Histogram ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



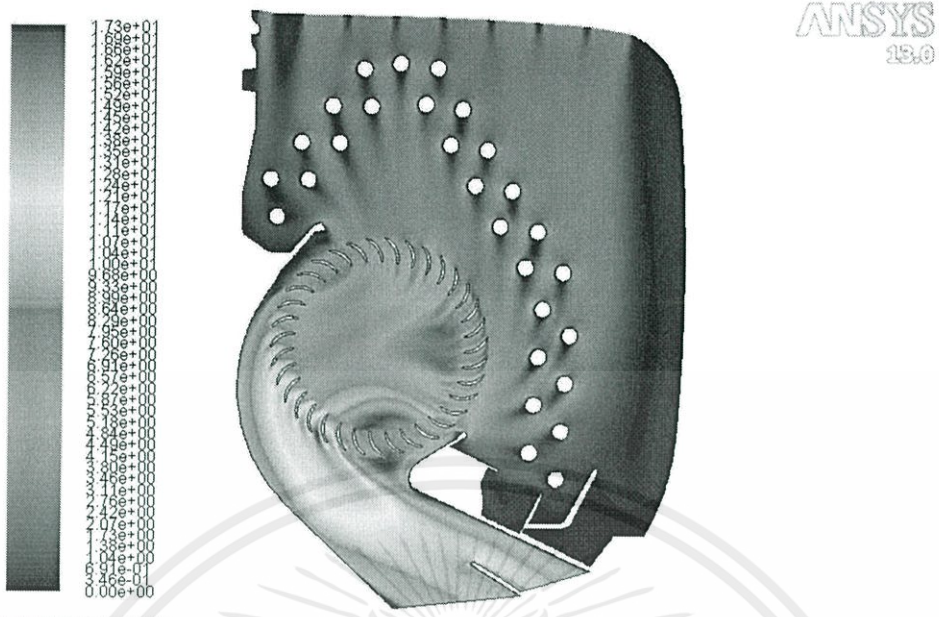
Contours of Total Pressure (pascal) Mar 07, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.45 แสดง Contours ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



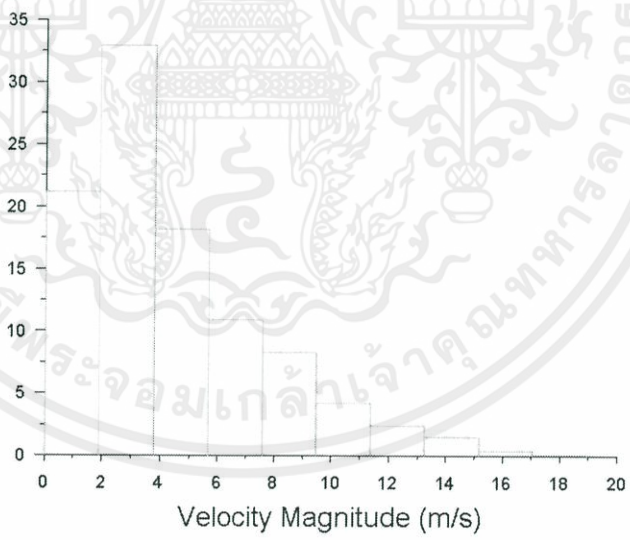
Histogram of Total Pressure Mar 07, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.46 แสดง Histogram ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Velocity Magnitude (m/s) Mar 07, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

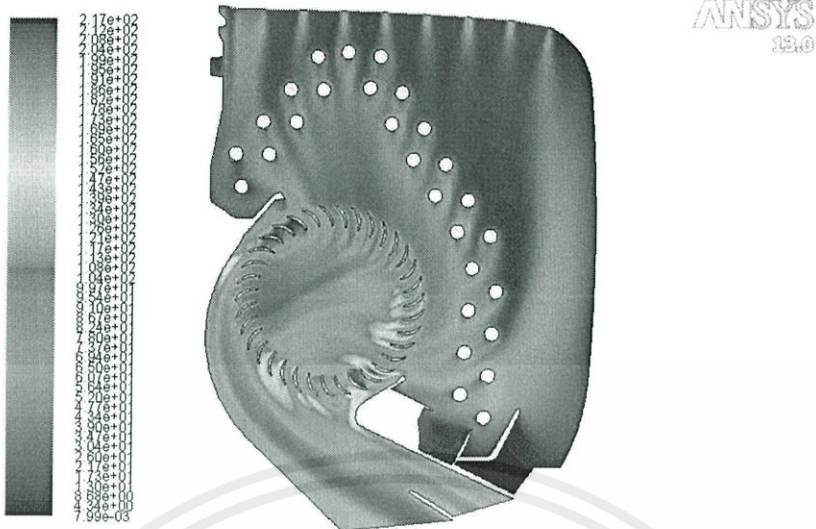
รูปที่ 4.47 แสดง Contours ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



Histogram of Velocity Magnitude Mar 07, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

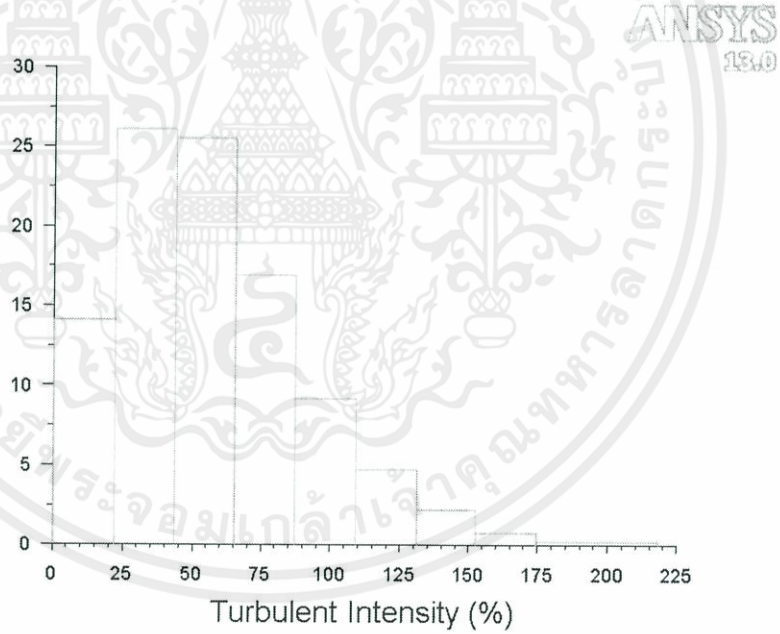
รูปที่ 4.48 แสดง Histogram ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Turbulent Intensity (%) Mar 07, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

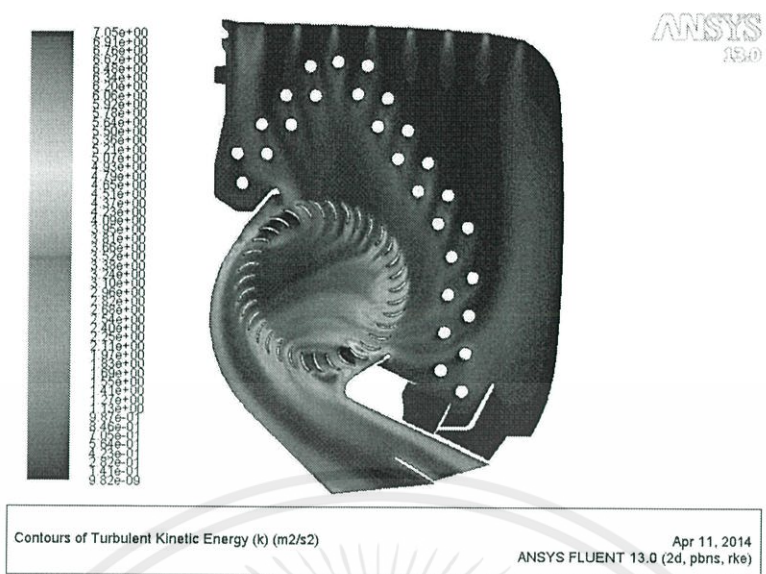
รูปที่ 4.49 แสดง Contours ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



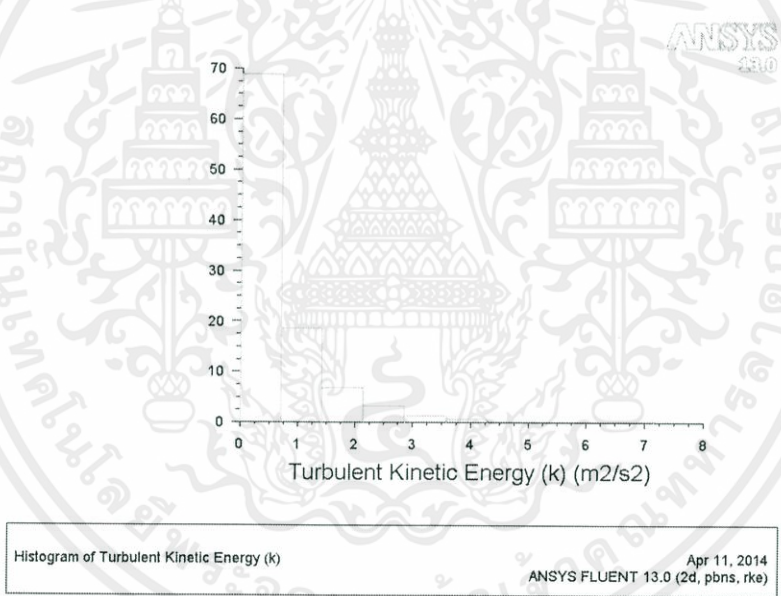
Histogram of Turbulent Intensity Mar 07, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.50 แสดง Histogram ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.51 แสดง Contours ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



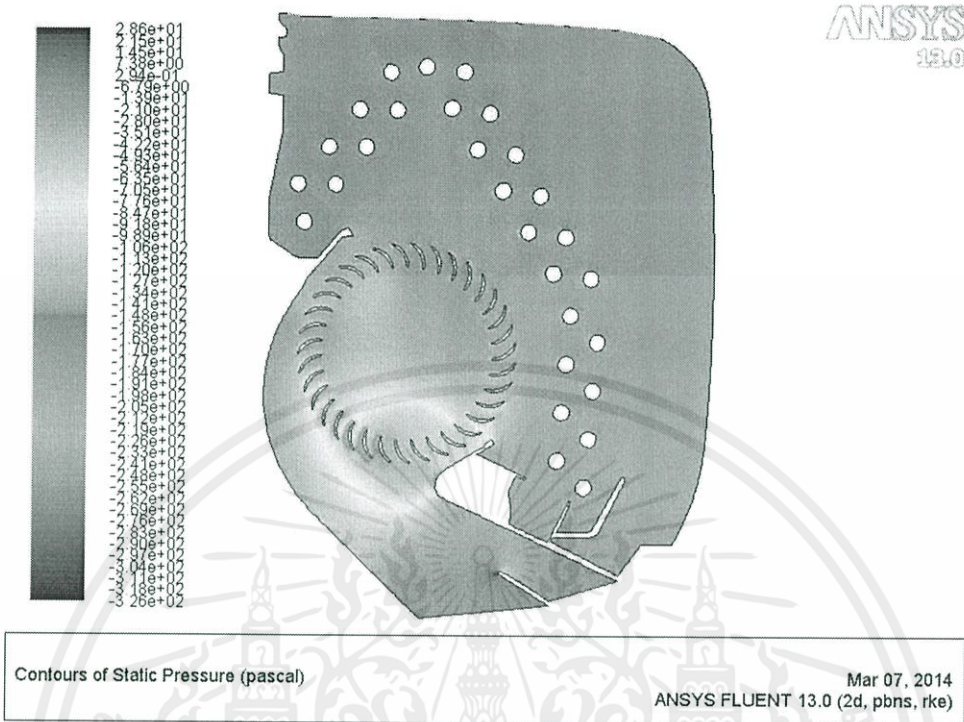
รูปที่ 4.52 แสดง Histogram ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

ตารางที่ 4.14 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 2 ที่ความเร็วรอบต่ำ

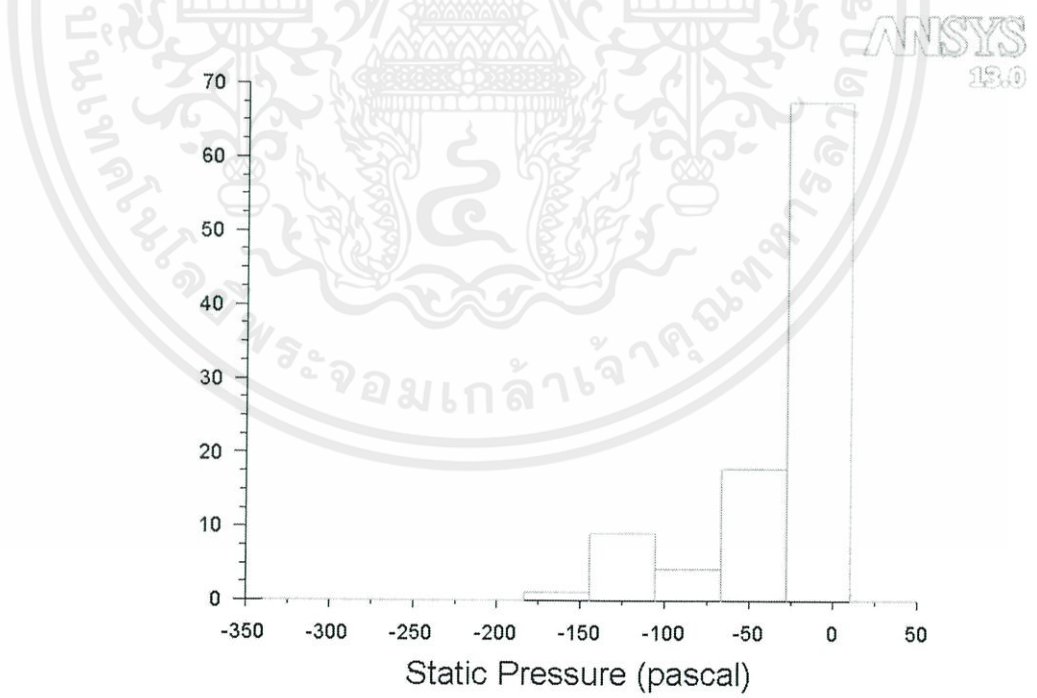
Static Pressure (Pa)	Total Pressure (Pa)	Velocity Magnitude (m/s)	Turbulent Intensity (%)	Turbulent Kinetic Energy (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )
-22.8505	-3.5028	4.4481	56.8990	0.7448

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของบริษัทผู้จัดทำขึ้น ไม่สามารถนำออกจำหน่ายหรือใช้ซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

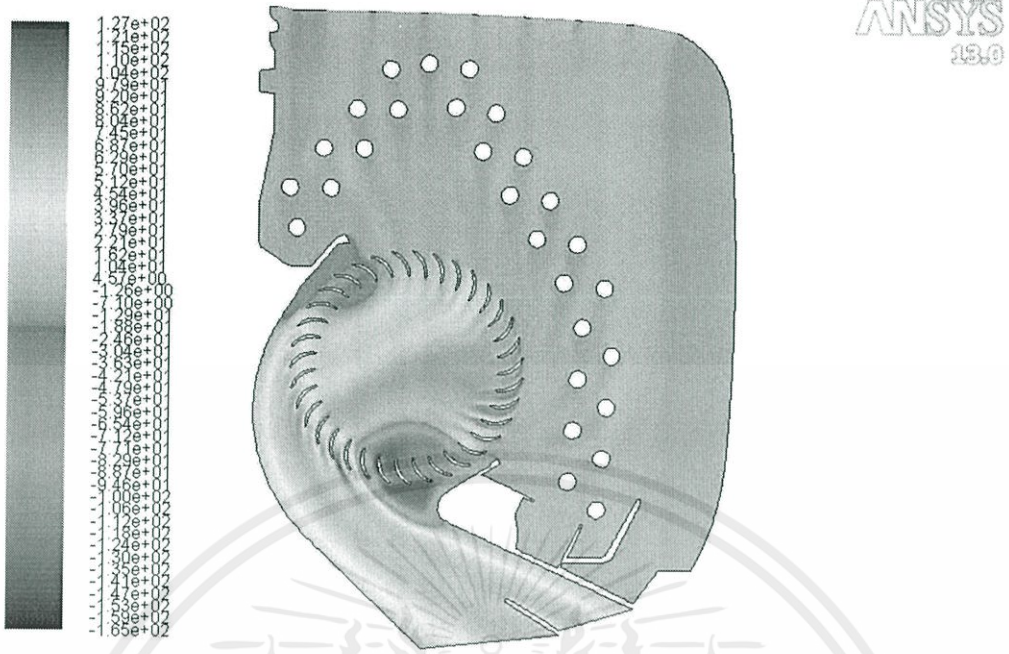
4.4.2.1.2 แบบที่ 2 ที่ความเร็วรอบปานกลาง (108.33 rad/s)



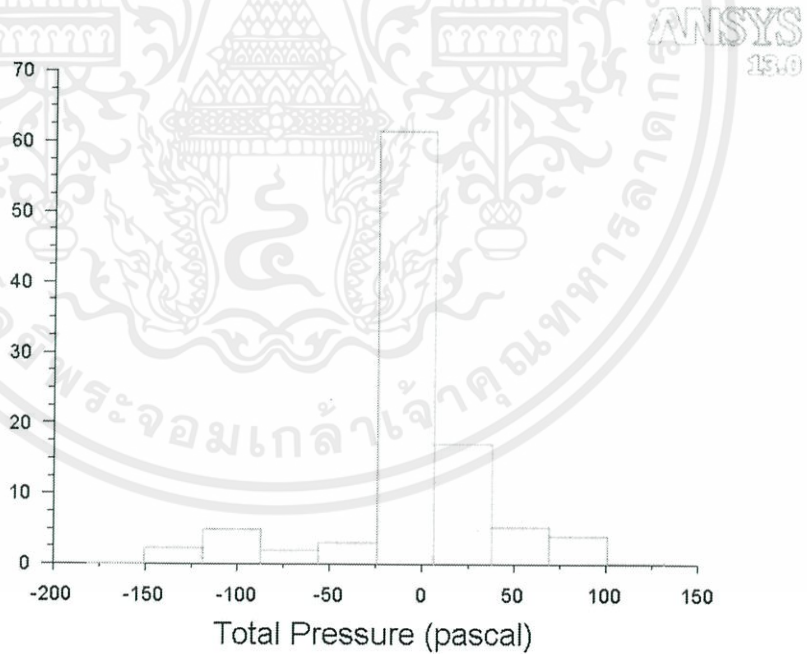
รูปที่ 4.53 แสดง Contours ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบกลาง



รูปที่ 4.54 แสดง Histogram ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบกลาง

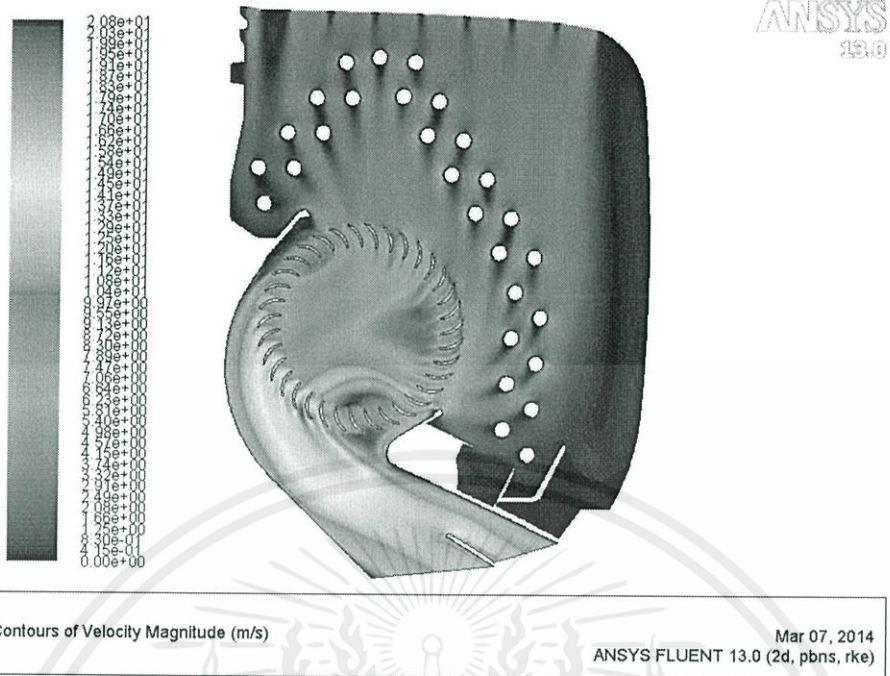


รูปที่ 4.55 แสดง Contours ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบกลาง

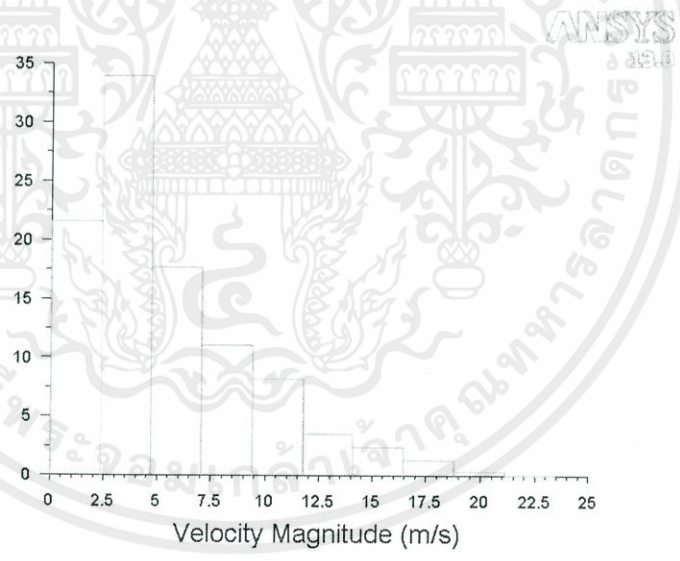


รูปที่ 4.56 แสดง Histogram ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์เท่านั้น ไม่อนุญาตให้มีการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดเบี่ยงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

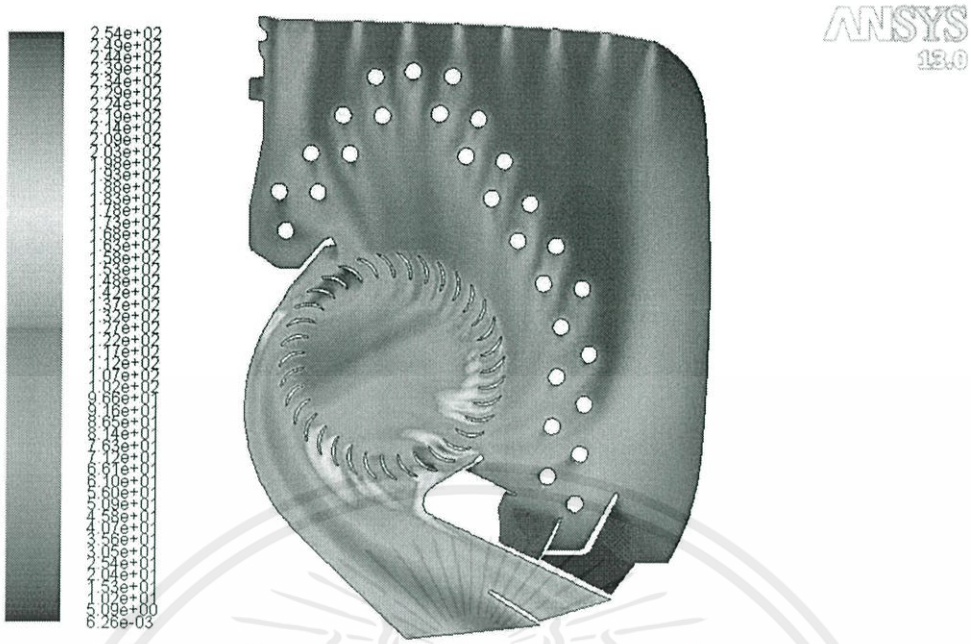


รูปที่ 4.57 แสดง Contours ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบกลาง



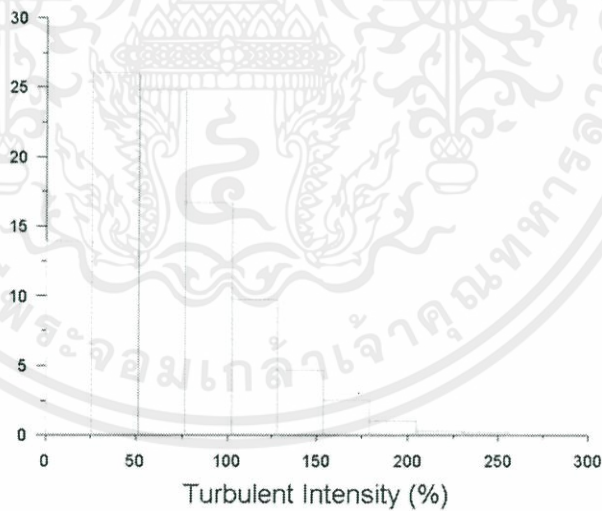
รูปที่ 4.58 แสดง Histogram ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Turbulent Intensity (%) Mar 07, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

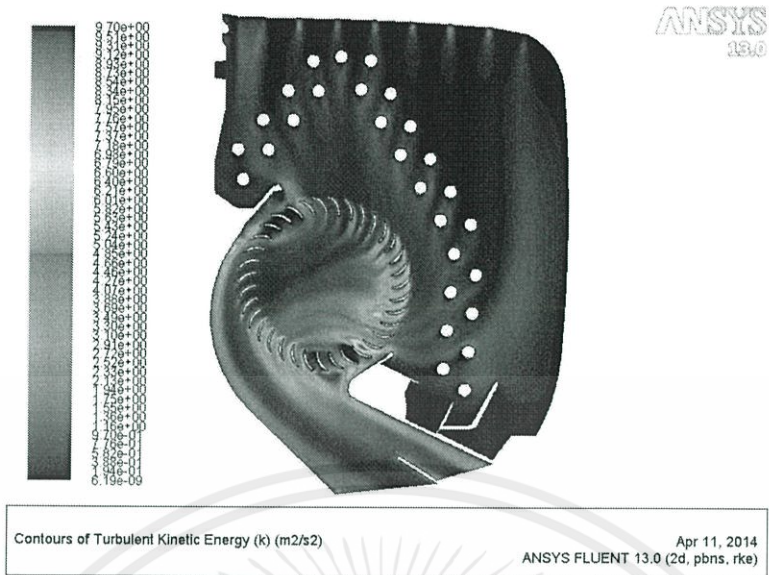
รูปที่ 4.59 แสดง Contours ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบกลาง



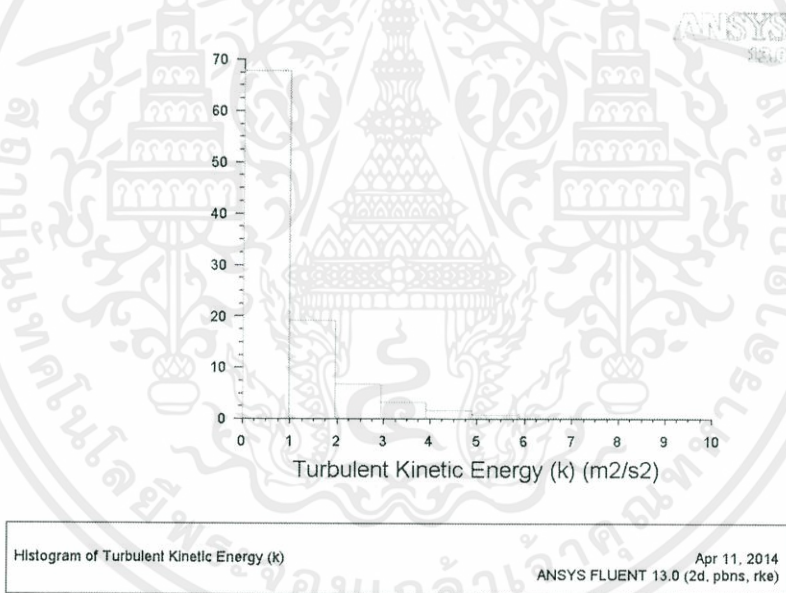
Histogram of Turbulent Intensity Mar 07, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.60 แสดง Histogram ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.61 แสดง Contours ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง



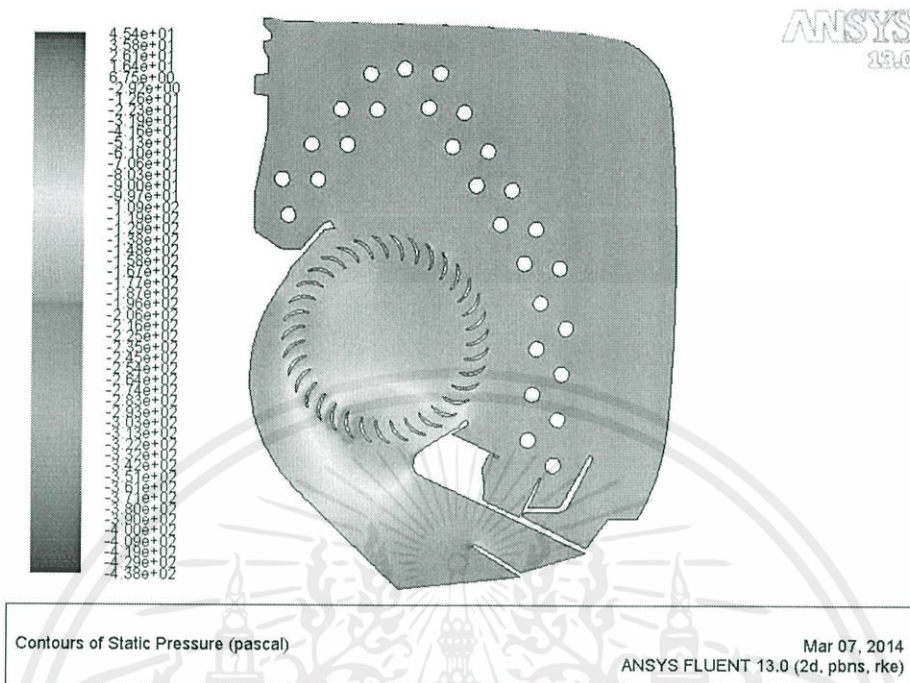
รูปที่ 4.62 แสดง Histogram ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

ตารางที่ 4.15 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 2 ที่ความเร็วรอบปานกลาง

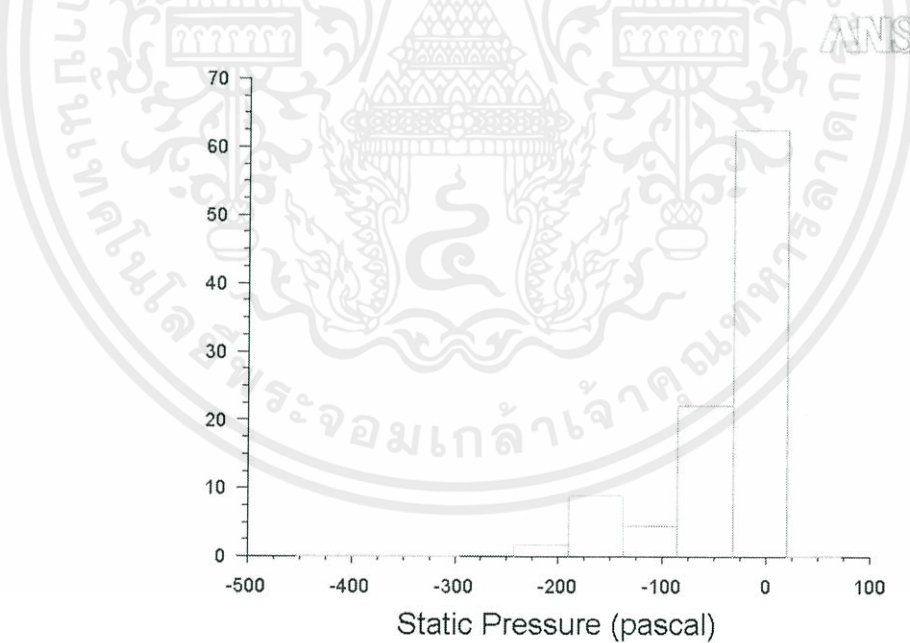
Static Pressure (Pa)	Total Pressure (Pa)	Velocity Magnitude (m/s)	Turbulent Intensity (%)	Turbulent Kinetic Energy (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )
-32.2263	-6.3311	5.3745	67.7509	1.0531

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2.1.3 แบบที่ 2 ที่ความเร็วรอบสูง (126.65 rad/s)

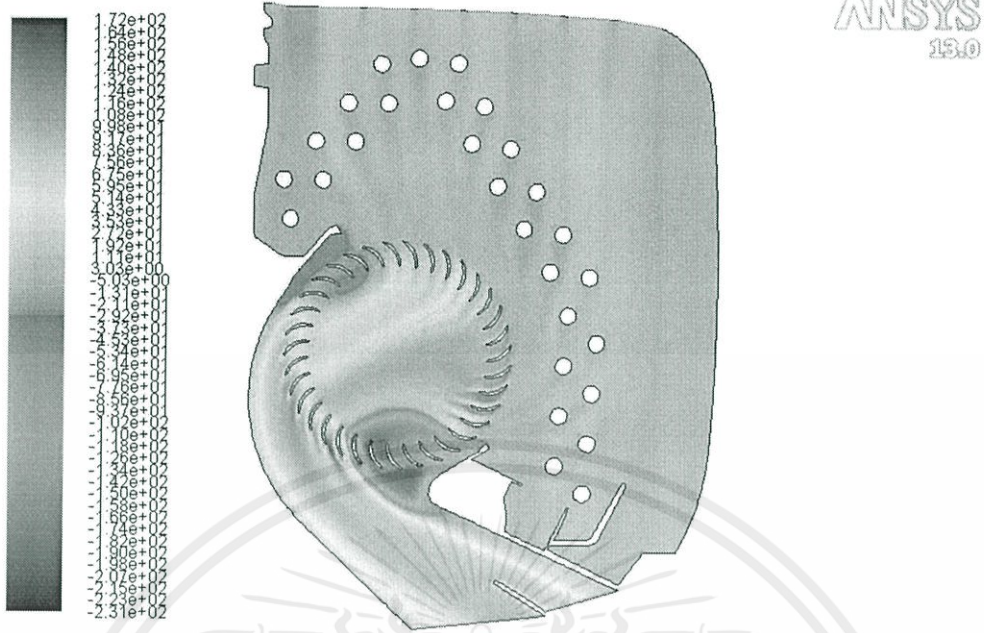


รูปที่ 4.63 แสดง Contours ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง



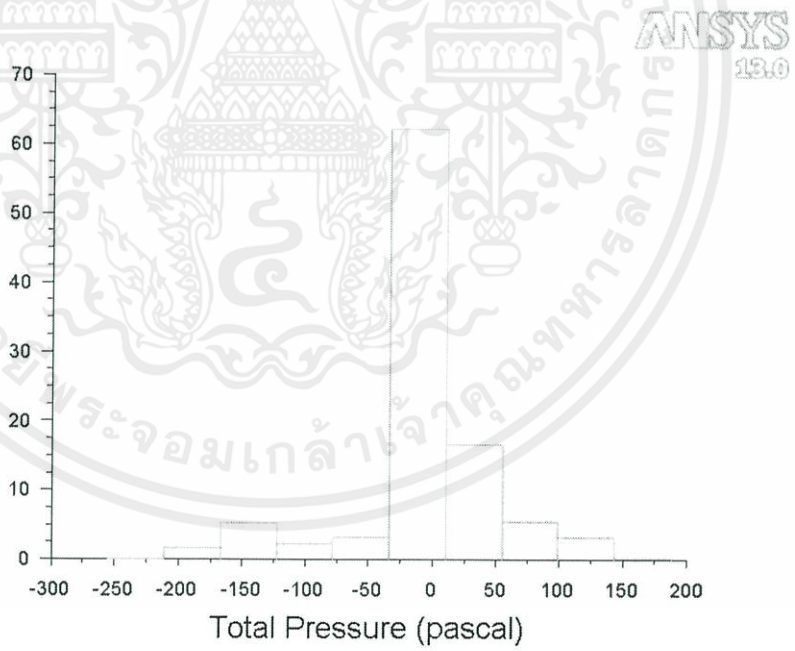
รูปที่ 4.64 แสดง Histogram ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับผู้ใช้ภายในเท่านั้น ไม่สามารถเผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Total Pressure (pascal) Mar 07, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

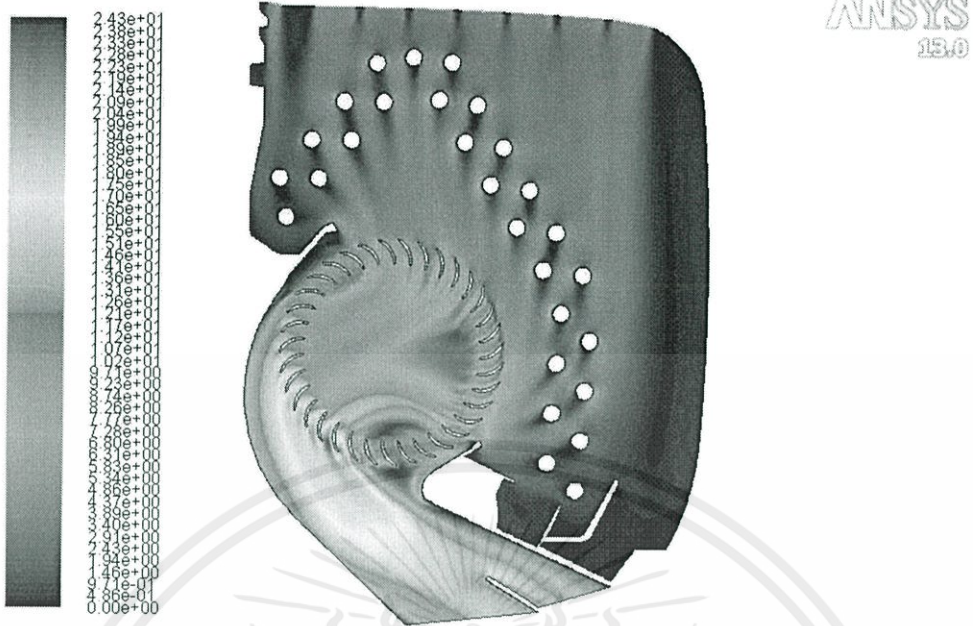
รูปที่ 4.65 แสดง Contours ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง



Histogram of Total Pressure Mar 07, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

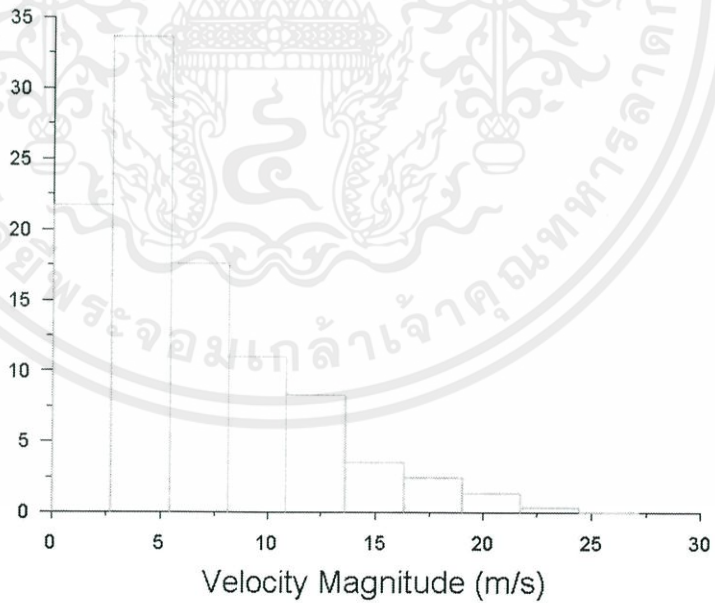
รูปที่ 4.66 แสดง Histogram ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย การนำเอกสารนี้ไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



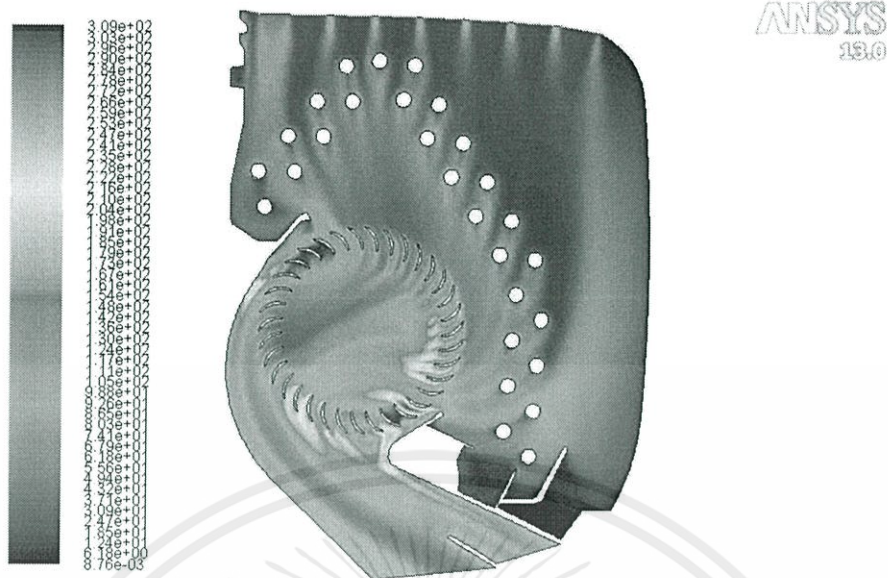
Contours of Velocity Magnitude (m/s) Mar 07, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.67 แสดง Contours ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง



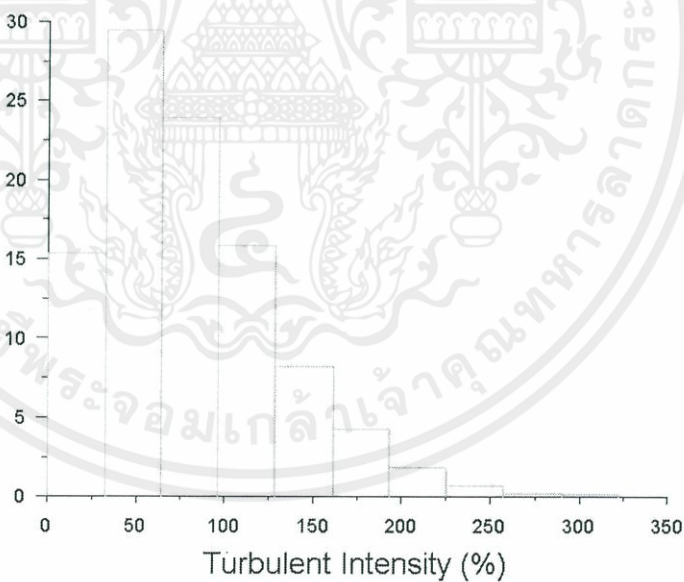
Histogram of Velocity Magnitude Mar 07, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.68 แสดง Histogram ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง



Contours of Turbulent Intensity (%) Mar 07, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

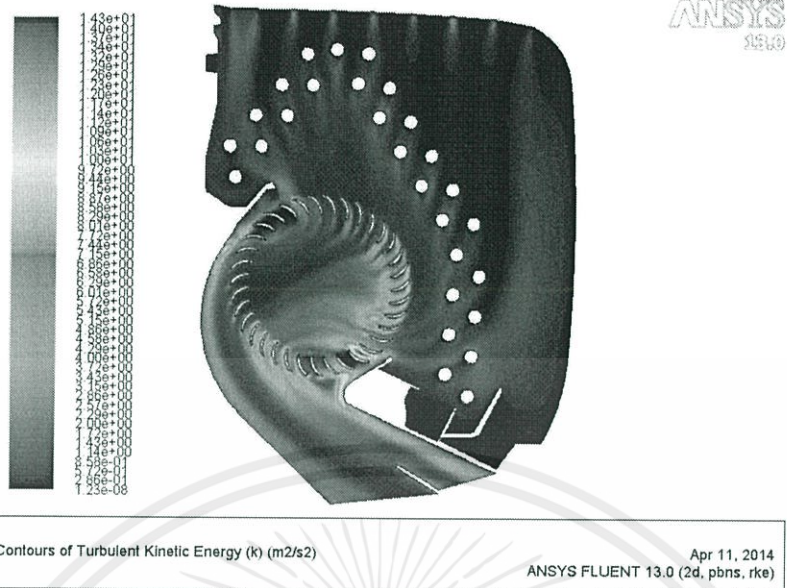
รูปที่ 4.69 แสดง Contours ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง



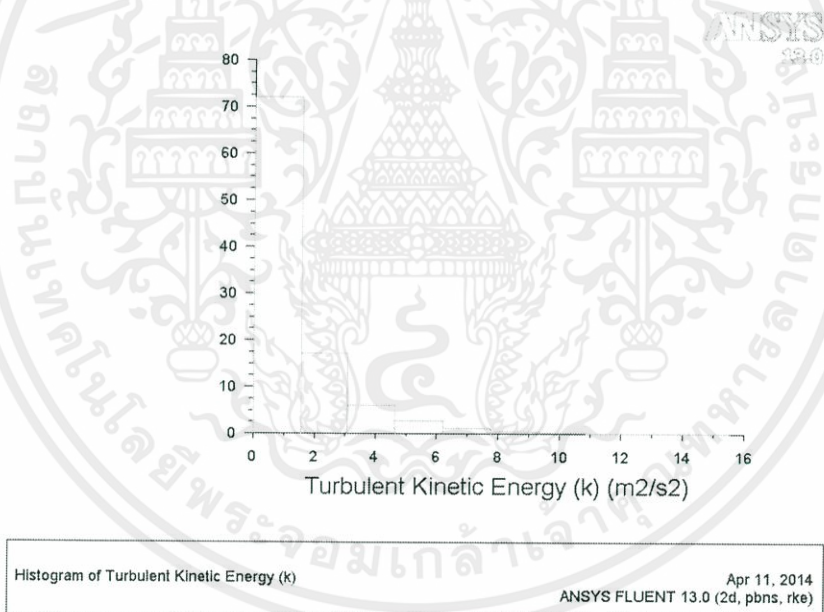
Histogram of Turbulent Intensity Mar 07, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.70 แสดง Contours ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบ

สูง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.71 แสดง Contours ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

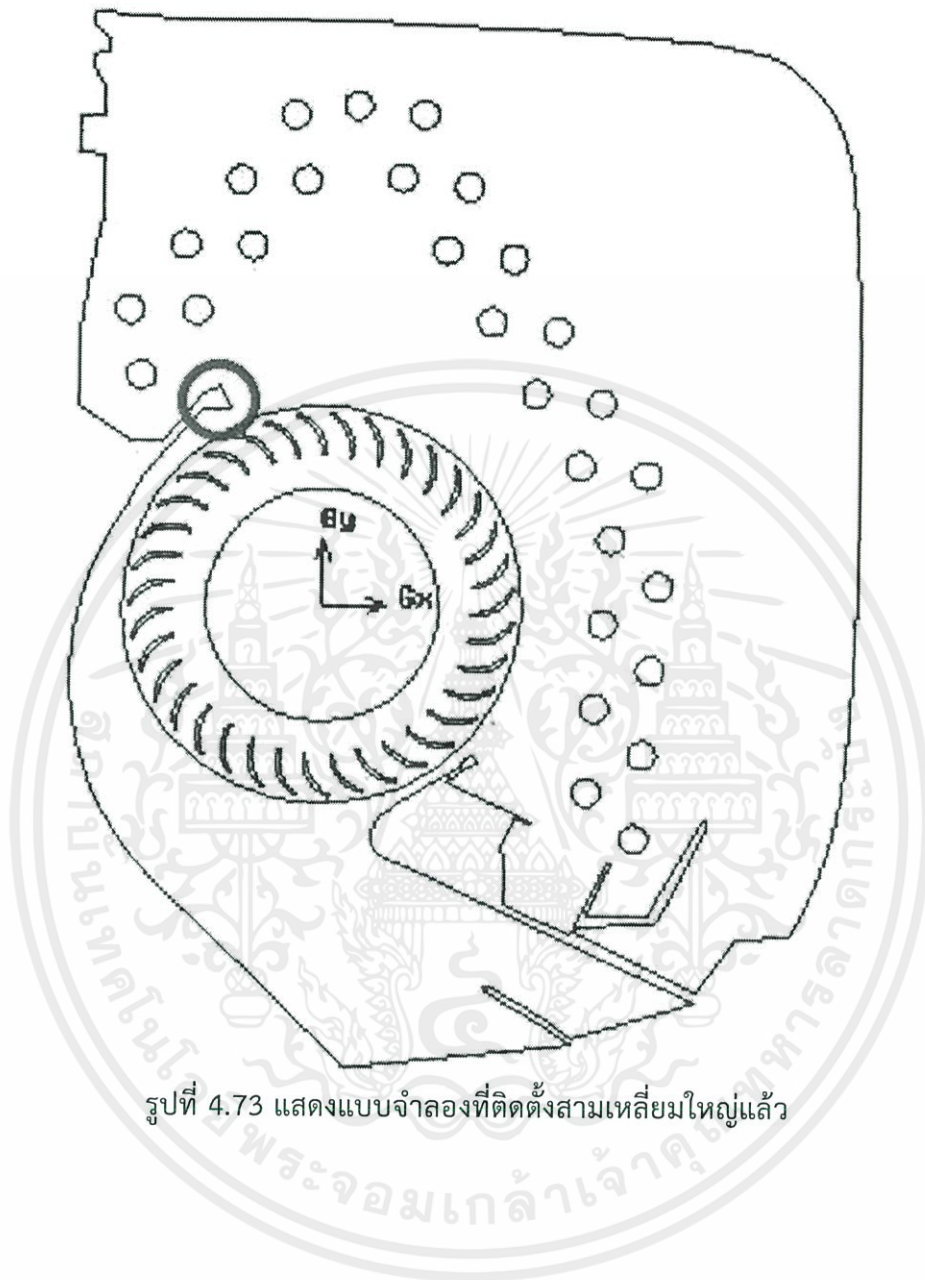


รูปที่ 4.72 แสดง Histogram ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

ตารางที่ 4.16 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 2 ที่ความเร็วรอบสูง

Static Pressure (Pa)	Total Pressure (Pa)	Velocity Magnitude (m/s)	Turbulent Intensity (%)	Turbulent Kinetic Energy (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )
-41.2421	-8.2547	6.2192	79.8561	1.5164

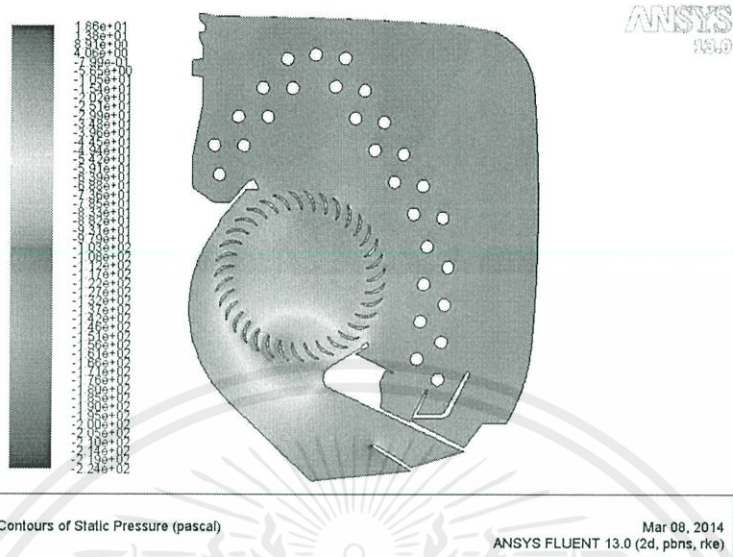
## 4.4.2.2 แบบที่ 3



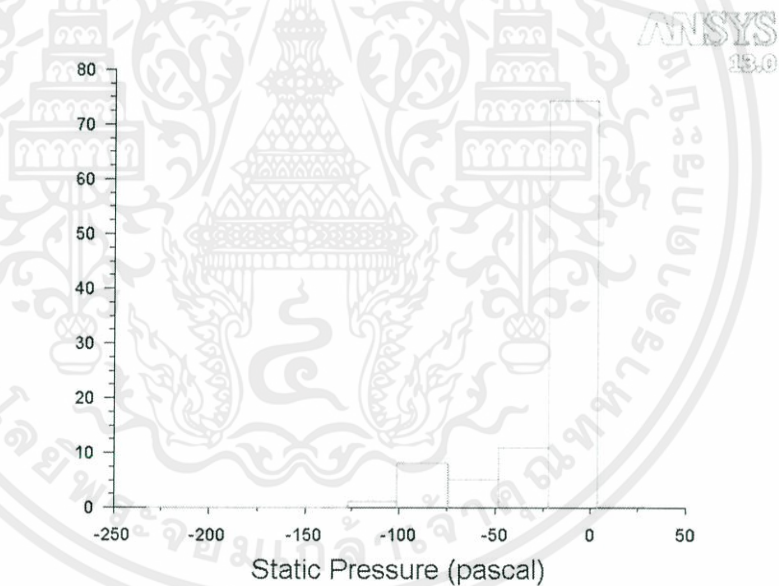
รูปที่ 4.73 แสดงแบบจำลองที่ติดตั้งสามเหลี่ยมใหญ่แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4.2.2.1 แบบที่ 3 ที่ความเร็วรอบต่ำ (90.01 rad/s)



รูปที่ 4.74 แสดง Contours ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

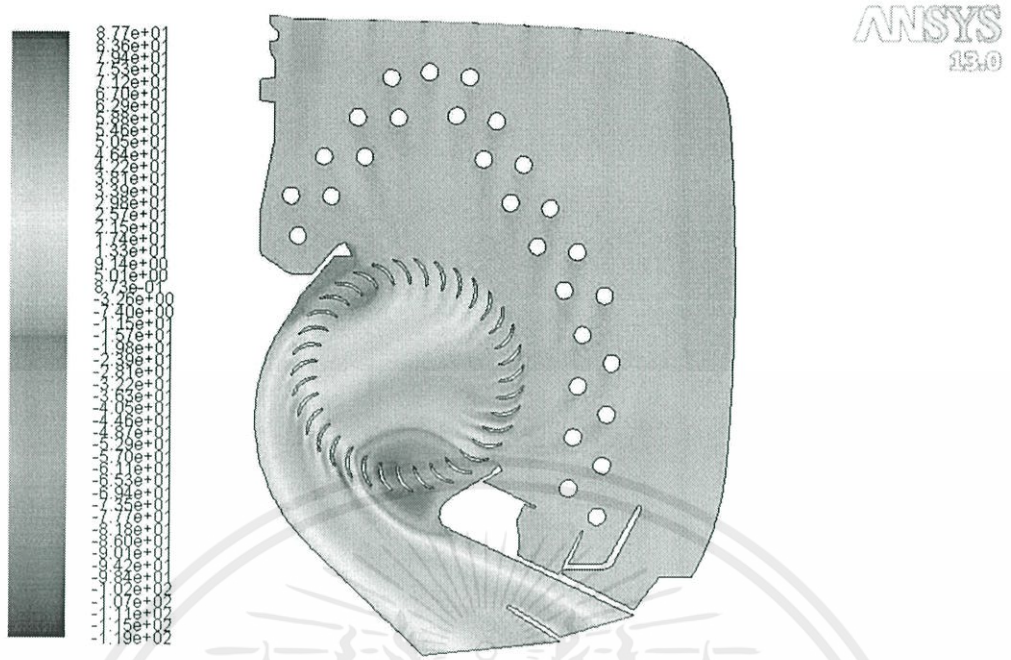


Histogram of Static Pressure

Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

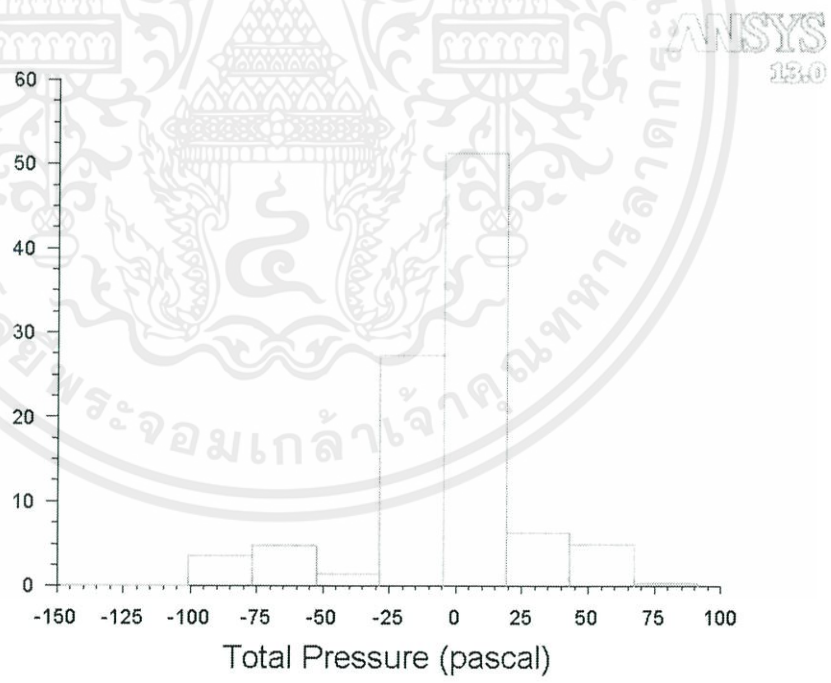
รูปที่ 4.75 แสดง Histogram ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



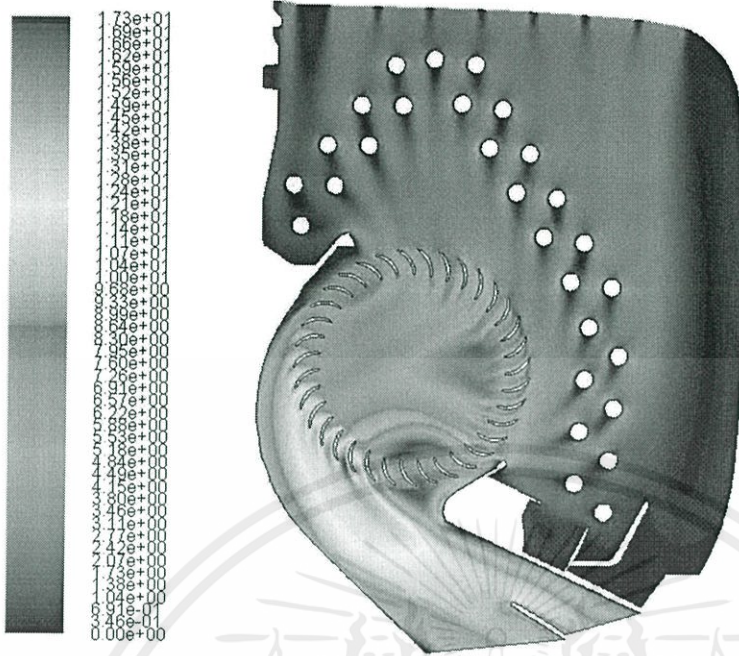
Contours of Total Pressure (pascal) Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.76 แสดง Contours ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



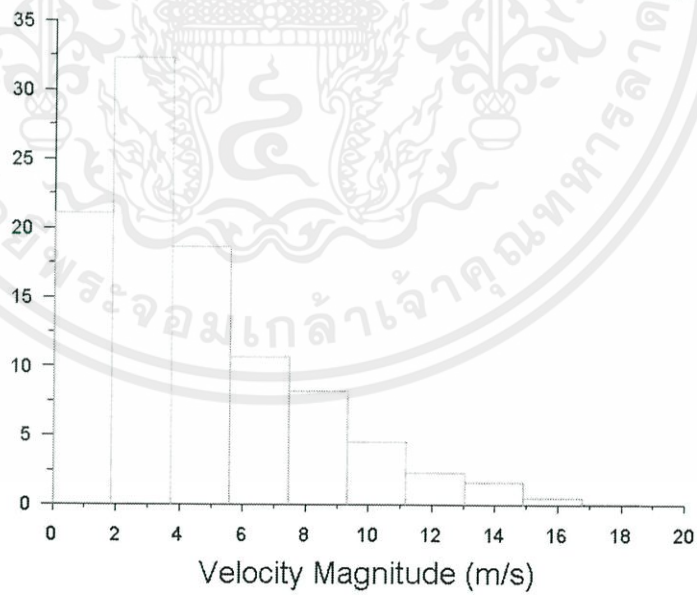
Histogram of Total Pressure Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

ไม่ว่าการรูปที่ 4.77 แสดง Histogram ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำใช้



Contours of Velocity Magnitude (m/s) Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

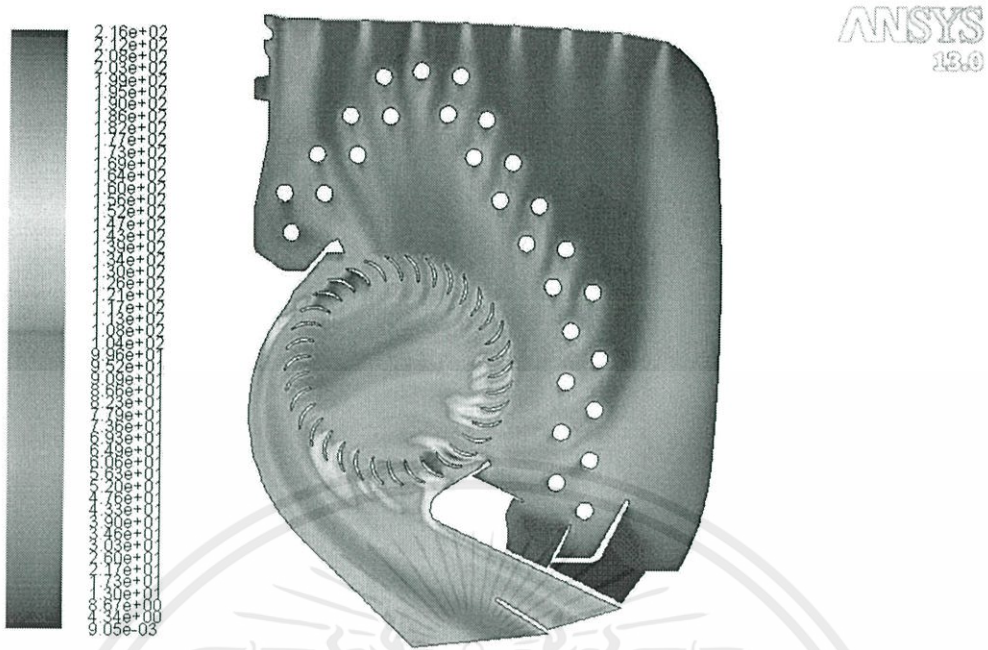
รูปที่ 4.78 แสดง Contours ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



Histogram of Velocity Magnitude Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

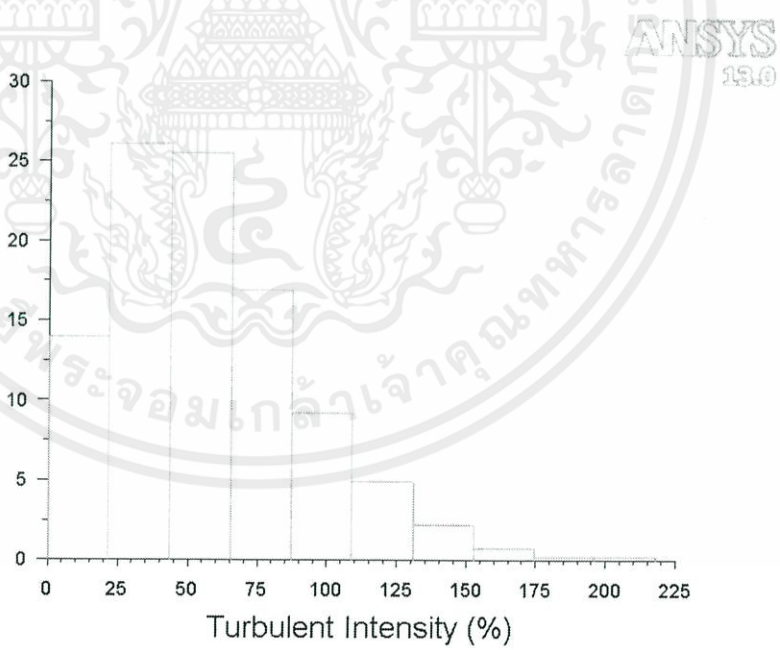
รูปที่ 4.79 แสดง Histogram ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

เอกสารนี้... รับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไป... ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ... ให้คำปรึกษา... ปรึกษา



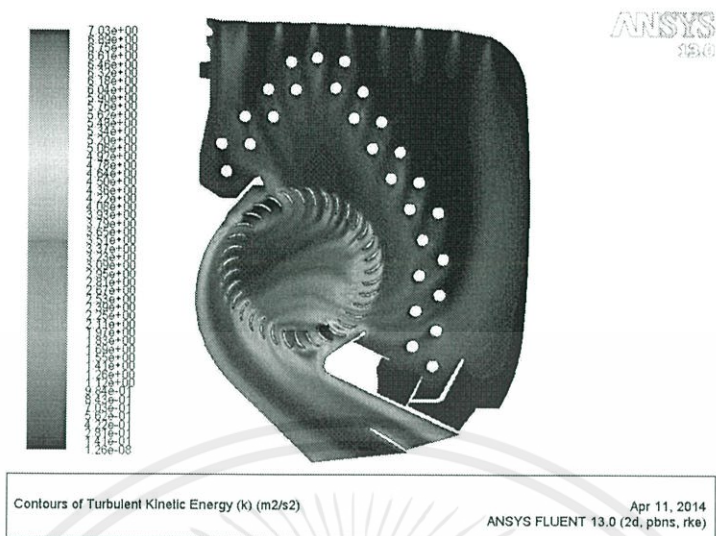
Contours of Turbulent Intensity (%) Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.80 แสดง Contours ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

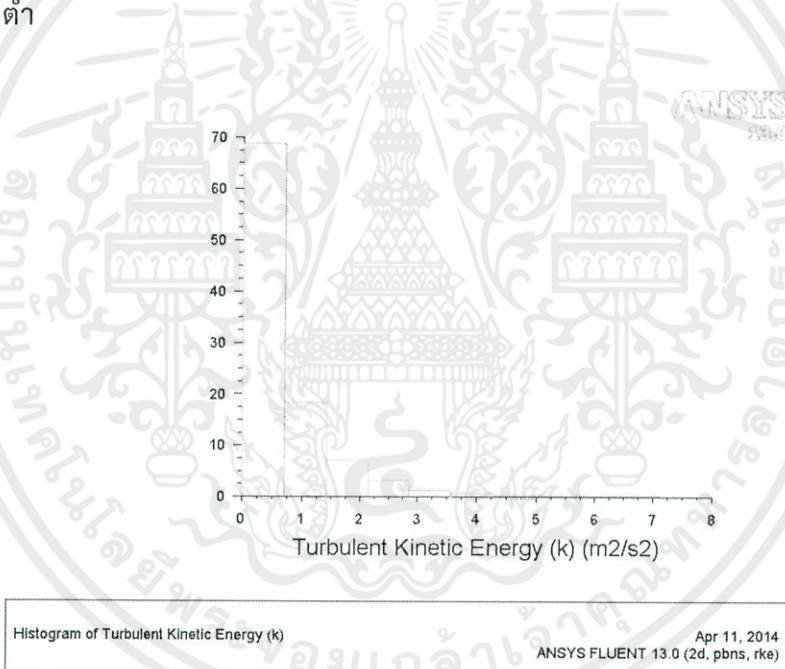


Histogram of Turbulent Intensity Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.81 แสดง Histogram ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



รูปที่ 4.82 แสดง Contours ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



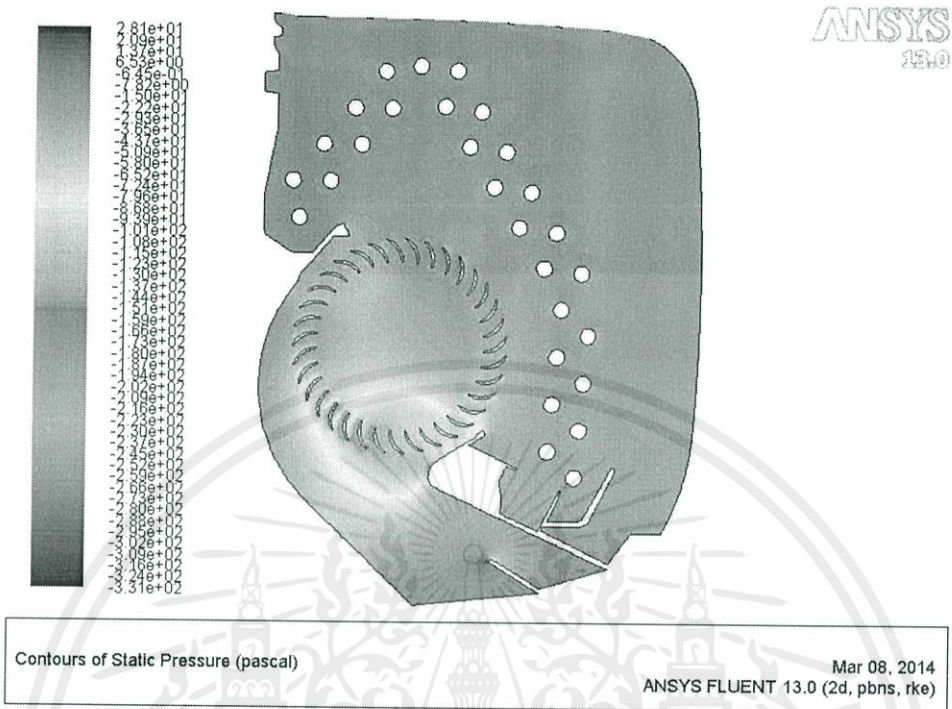
รูปที่ 4.83 แสดง Histogram ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

ตารางที่ 4.17 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 3 ที่ความเร็วรอบต่ำ

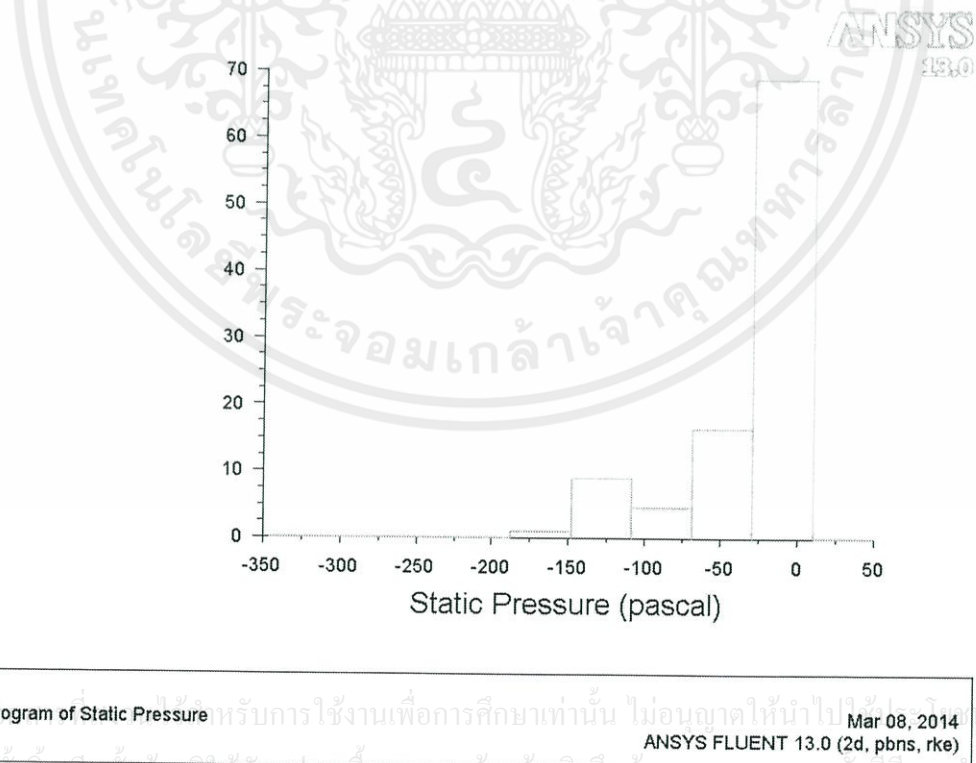
Static Pressure (Pa)	Total Pressure (Pa)	Velocity Magnitude (m/s)	Turbulent Intensity (%)	Turbulent Kinetic Energy ( $m^2/s^2$ )
-22.7110	-2.9794	4.4225	57.0570	0.7464

เอกสารนี้เป็นเอกสารใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถเผยแพร่ไปใช้ในการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

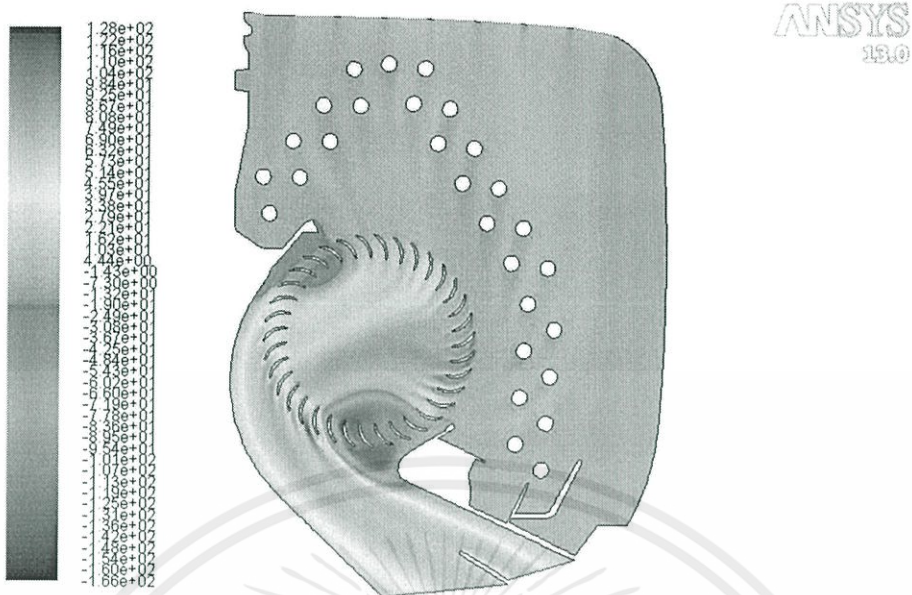
### 4.4.2.2 แบบที่ 3 ที่ความเร็วรอบปานกลาง (108.33rad/s)



รูปที่ 4.84 แสดง Contours ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

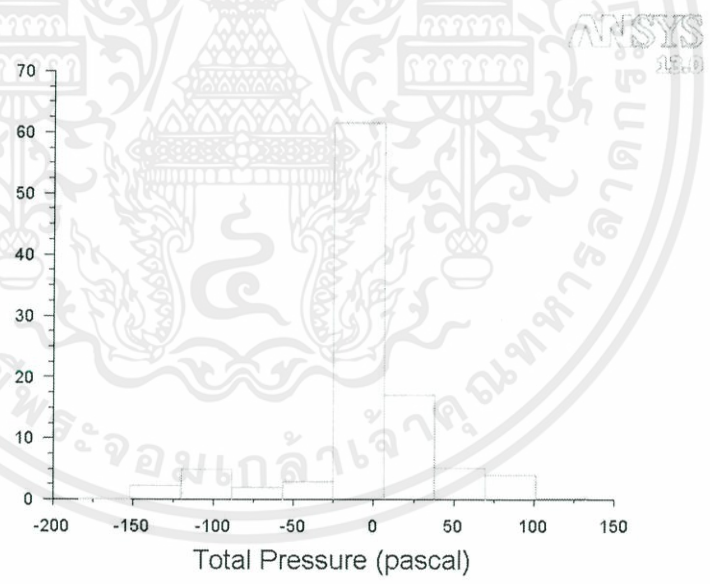


รูปที่ 4.85 แสดง Histogram ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง



Contours of Total Pressure (pascal) Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

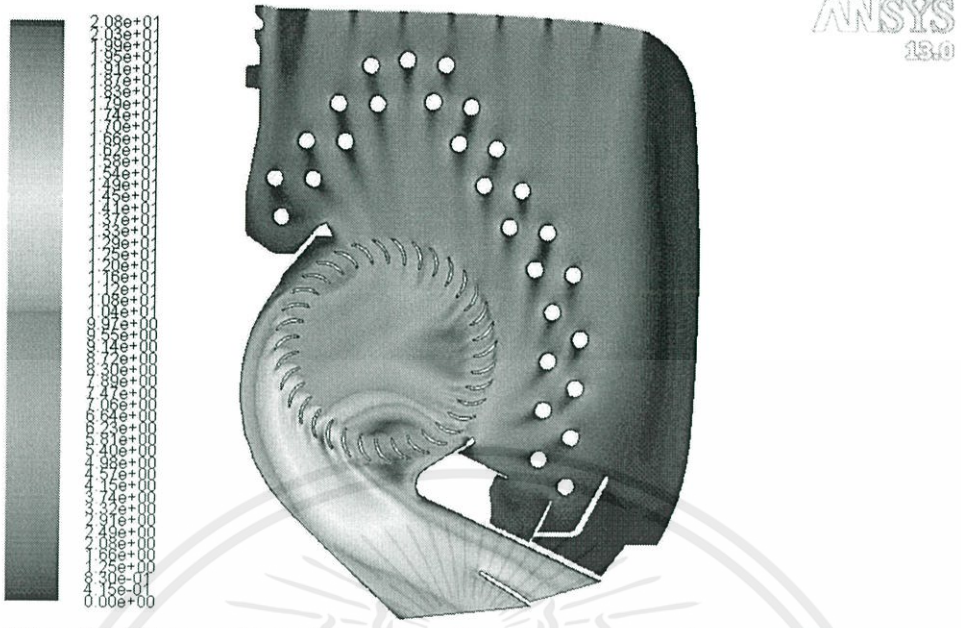
รูปที่ 4.86 แสดง Contours ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง



Histogram of Total Pressure Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

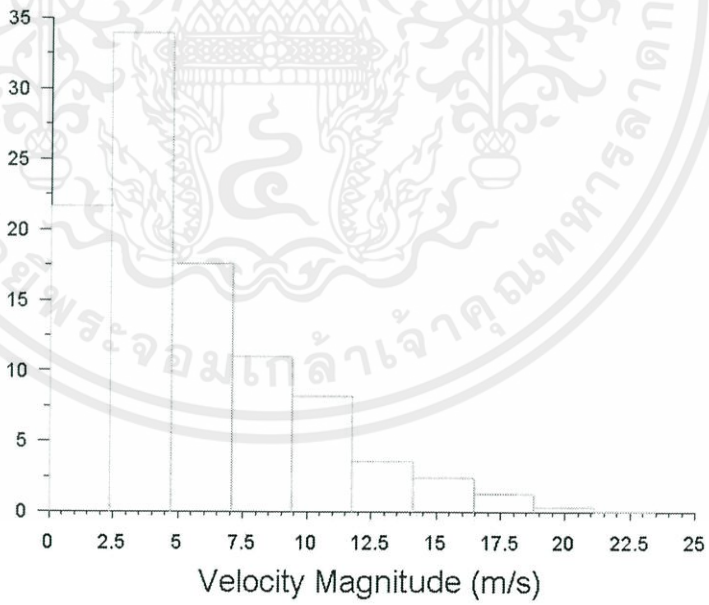
รูปที่ 4.87 แสดง Histogram ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Velocity Magnitude (m/s) Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

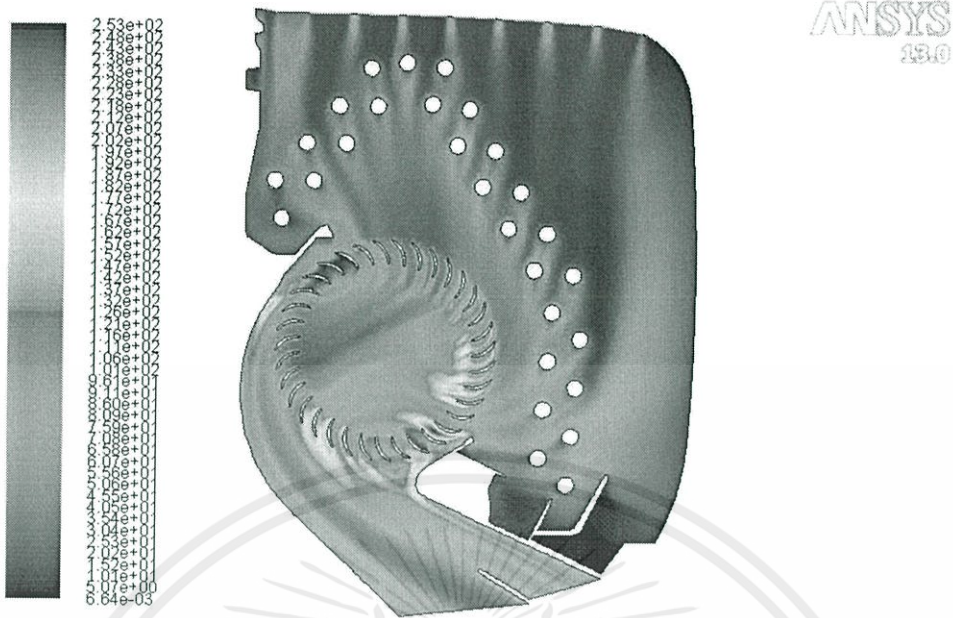
รูปที่ 4.88 แสดง Contours ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง



Histogram of Velocity Magnitude Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

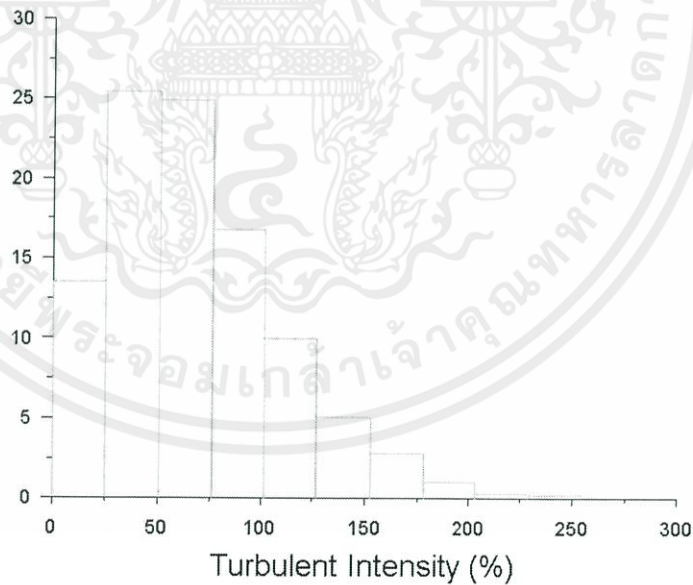
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถค้า

รูปที่ 4.89 แสดง Histogram ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง



Contours of Turbulent Intensity (%) Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.90 แสดง Contours ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง



Histogram of Turbulent Intensity Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

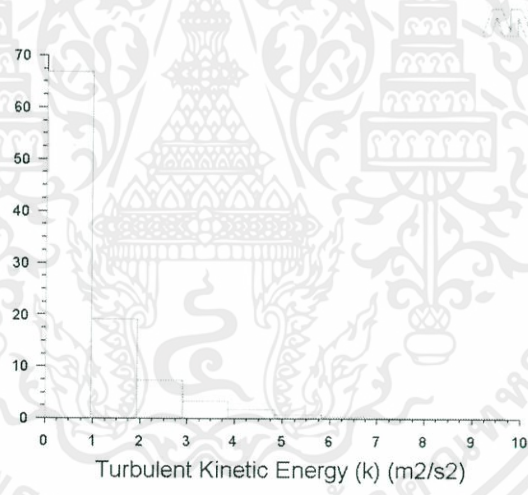
รูปที่ 4.91 แสดง Histogram ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้บนสื่ออิเล็กทรอนิกส์เท่านั้น ไม่สามารถให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Turbulent Kinetic Energy (k) (m2/s2) Apr 11, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.92 แสดง Contours ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบกลาง



Histogram of Turbulent Kinetic Energy (k) Apr 11, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

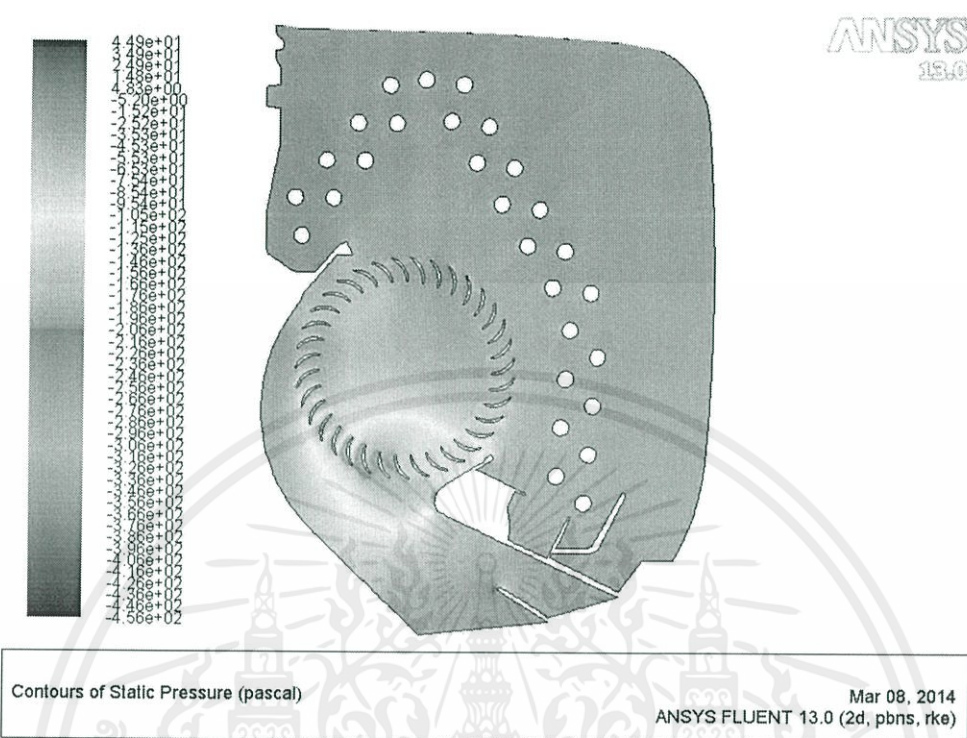
รูปที่ 4.93 แสดง Histogram ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบกลาง

ตารางที่ 4.18 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 3 ที่ความเร็วรอบปานกลาง

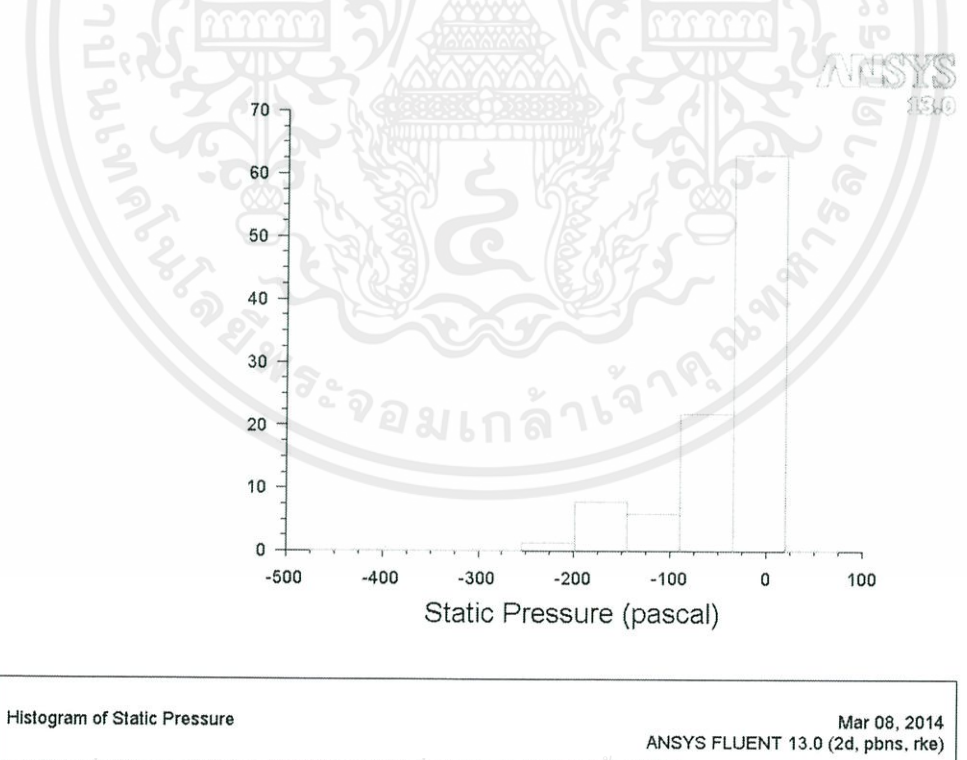
Static Pressure (Pa)	Total Pressure (Pa)	Velocity Magnitude (m/s)	Turbulent Intensity (%)	Turbulent Kinetic Energy (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )
-32.2852	-6.5611	5.3754	68.4249	1.066

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด การค้าไม่ว่าในรูปแบบใดก็ตามจะถือว่าผิดกฎหมายอย่างถึงที่สุด

4.4.2.2.3 แบบที่ 3 ที่ความเร็วรอบสูง (126.65 rad/s)

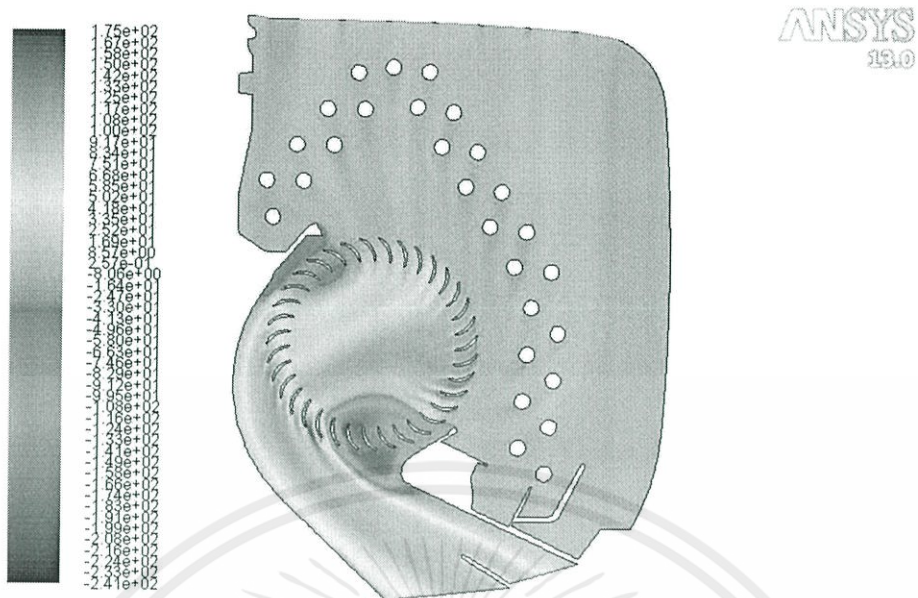


รูปที่ 4.94 แสดง Contours ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง



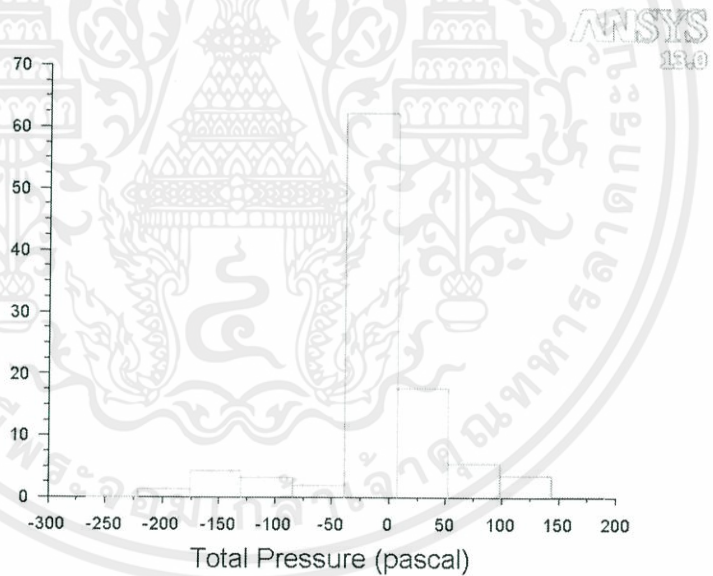
รูปที่ 4.95 แสดง Histogram ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารตัวอย่างที่จัดทำขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ทางการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ในการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Total Pressure (pascal) Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

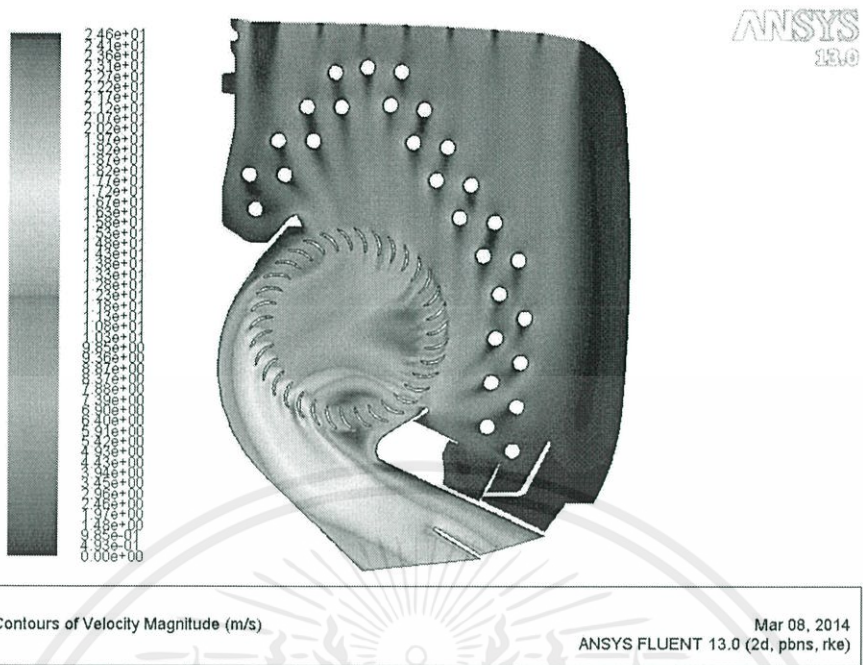
รูปที่ 4.96 แสดง Contours ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง



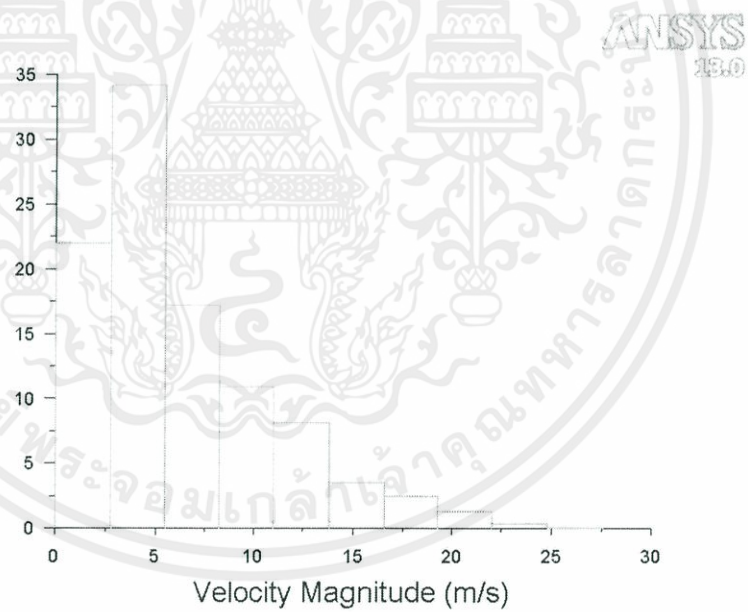
Histogram of Total Pressure Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.97 แสดง Contours ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

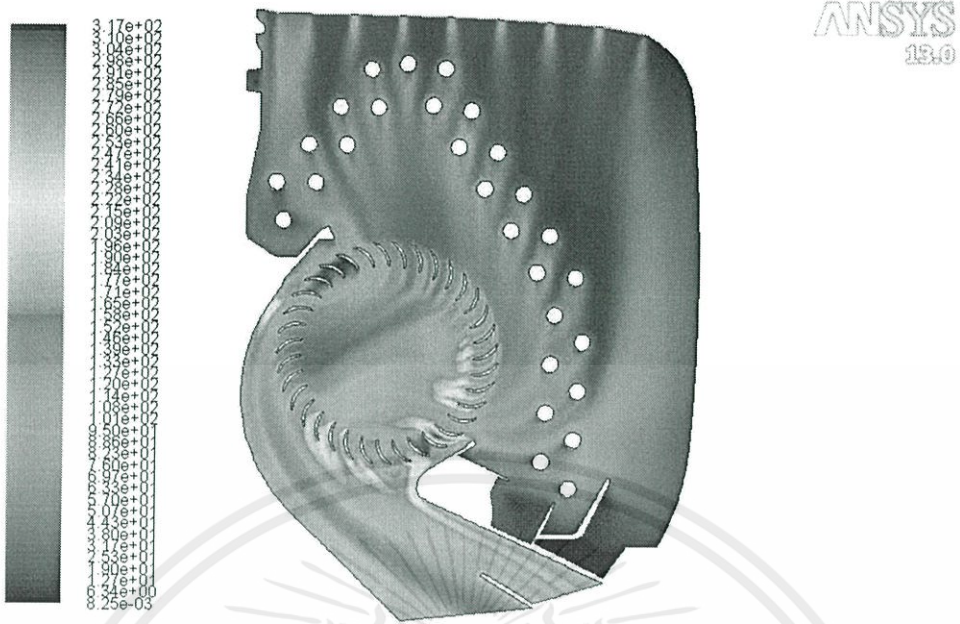


รูปที่ 4.98 แสดง Contours ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง



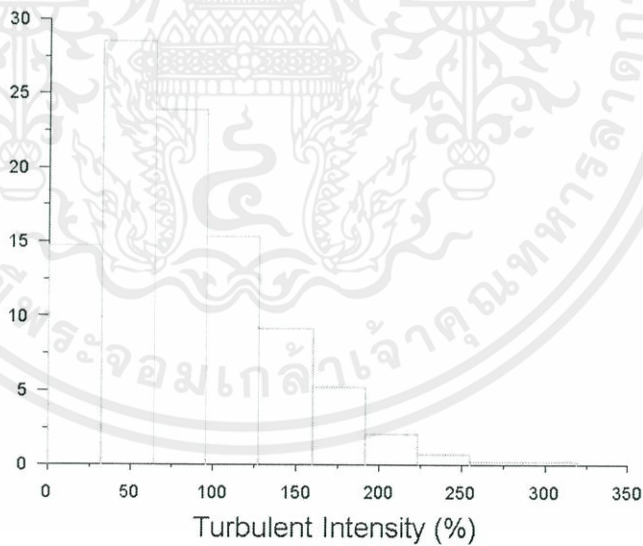
รูปที่ 4.99 แสดง Histogram ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



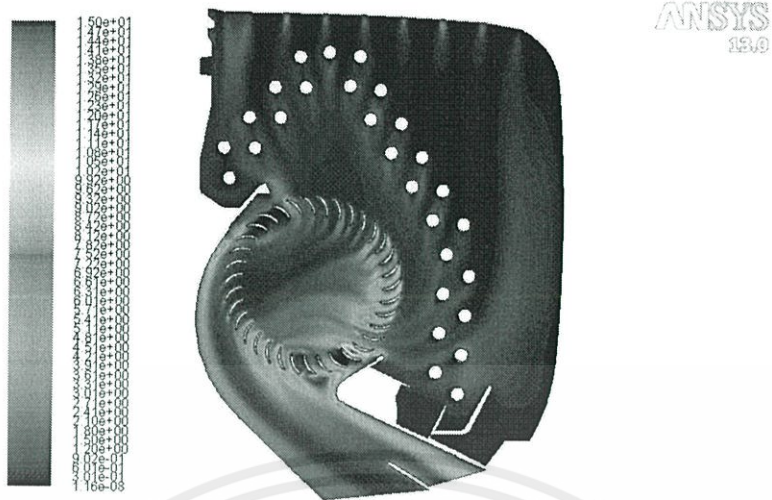
Contours of Turbulent Intensity (%) Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.100 แสดง Contours ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง



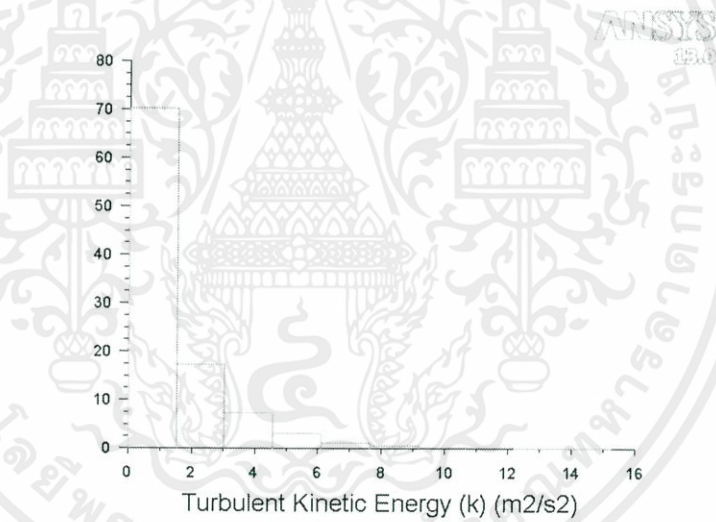
Histogram of Turbulent Intensity Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.101 แสดง Contours ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Turbulent Kinetic Energy (k) (m2/s2) Apr 11, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.102 แสดง Contours ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง



Histogram of Turbulent Kinetic Energy (k) Apr 11, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

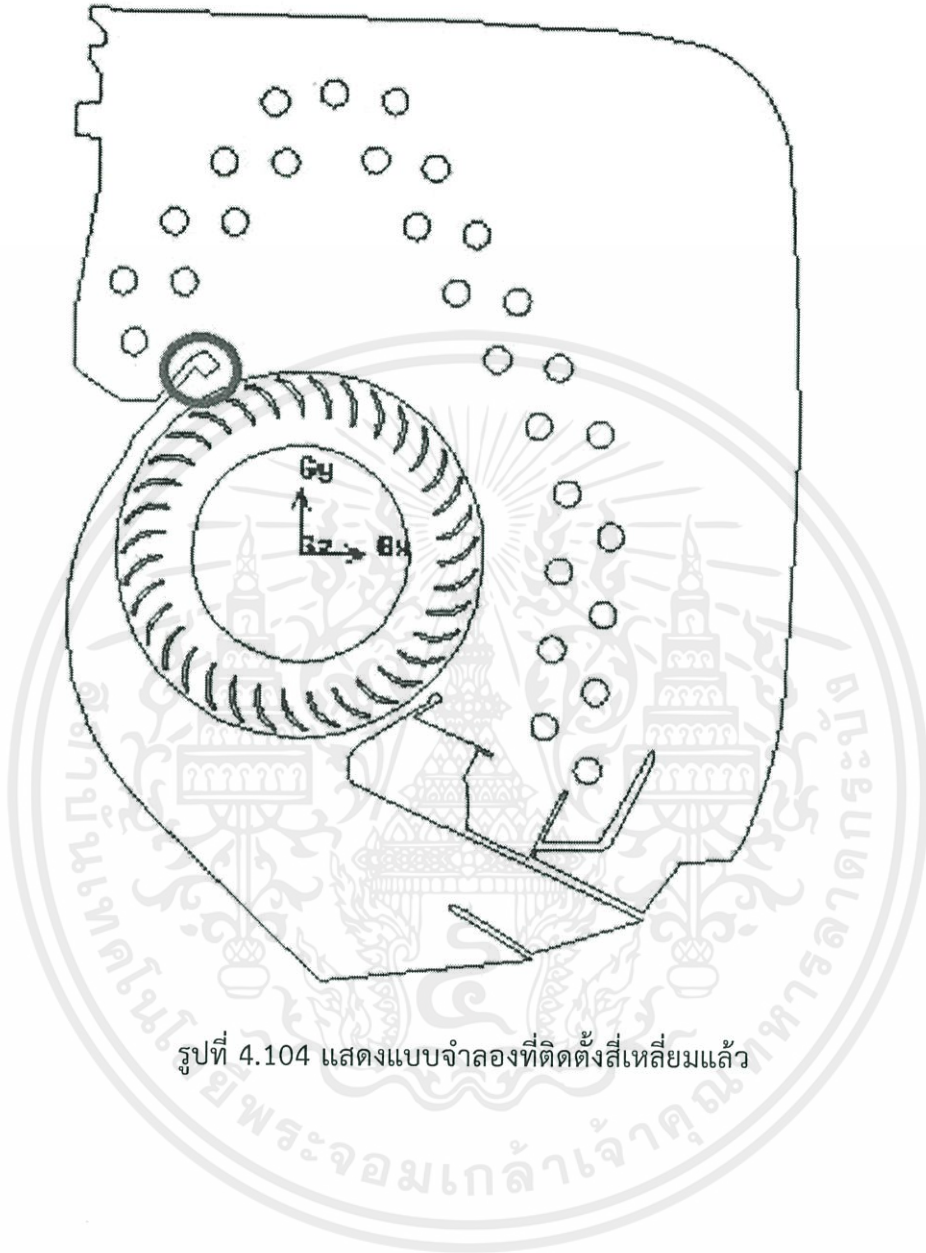
รูปที่ 4.103 แสดง Histogram ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

ตารางที่ 4.19 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 3 ที่ความเร็วรอบสูง

Static Pressure (Pa)	Total Pressure (Pa)	Velocity Magnitude (m/s)	Turbulent Intensity (%)	Turbulent Kinetic Energy (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )
-42.1495	-10.3651	6.2796	81.5810	1.5623

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่ผู้จัดทำขึ้นไปใช้ประโยชน์ในการค้า  
ไม่ว่าในรูปแบบใดก็ตาม หากมีข้อผิดพลาดประการใด ขออภัยเป็นอย่างสูง และขอแจ้งขอสงวนลิขสิทธิ์ไว้ด้วย

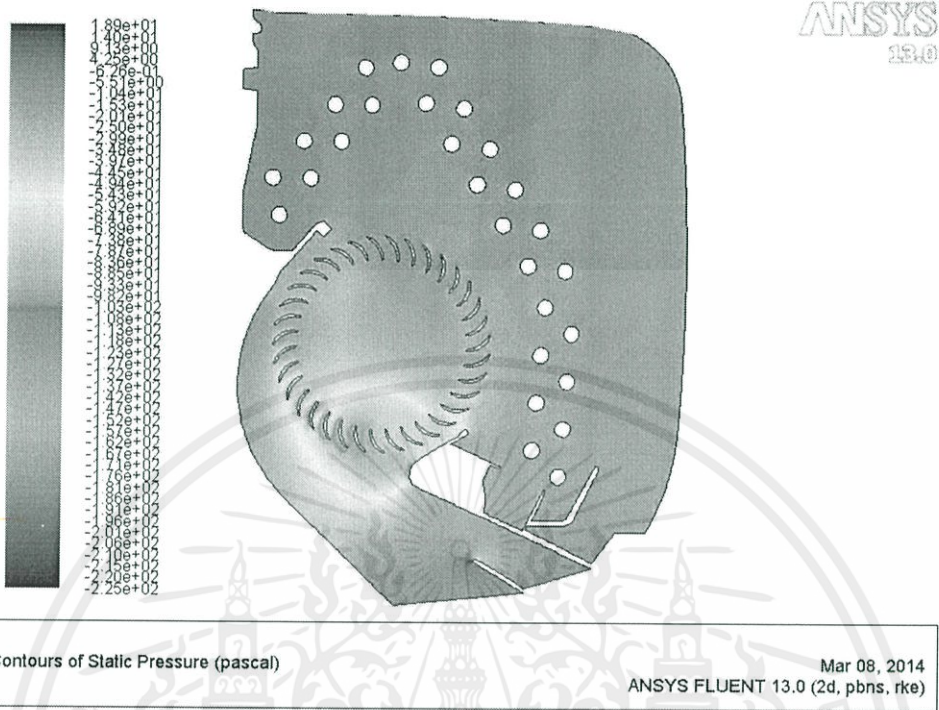
## 4.4.2.3 แบบที่ 4



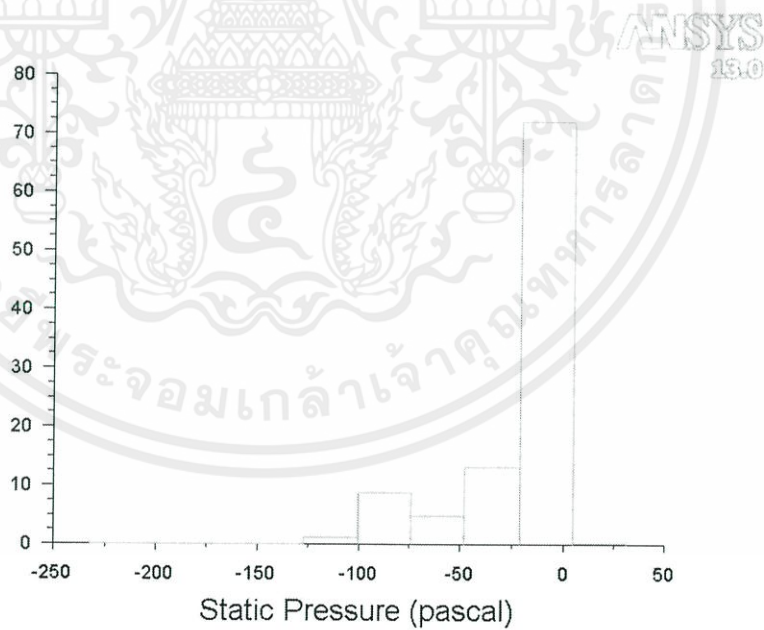
รูปที่ 4.104 แสดงแบบจำลองที่ติดตั้งเสร็จเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

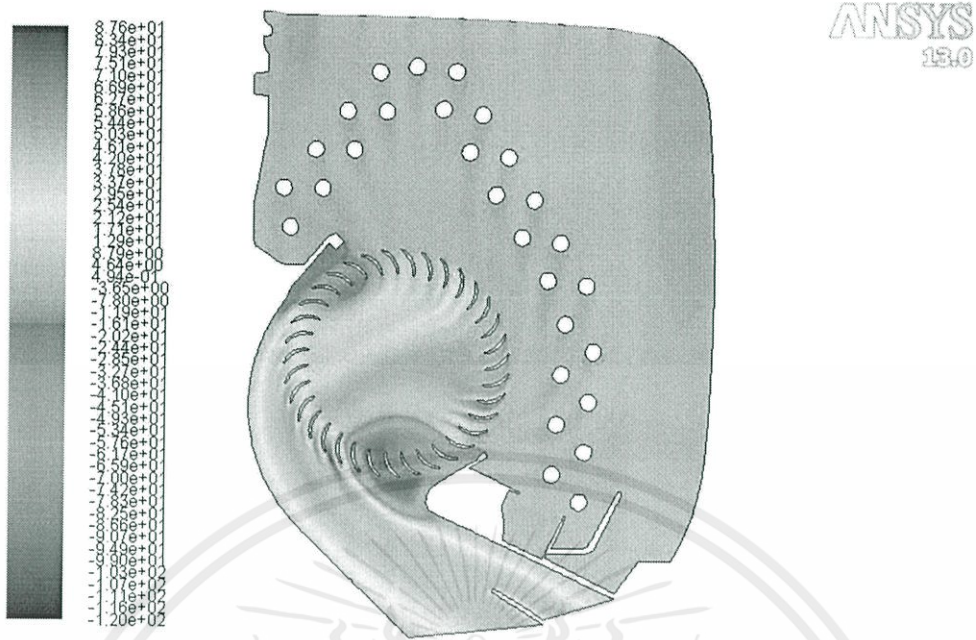
4.4.2.3.1 แบบที่ 4 ที่ความเร็วรอบต่ำ (90.01 rad/s)



รูปที่ 4.105 แสดง Contours ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

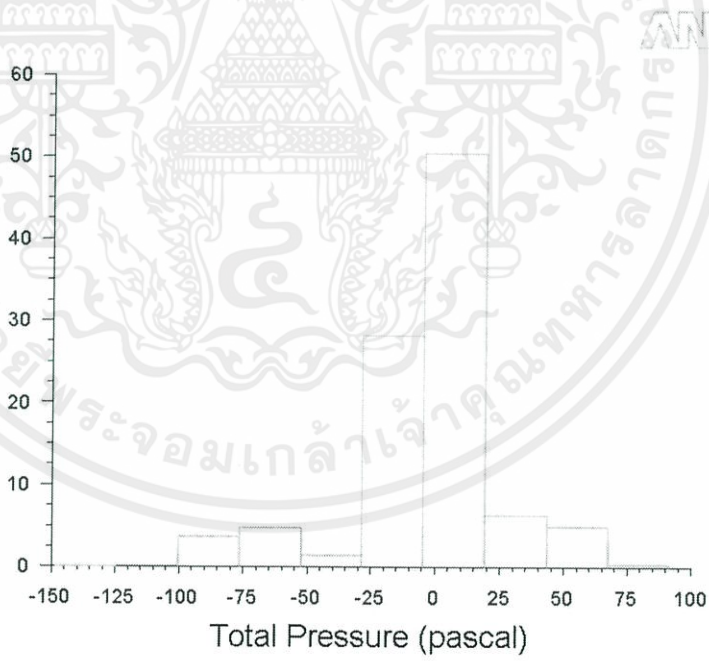


รูปที่ 4.106 แสดง Histogram ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



Contours of Total Pressure (pascal) Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

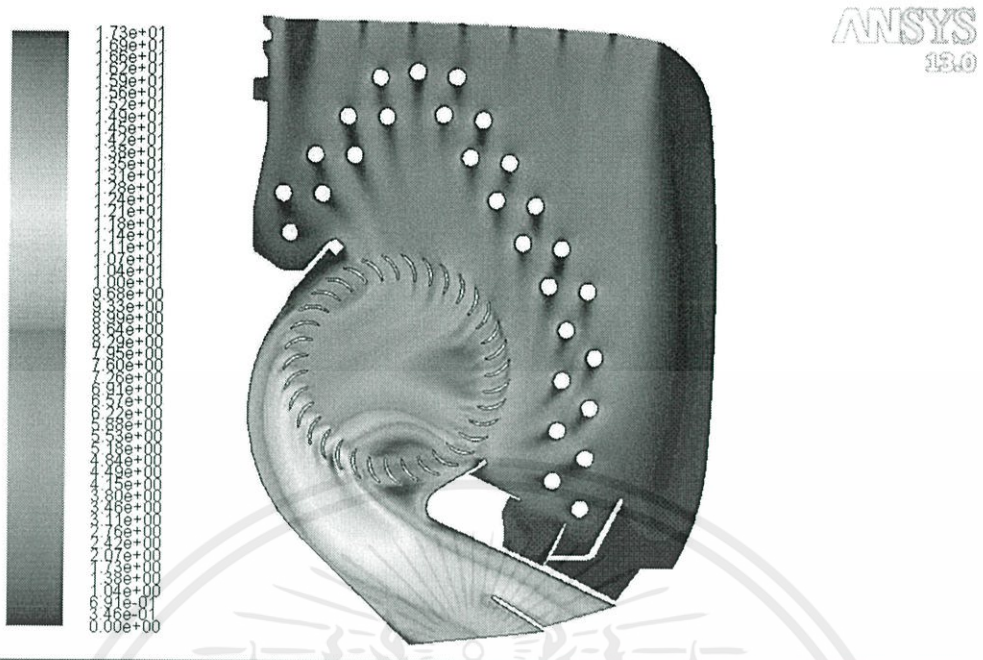
รูปที่ 4.107 แสดง Contours ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



Histogram of Total Pressure Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

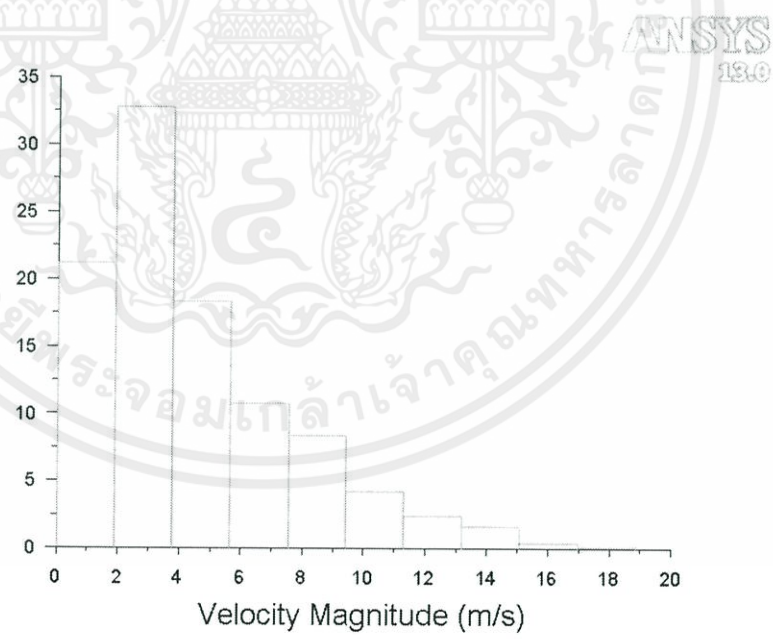
รูปที่ 4.108 แสดง Histogram ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของสถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากสถาบันฯ เป็นการกระทำที่ผิดกฎหมาย



Contours of Velocity Magnitude (m/s) Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

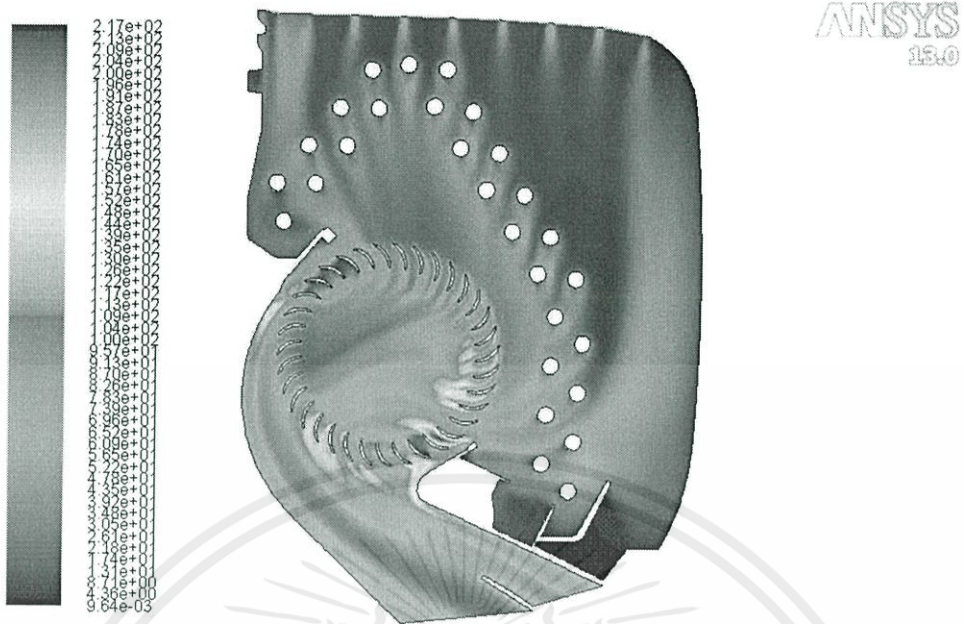
รูปที่ 4.109 แสดง Contours ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



Histogram of Velocity Magnitude Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

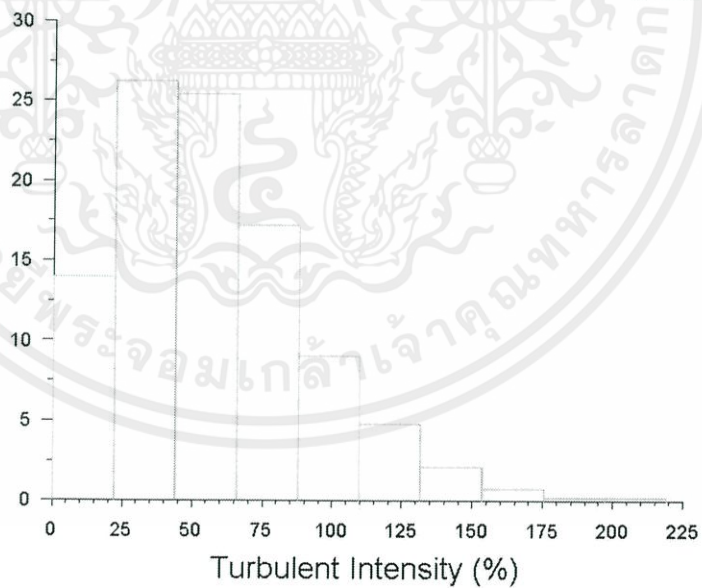
รูปที่ 4.110 แสดง Histogram ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบรรณารักษ์งานเพื่อการศึกษานานาชาติ ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตด้านการค้า  
ไม่ว่าในรูปแบบใดทางสน อีกรทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Turbulent Intensity (%) Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

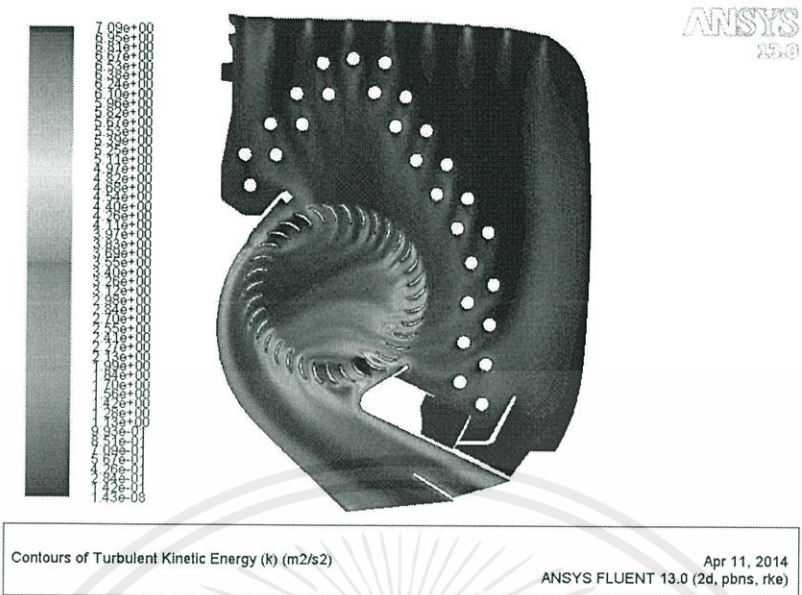
รูปที่ 4.111 แสดง Contours ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



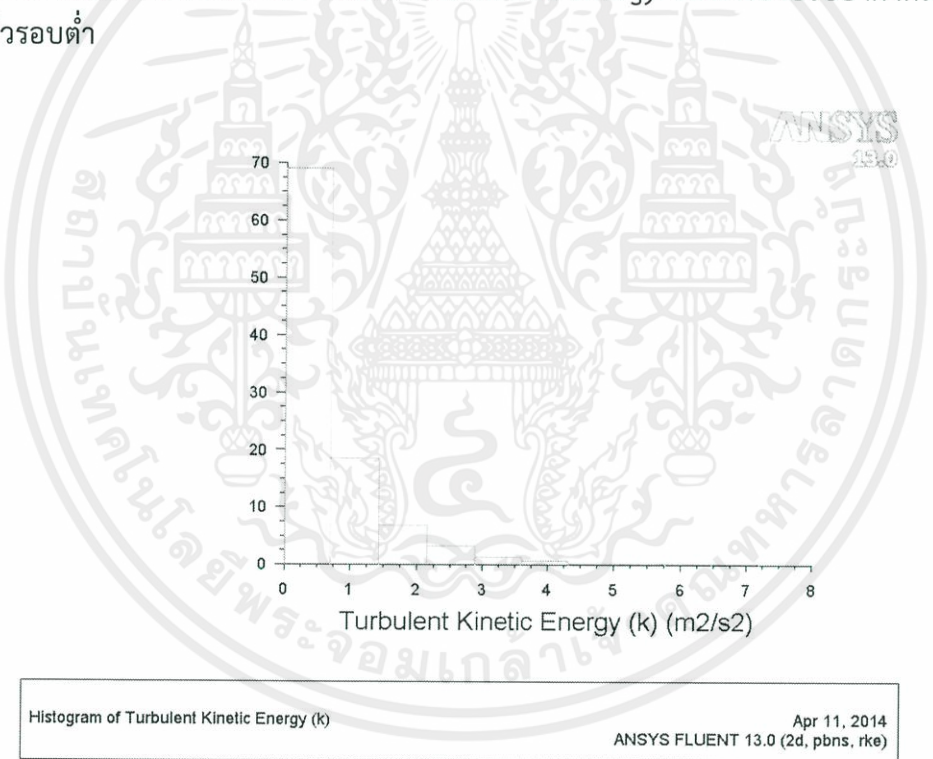
Histogram of Turbulent Intensity Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.112 แสดง Histogram ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการเรียนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปเผยแพร่โดยไม่ผ่านการคัด  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.113 แสดง Contours ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

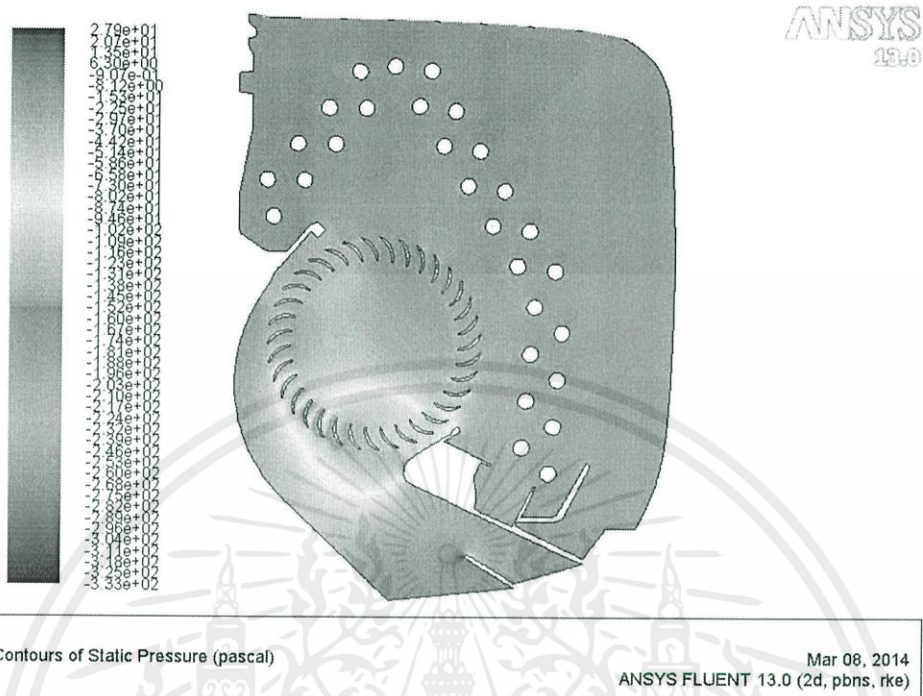


รูปที่ 4.114 แสดง Histogram ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

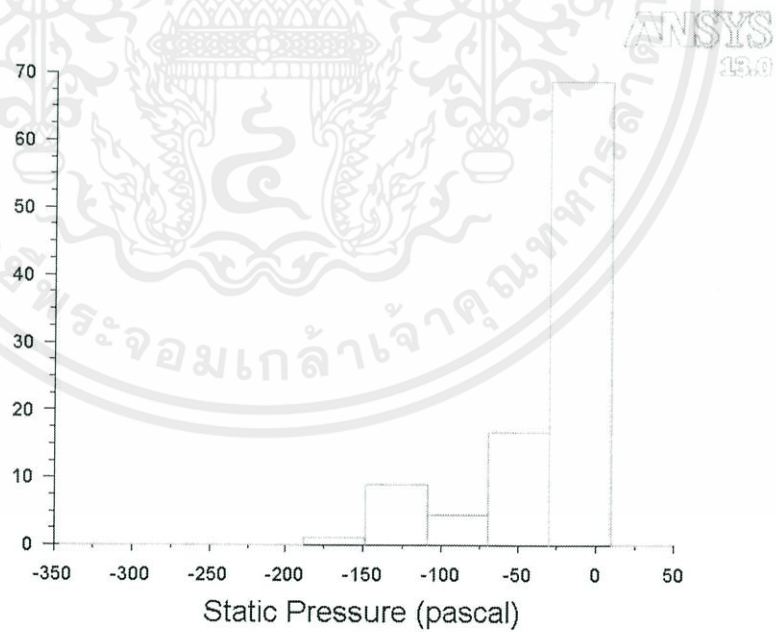
ตารางที่ 4.20 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 4 ที่ความเร็วรอบต่ำ

Static Pressure (Pa)	Total Pressure (Pa)	Velocity Magnitude (m/s)	Turbulent Intensity (%)	Turbulent Kinetic Energy (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )
-22.6860	-3.1071	4.4411	57.0835	0.7479

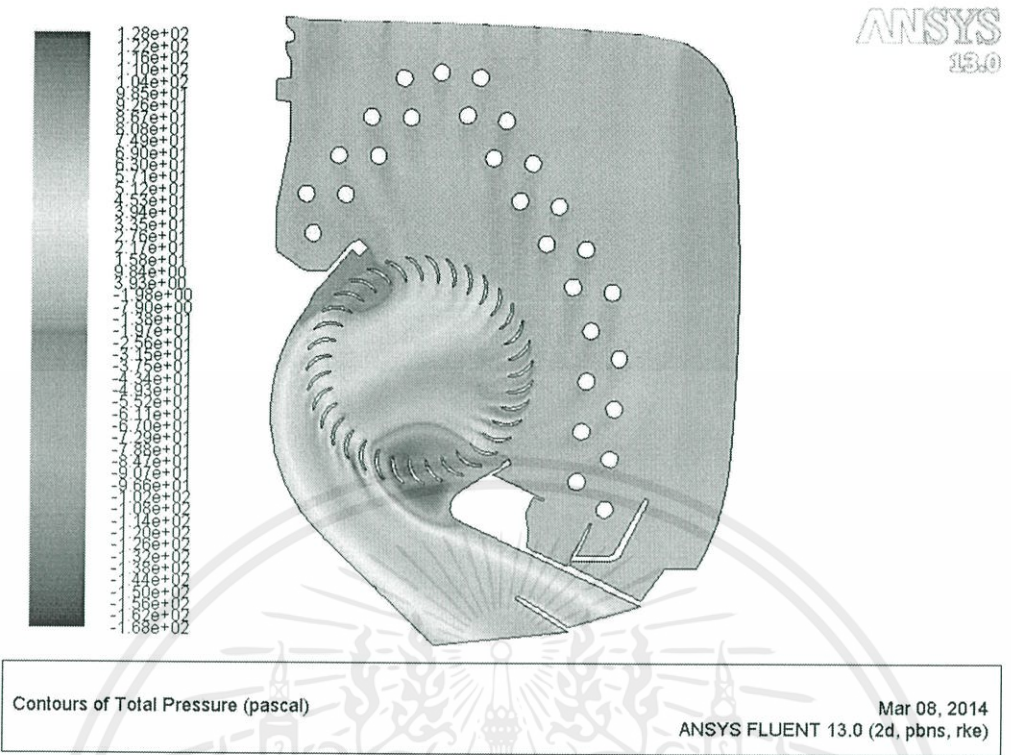
4.4.2.3.2 แบบที่ 4 ที่ความเร็วรอบปานกลาง (108.33 rad/s)



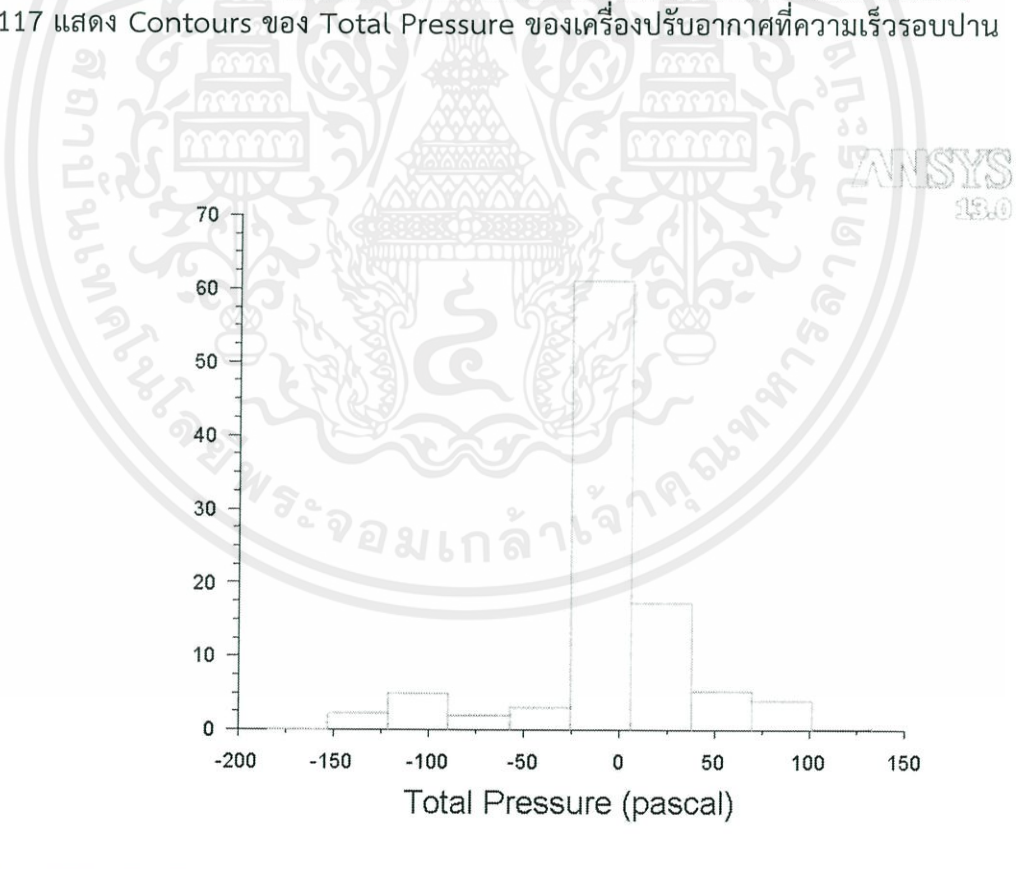
รูปที่ 4.115 แสดง Contours ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง



รูปที่ 4.116 แสดง Histogram ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

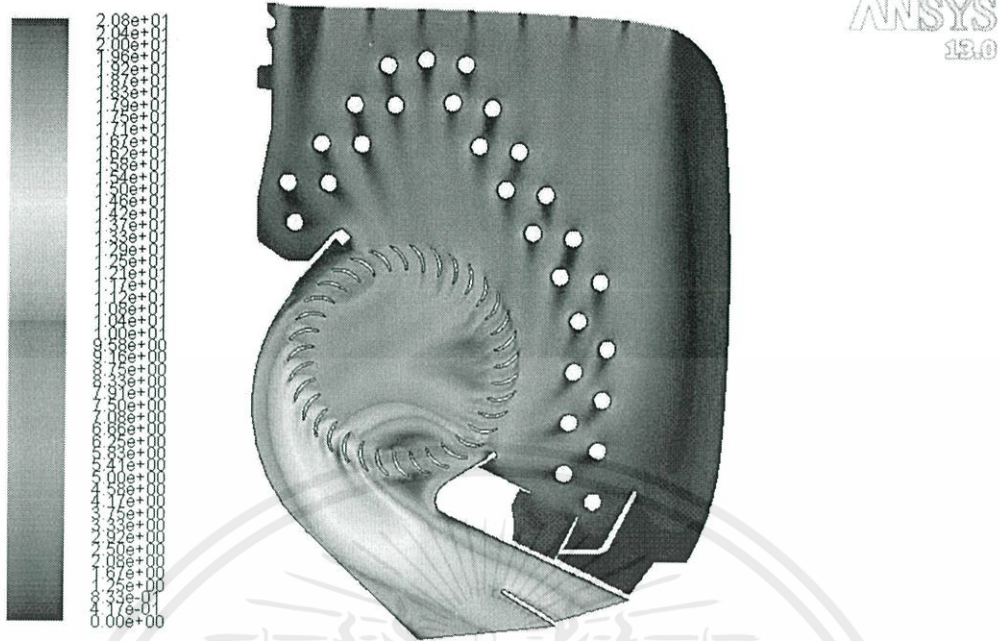


รูปที่ 4.117 แสดง Contours ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง



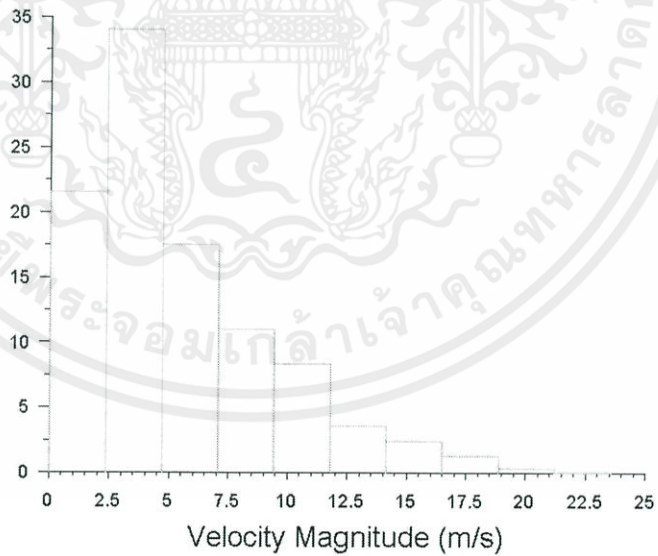
รูปที่ 4.118 แสดง Histogram ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ที่เกี่ยวข้อง



Contours of Velocity Magnitude (m/s) Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

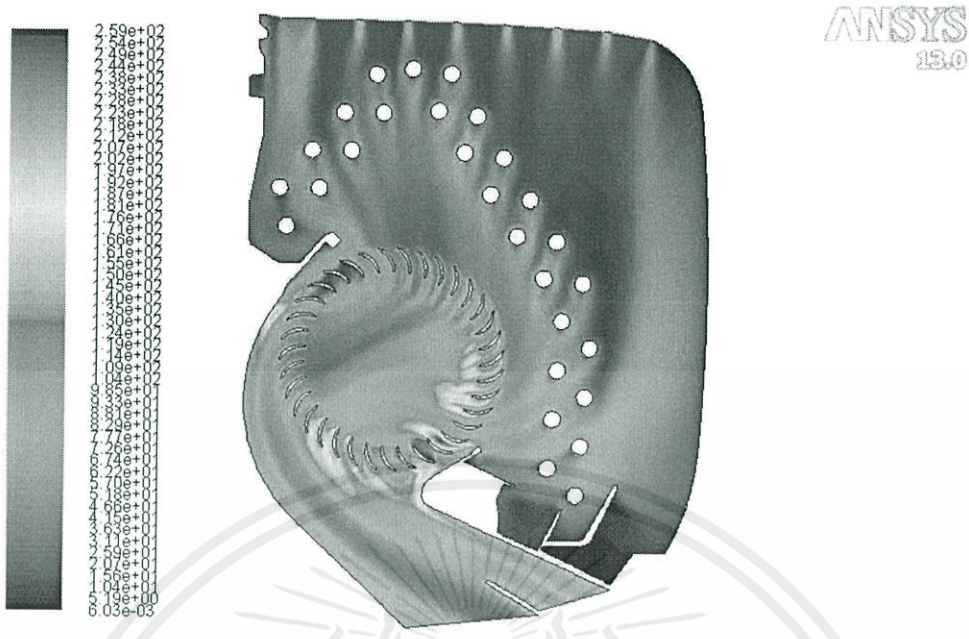
รูปที่ 4.119 แสดง Contours ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง



Histogram of Velocity Magnitude Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

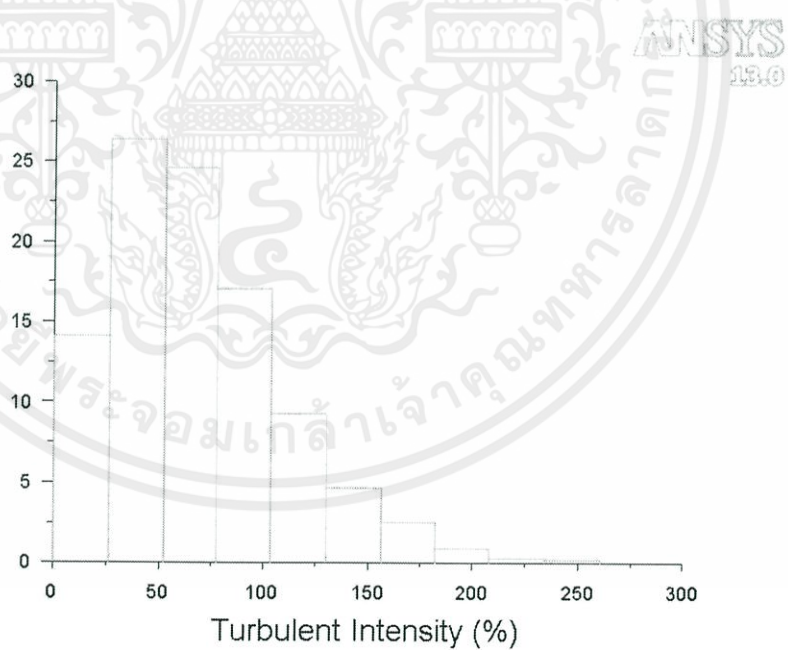
รูปที่ 4.120 แสดง Histogram ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนในชั้นเรียนด้านการศึกษา  
ไม่ว่าจะในรูปแบบใดก็ตาม ห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Turbulent Intensity (%) Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.121 แสดง Contours ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง



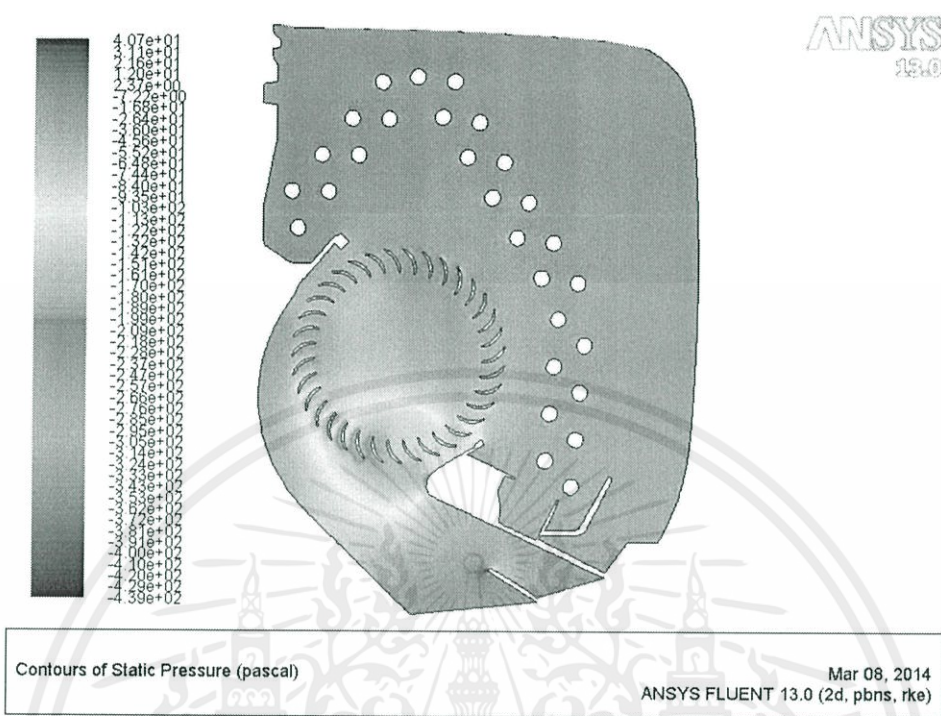
Histogram of Turbulent Intensity Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.122 แสดง Histogram ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

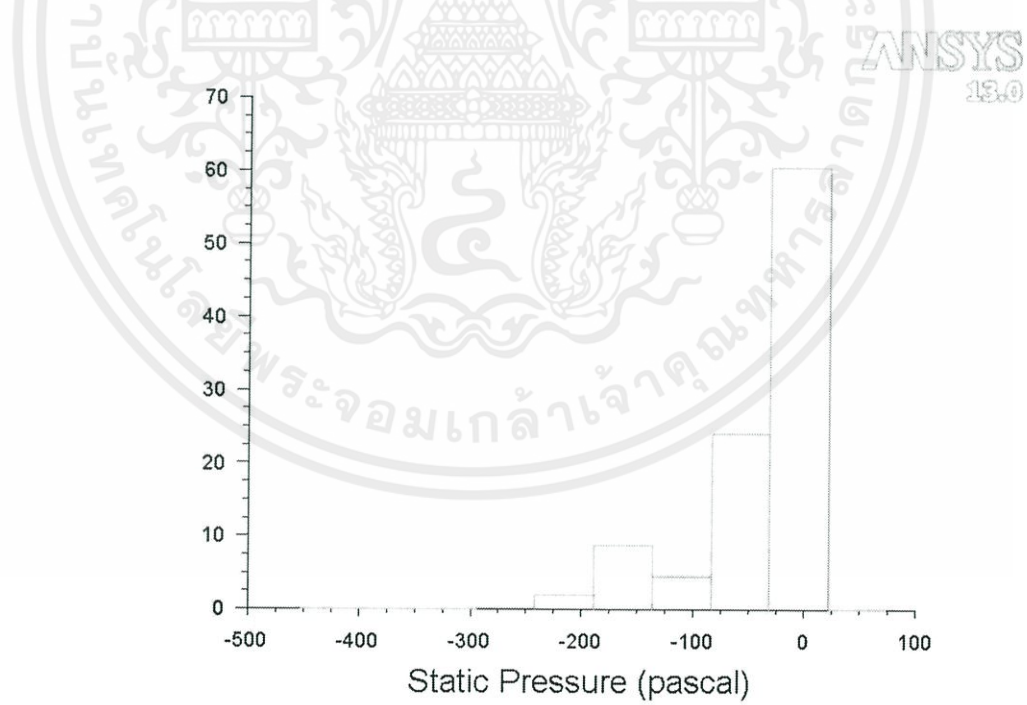
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้า  
ไม่ว่าในรูปแบบใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



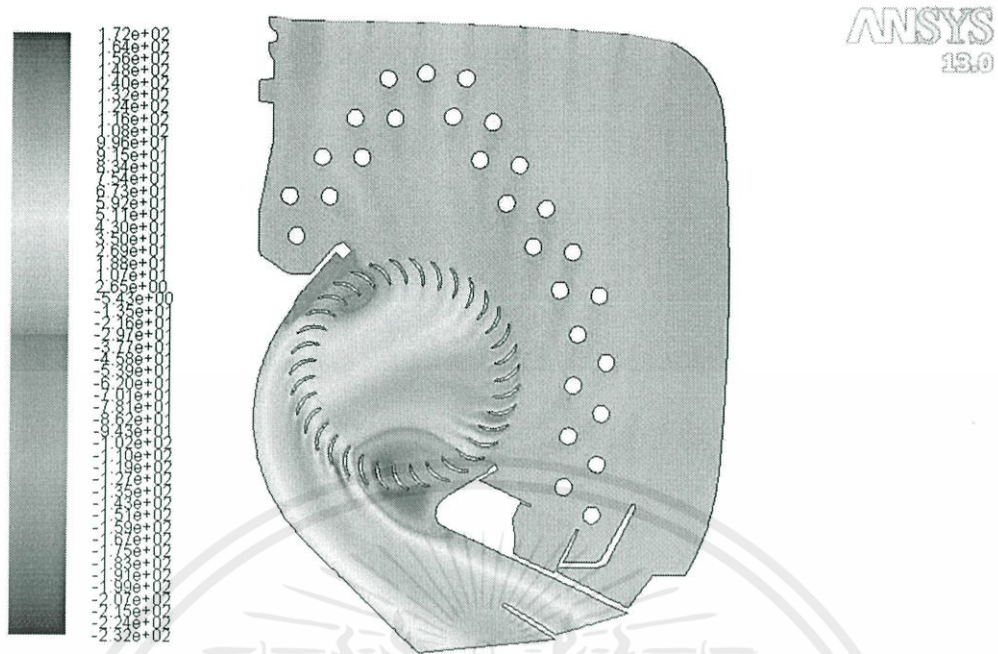
4.4.2.3.3 แบบที่ 4 ที่ความเร็วรอบสูง (126.65 rad/s)



รูปที่ 4.125 แสดง Contours ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

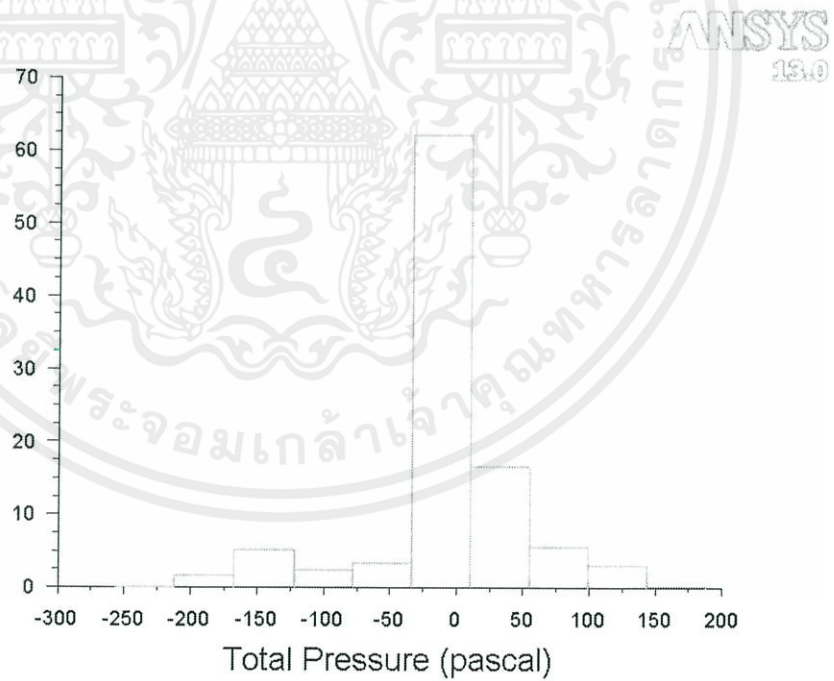


รูปที่ 4.126 แสดง Histogram ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง



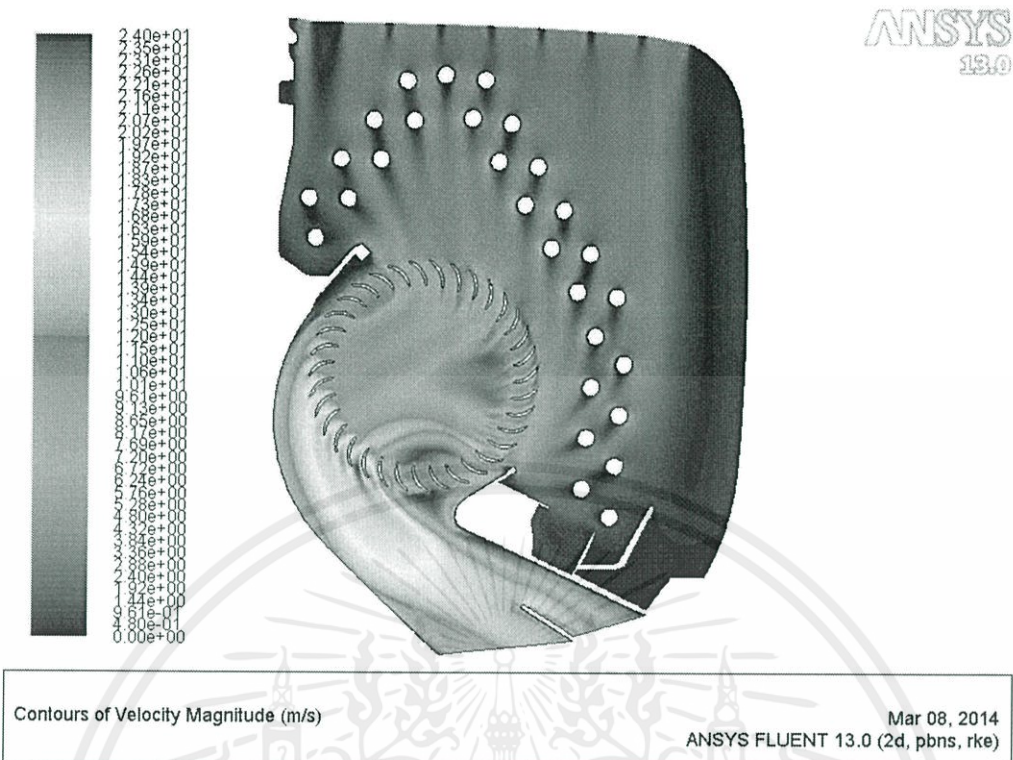
Contours of Total Pressure (pascal) Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.127 แสดง Contours ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

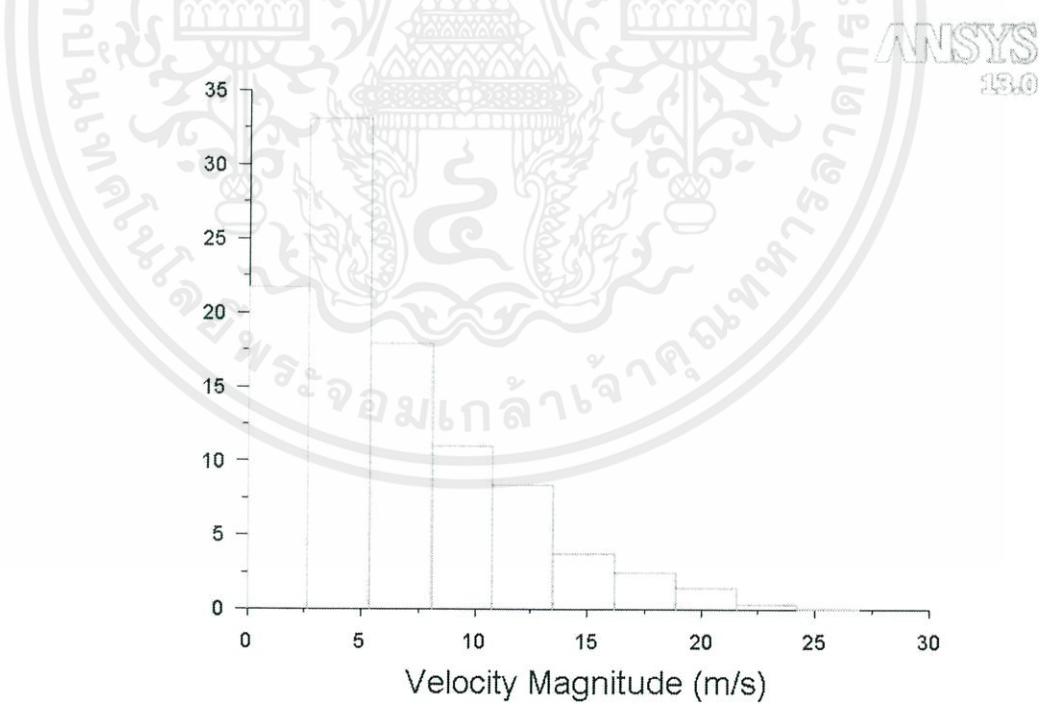


Histogram of Total Pressure Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.128 แสดง Histogram ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

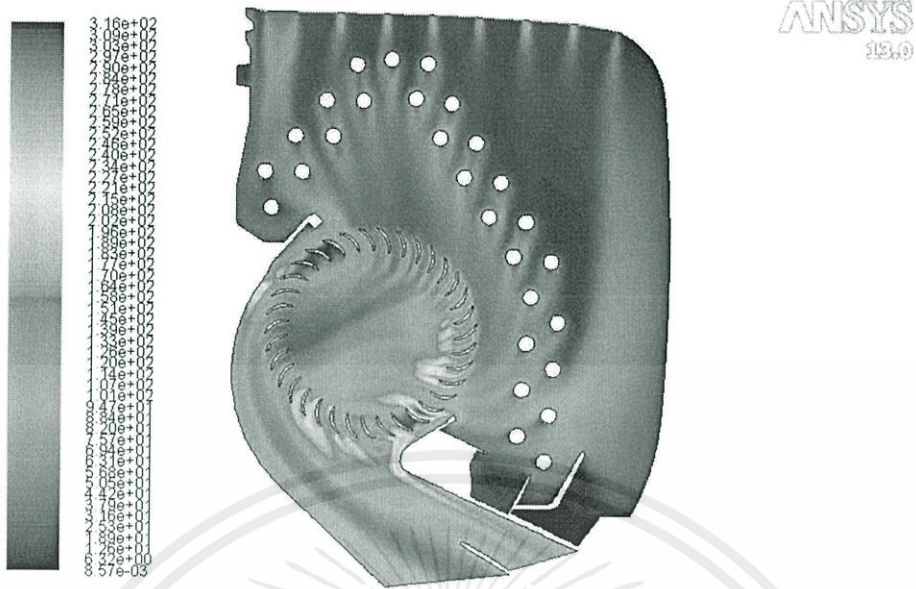


รูปที่ 4.129 แสดง Contours ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง



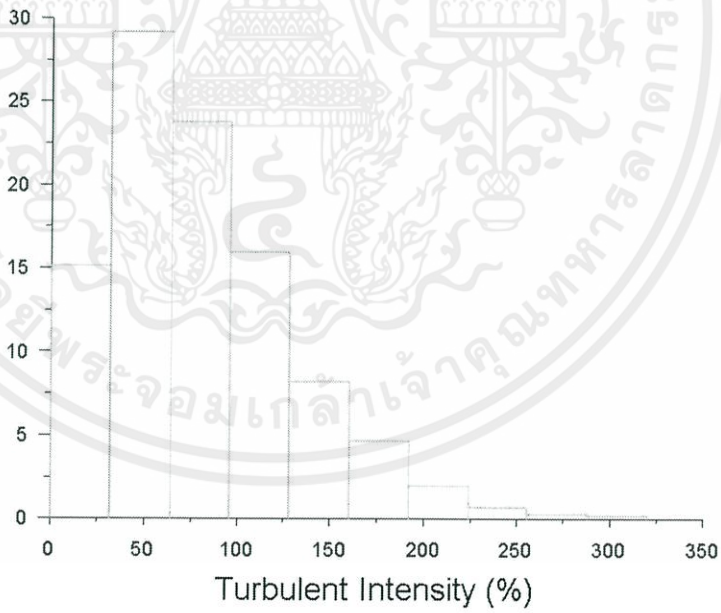
รูปที่ 4.130 แสดง Histogram ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าในรูปแบบใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของ ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)



Contours of Turbulent Intensity (%) Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

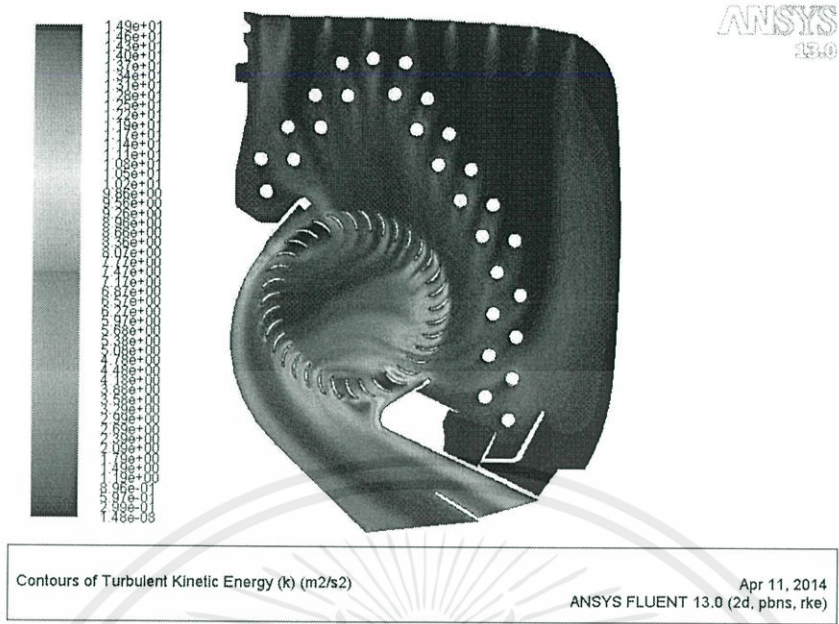
รูปที่ 4.131 แสดง Contours ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง



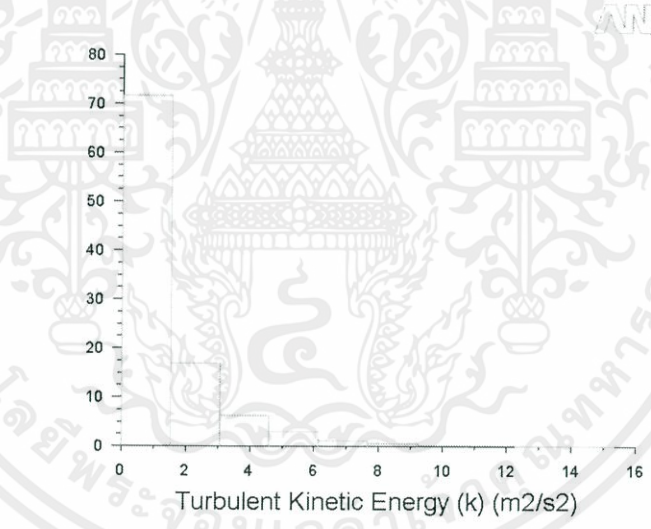
Histogram of Turbulent Intensity Mar 08, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.132 แสดง Histogram ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุยให้ไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.133 แสดง Contours ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

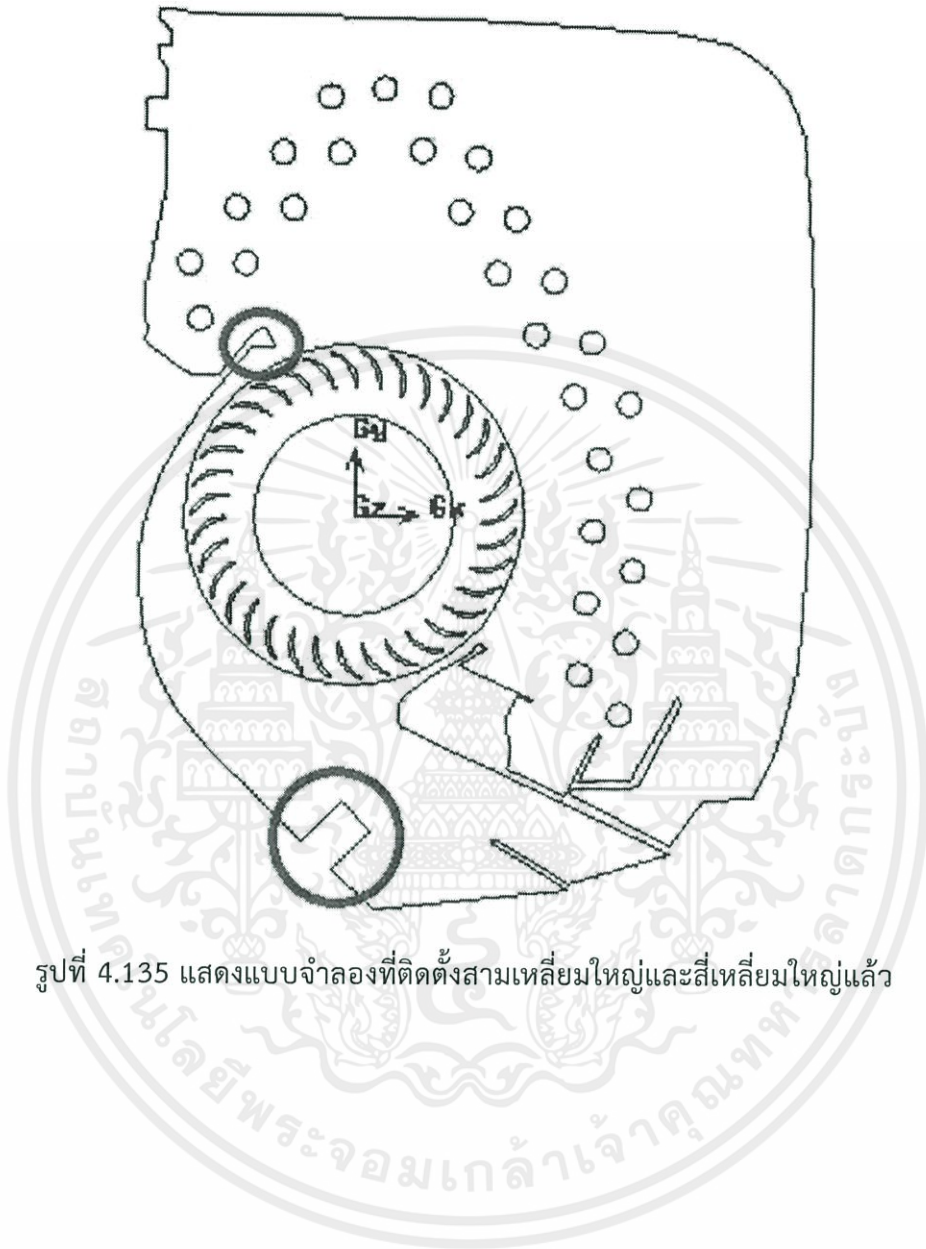


รูปที่ 4.134 แสดง Histogram ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

ตารางที่ 4.22 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 4 ที่ความเร็วรอบสูง

Static Pressure (Pa)	Total Pressure (Pa)	Velocity Magnitude (m/s)	Turbulent Intensity (%)	Turbulent Kinetic Energy ( $m^2/s^2$ )
-40.7090	-8.4755	6.2355	80.2978	1.5237

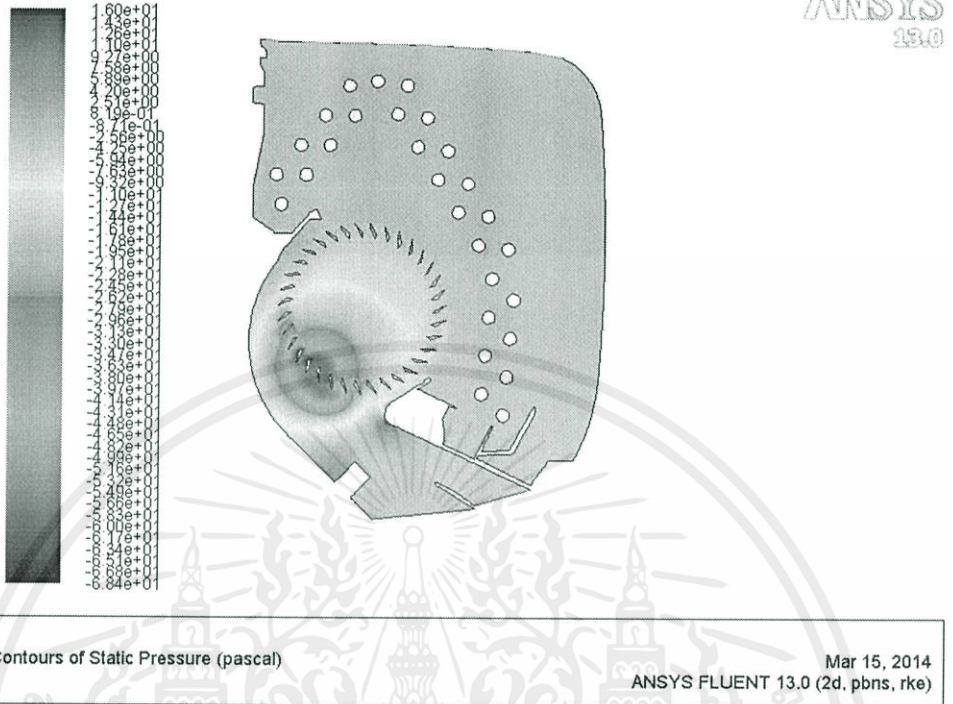
## 4.4.2.4 แบบที่ 5



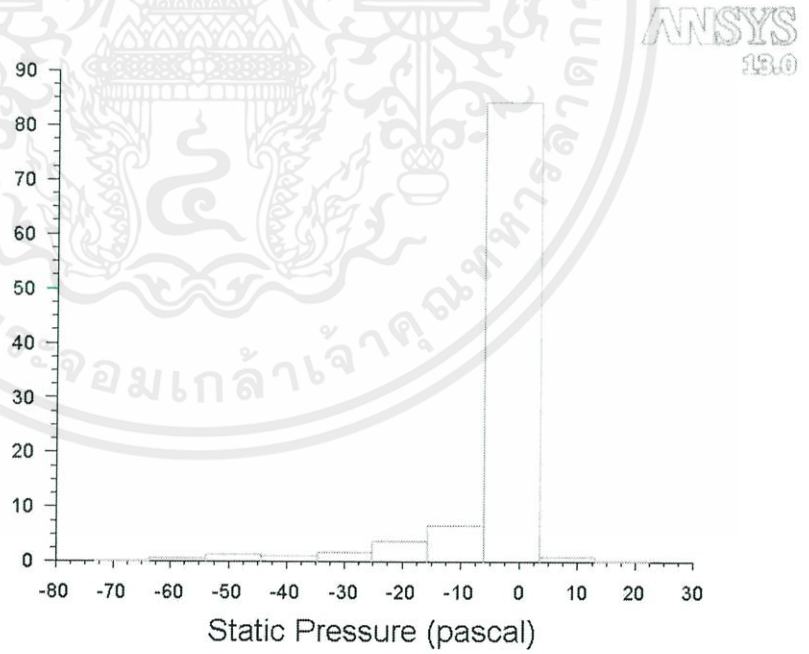
รูปที่ 4.135 แสดงแบบจำลองที่ติดตั้งสามเหลี่ยมใหญ่และสี่เหลี่ยมใหญ่แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2.4.1 แบบที่ 5 ที่ความเร็วรอบต่ำ (90.01 rad/s)

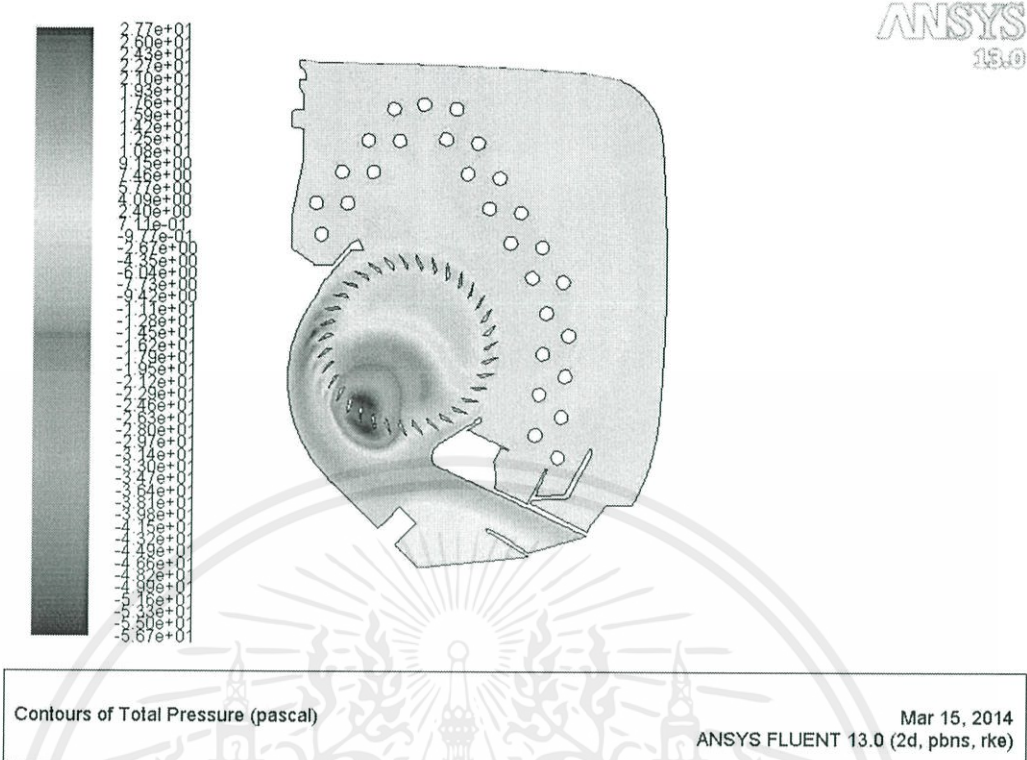


รูปที่ 4.136 แสดง Contours ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

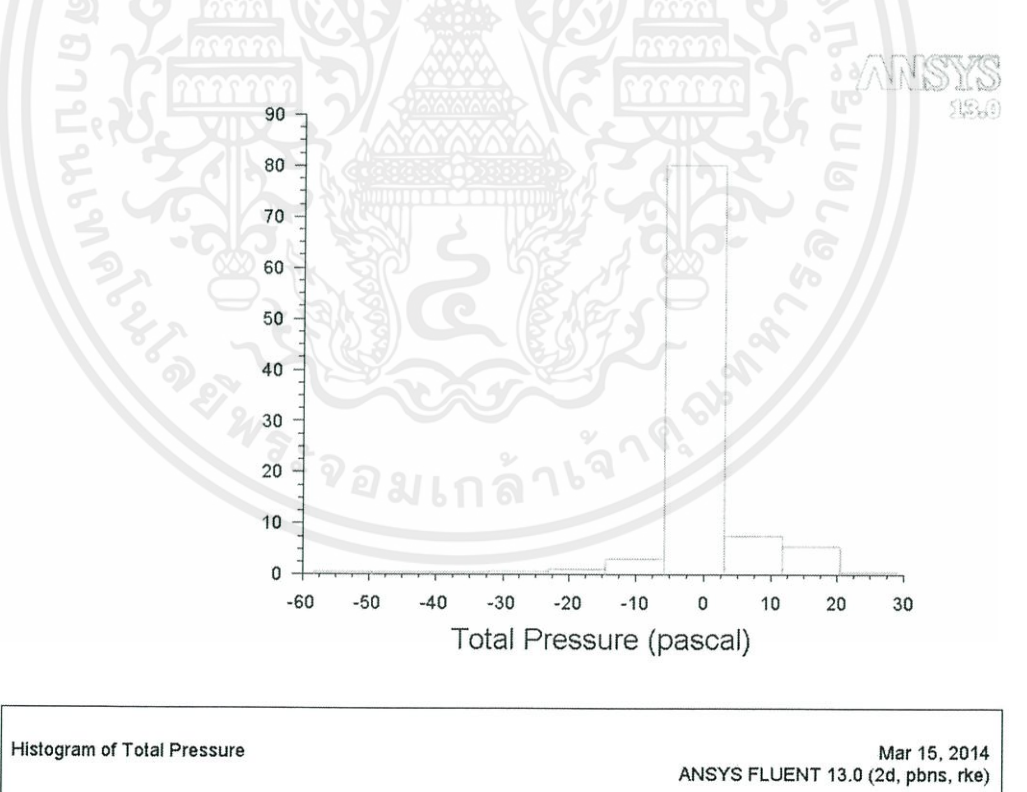


Histogram of Static Pressure  
Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.137 แสดง Histogram ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



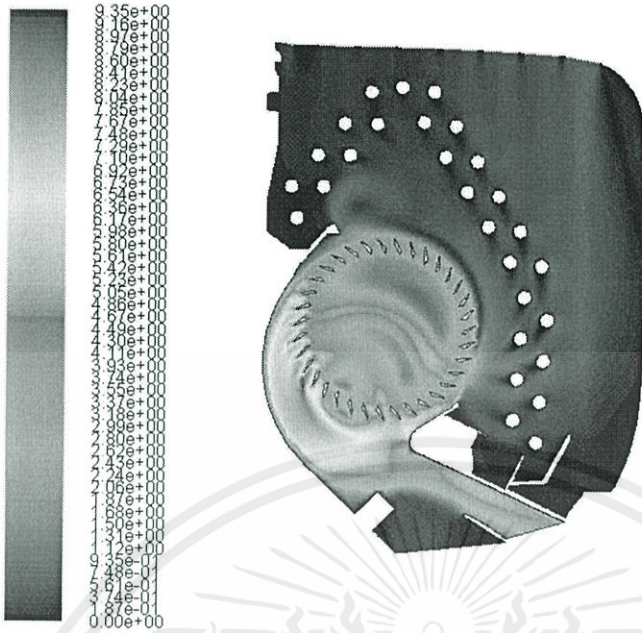
รูปที่ 4.138 แสดง Contours ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



รูปที่ 4.139 แสดง Histogram ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

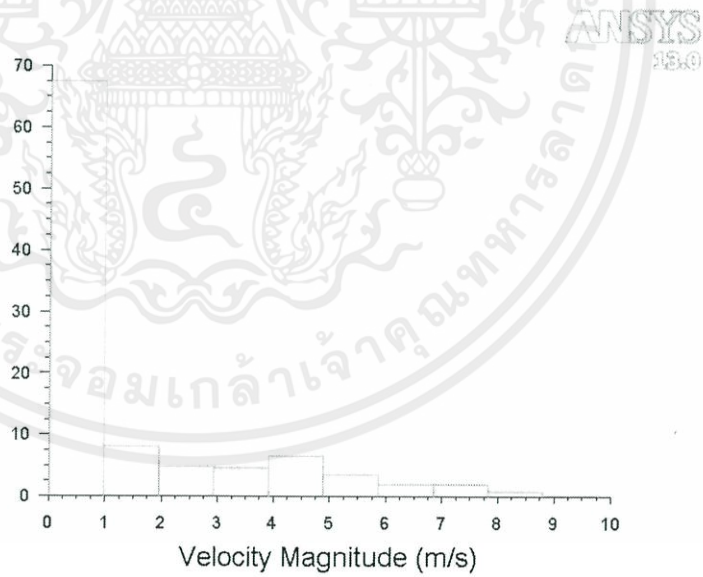
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเฉพาะเท่านั้น มิใช่เพื่อเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANSYS 13.0



Contours of Velocity Magnitude (m/s) Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.140 แสดง Contours ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

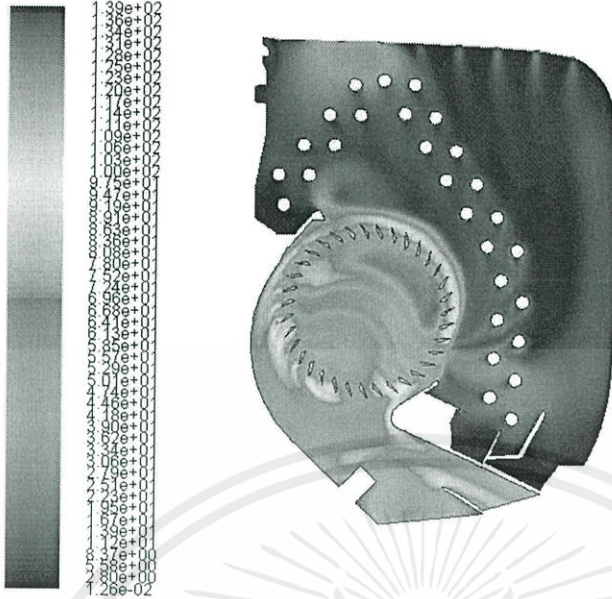


Histogram of Velocity Magnitude Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.141 แสดง Histogram ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น มิใช่ผู้เผยแพร่ให้มาใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรรมใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

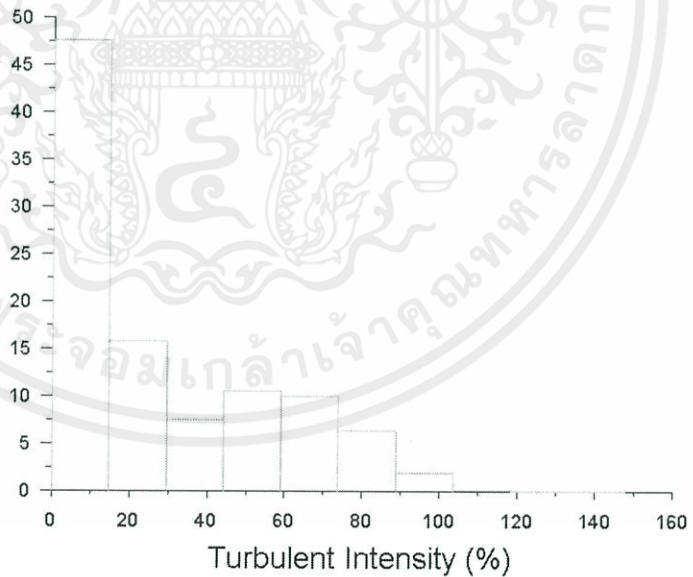
ANSYS  
13.0



Contours of Turbulent Intensity (%) Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.142 แสดง Contours ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

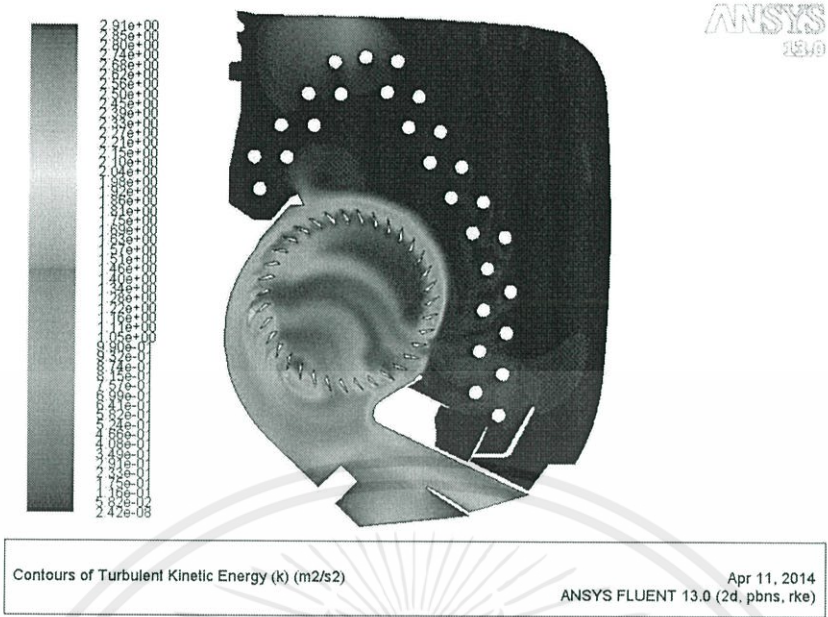
ANSYS  
13.0



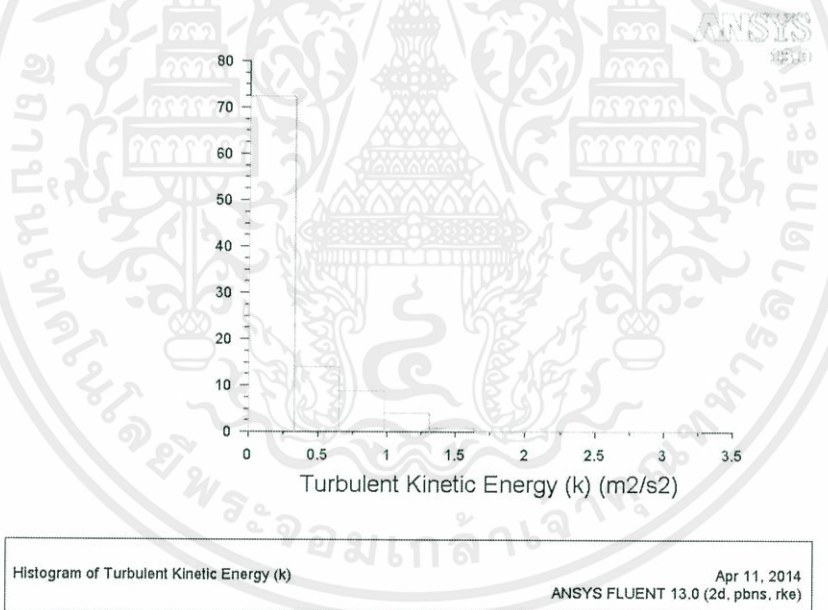
Histogram of Turbulent Intensity Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.143 แสดง Histogram ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับครูใช้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่าในรูปแบบใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.144 แสดง Contours ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

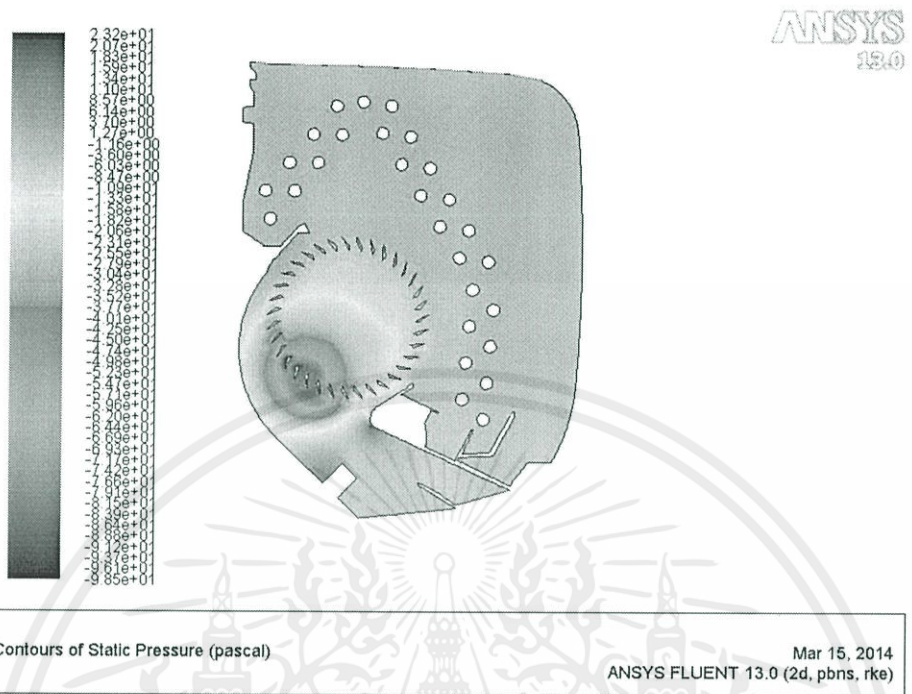


รูปที่ 4.145 แสดง Histogram ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

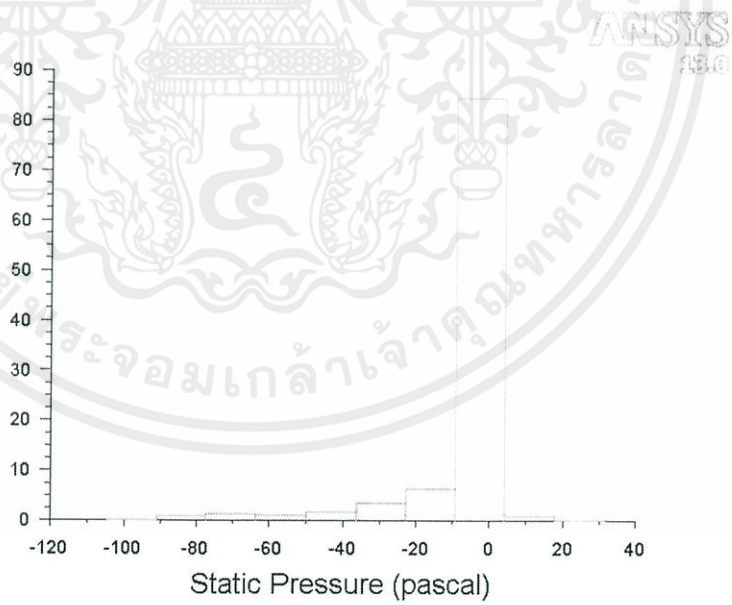
ตารางที่ 4.23 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 5 ที่ความเร็วรอบต่ำ

Static Pressure (Pa)	Total Pressure (Pa)	Velocity Magnitude (m/s)	Turbulent Intensity (%)	Turbulent Kinetic Energy (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )
-4.5276	-0.8353	1.5529	29.2138	0.3188

4.4.2.4.2 แบบที่ 5 ที่ความเร็วรอบปานกลาง (108.33 rad/s)



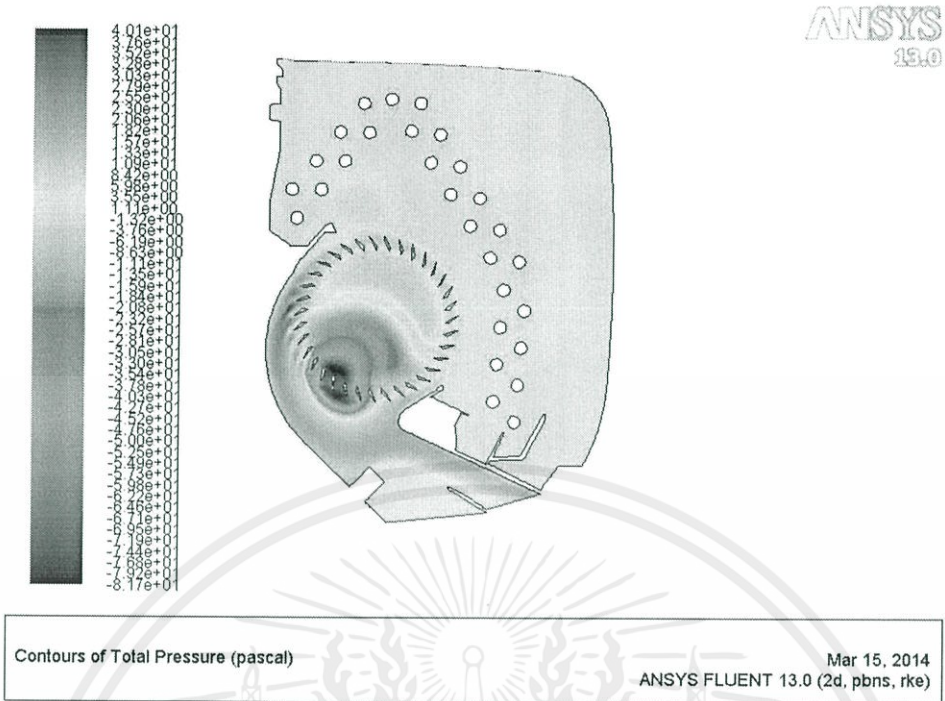
รูปที่ 4.146 แสดง Contours ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง



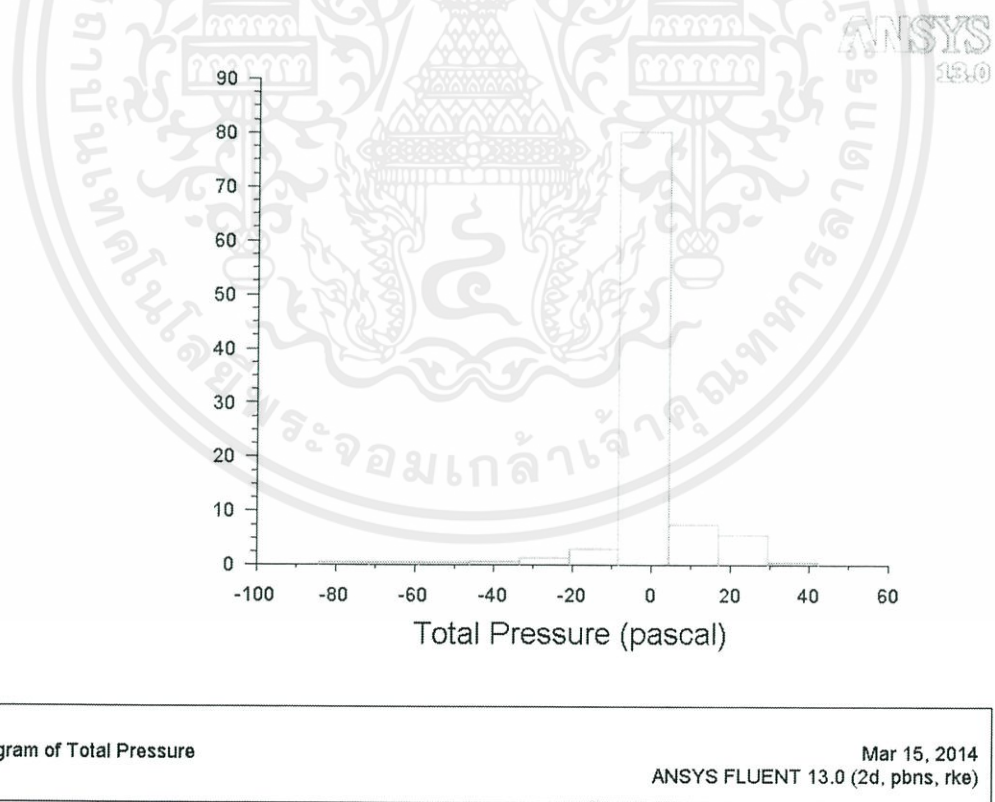
Histogram of Static Pressure  
Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.147 แสดง Histogram ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการเรียนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือใช้ขึ้นด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

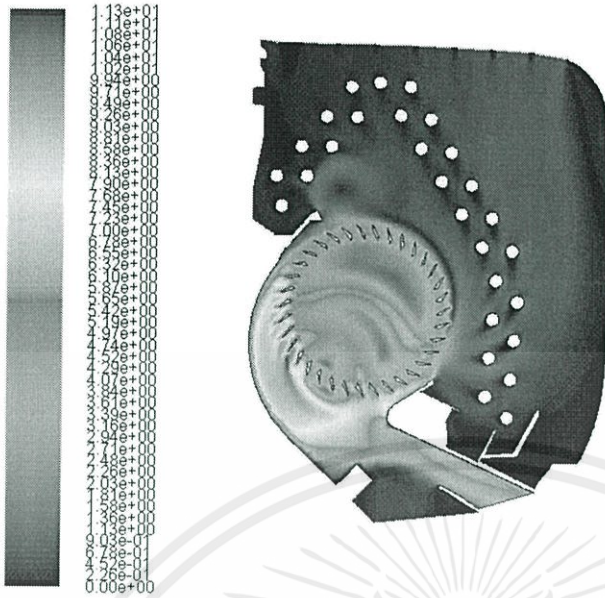


รูปที่ 4.148 แสดง Contours ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง



เอกสารรูปที่ 4.149 แสดง Histogram ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

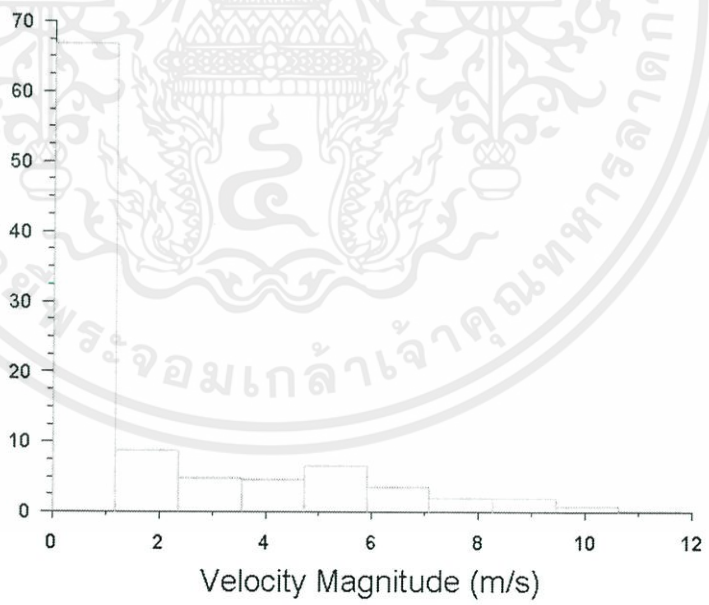
ANSYS  
13.0



Contours of Velocity Magnitude (m/s) Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.150 แสดง Contours ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

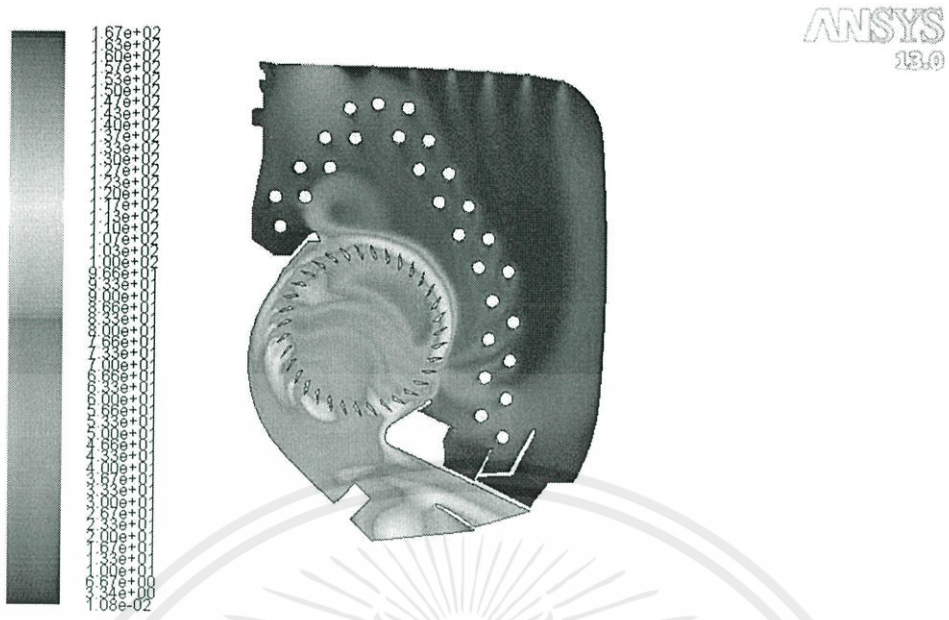
ANSYS  
13.0



Histogram of Velocity Magnitude Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

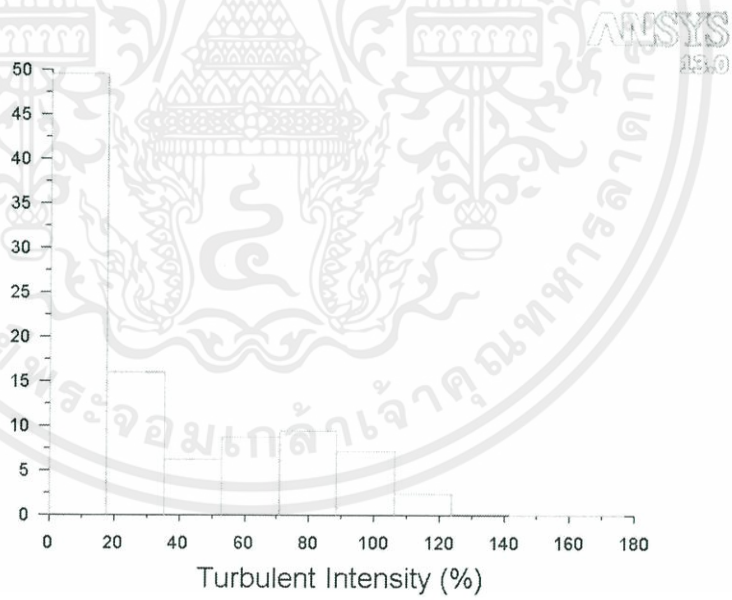
รูปที่ 4.151 แสดง Histogram ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต การค้า  
ไม่ว่าในรูปแบบใดก็ตาม กรุณาติดต่อผู้พิมพ์และเจ้าของลิขสิทธิ์เพื่อขออนุญาตทำซ้ำ



Contours of Turbulent Intensity (%) Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

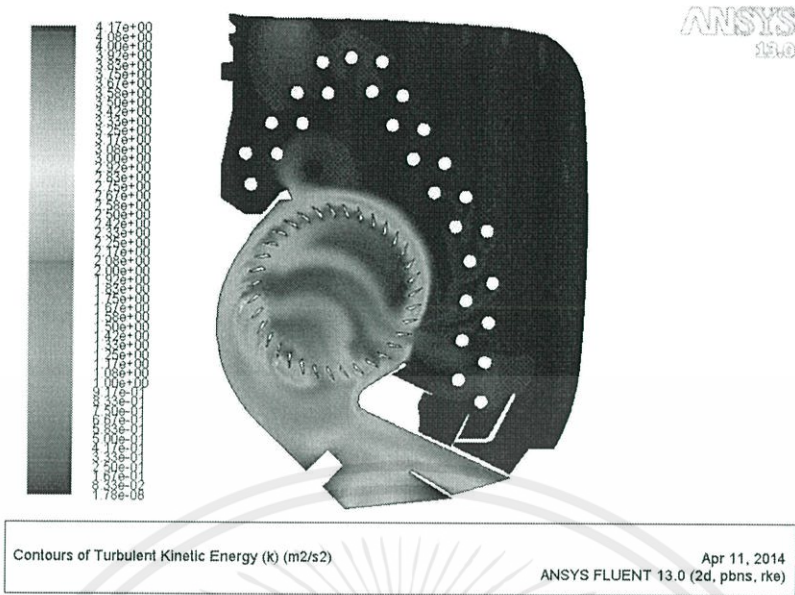
รูปที่ 4.152 แสดง Contours ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง



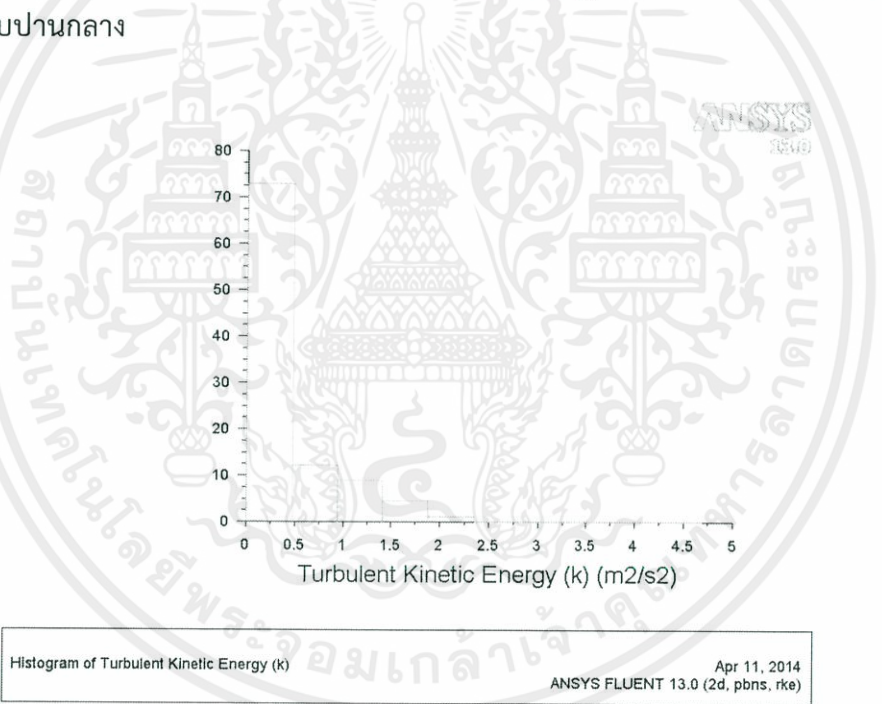
Histogram of Turbulent Intensity Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.153 แสดง Histogram ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.154 แสดง Contours ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

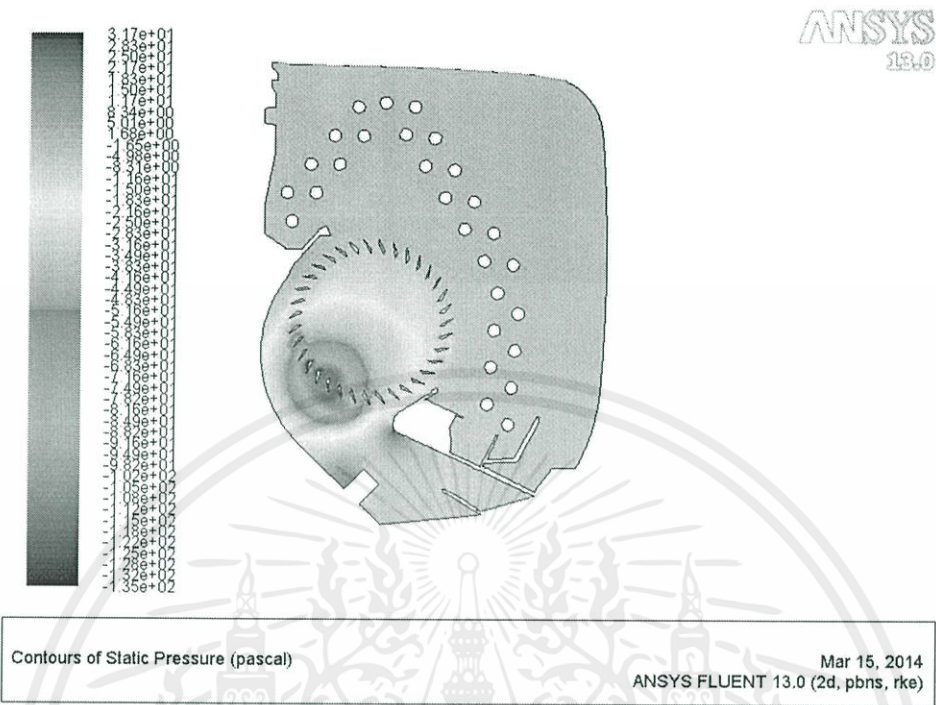


รูปที่ 4.155 แสดง Histogram ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

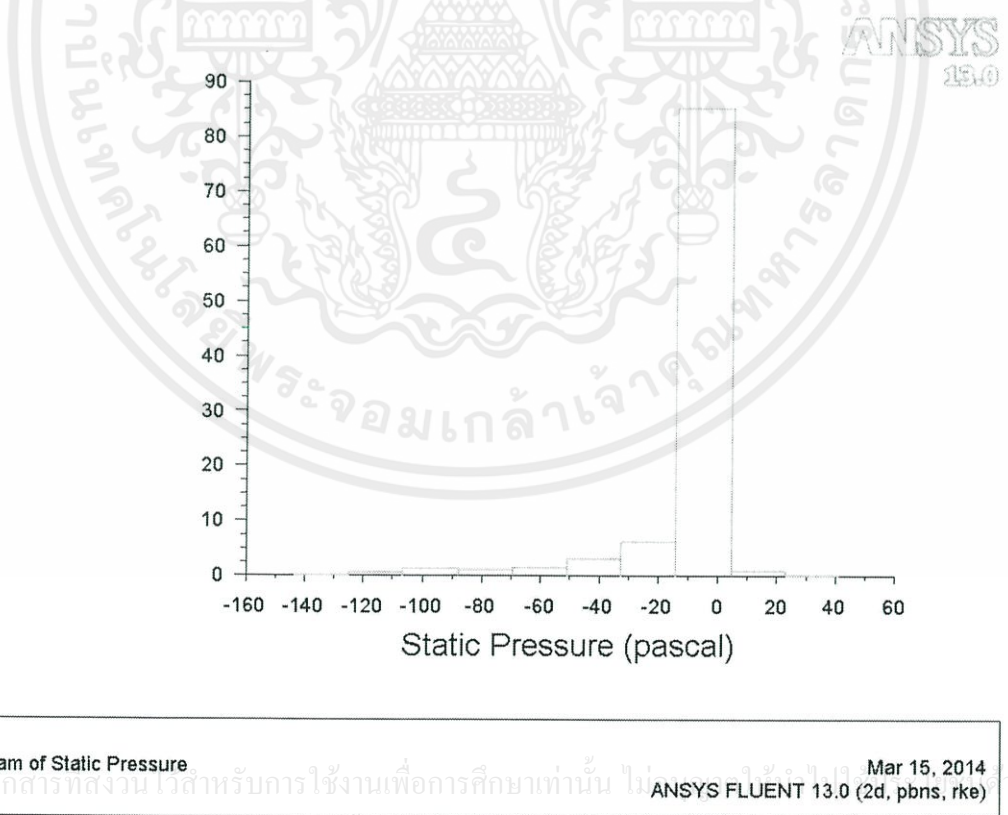
ตารางที่ 4.24 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 5 ที่ความเร็วรอบปานกลาง

Static Pressure (Pa)	Total Pressure (Pa)	Velocity Magnitude (m/s)	Turbulent Intensity (%)	Turbulent Kinetic Energy ( $m^2/s^2$ )
-7.03672	-1.34391	1.8818	34.5117	0.466

4.4.2.4.3 แบบที่ 5 ที่ความเร็วรอบสูง (126.65 rad/s)

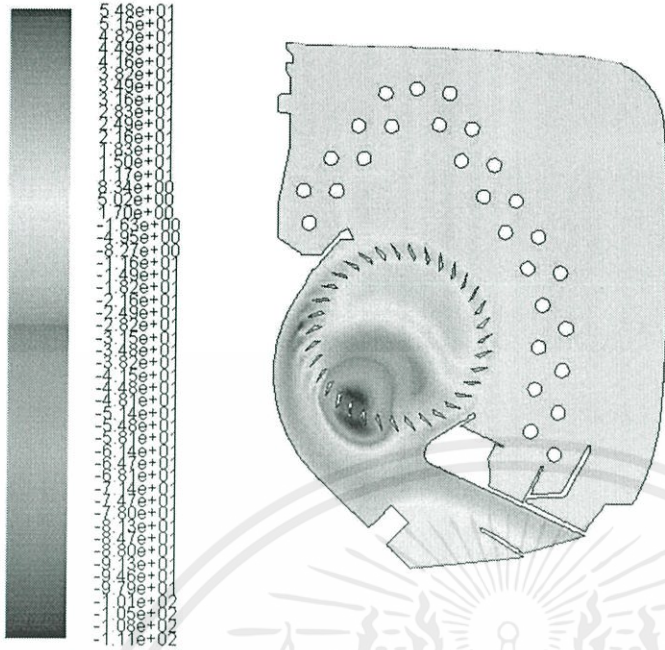


รูปที่ 4.156 แสดง Contours ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง



รูปที่ 4.157 แสดง Histogram ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

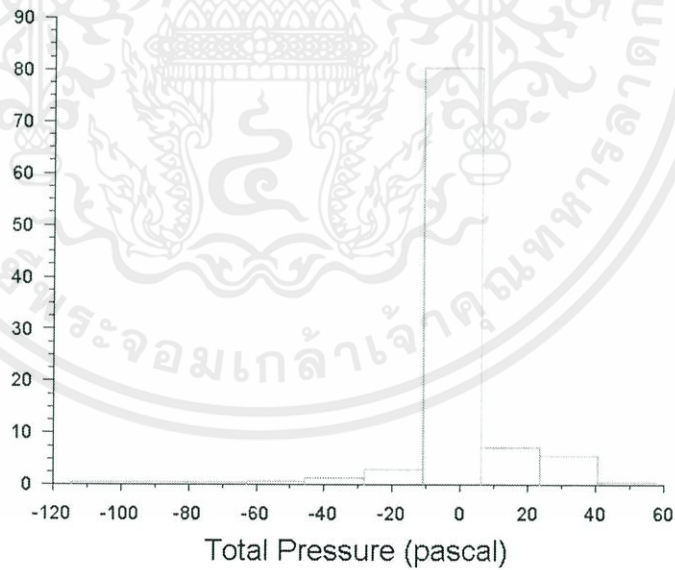
ANSYS  
13.0



Contours of Total Pressure (pascal) Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.158 แสดง Contours ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

ANSYS  
13.0



Histogram of Total Pressure Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

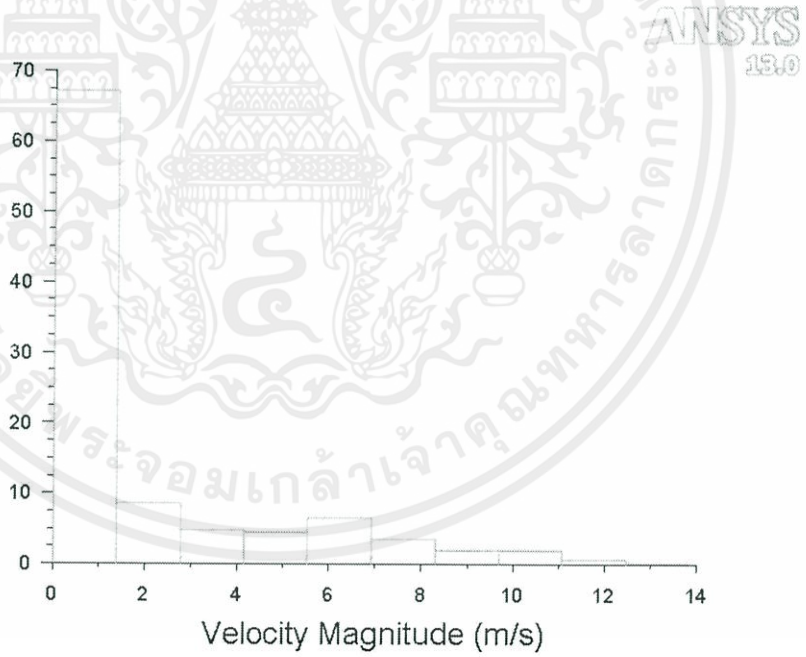
รูปที่ 4.159 แสดง Histogram ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของบริษัทผู้จัดทำเอกสารฉบับนี้ และขอสงวนสิทธิ์ในสิ่งที่ปรากฏในเอกสารฉบับนี้ การนำเอกสารฉบับนี้ไปใช้ในการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Velocity Magnitude (m/s) Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

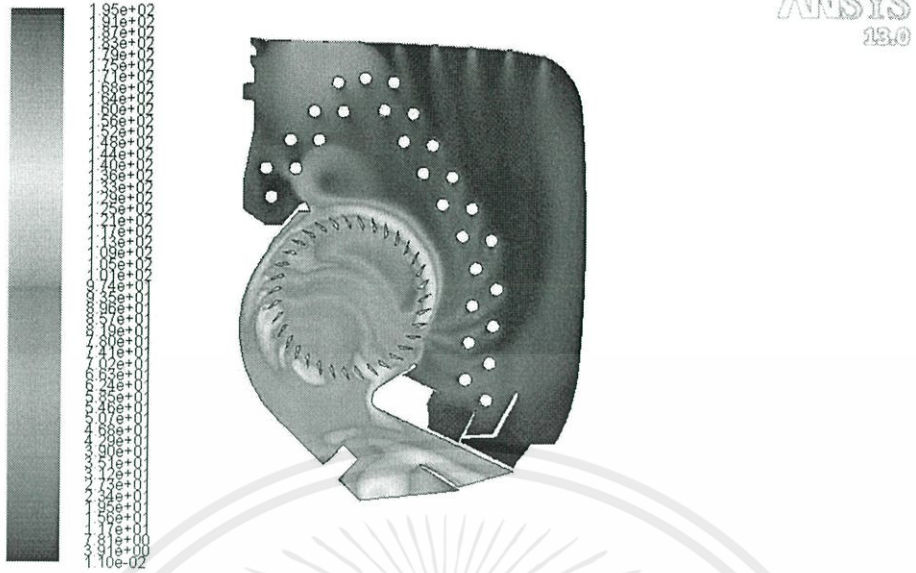
รูปที่ 4.160 แสดง Contours ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง



Histogram of Velocity Magnitude Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

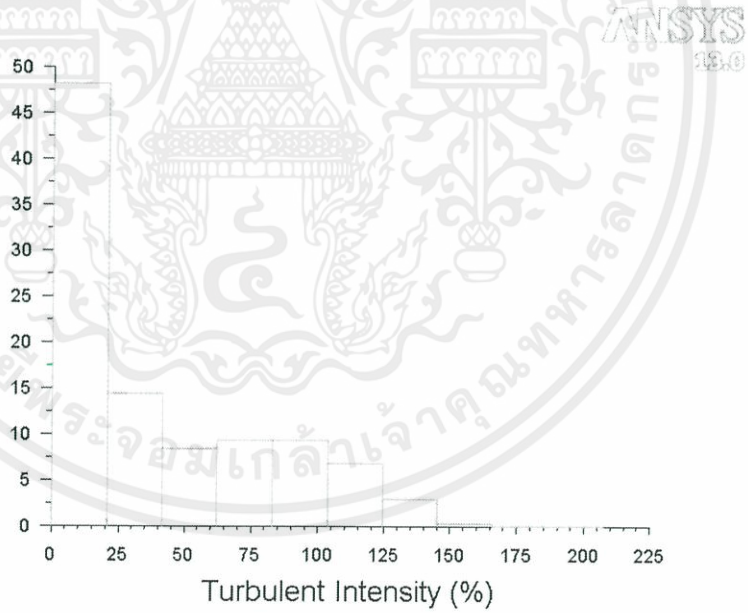
รูปที่ 4.161 แสดง Histogram ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

ไม่ว่ากรรมใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Turbulent Intensity (%) Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.162 แสดง Contours ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง



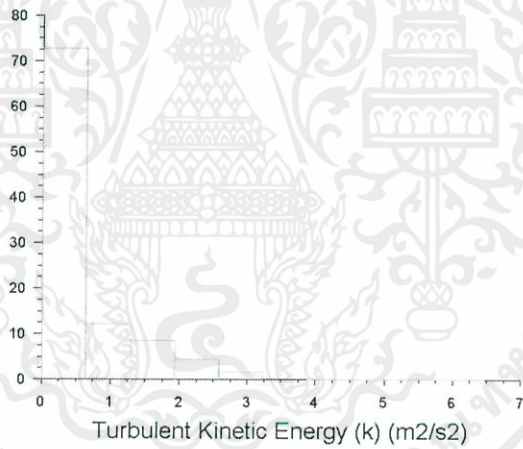
Histogram of Turbulent Intensity Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.163 แสดง Histogram ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Turbulent Kinetic Energy (k) (m2/s2) Apr 11, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.164 แสดง Contours ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง



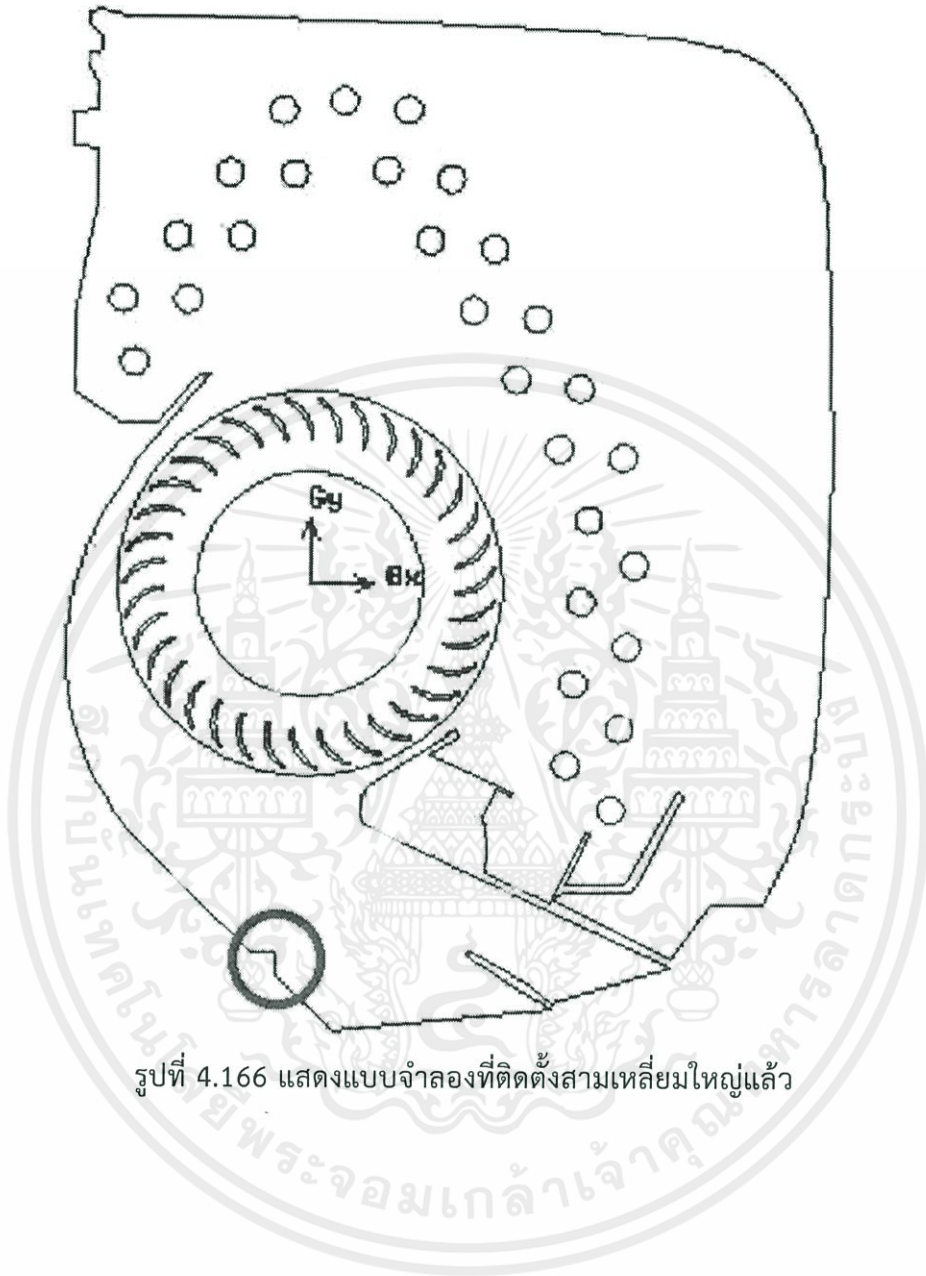
Histogram of Turbulent Kinetic Energy (k) Apr 11, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.165 แสดง Histogram ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

ตารางที่ 4.25 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 5 ที่ความเร็วรอบสูง

Static Pressure (Pa)	Total Pressure (Pa)	Velocity Magnitude (m/s)	Turbulent Intensity (%)	Turbulent Kinetic Energy (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )
-10.5697	-1.6374	2.1956	41.8462	0.6542

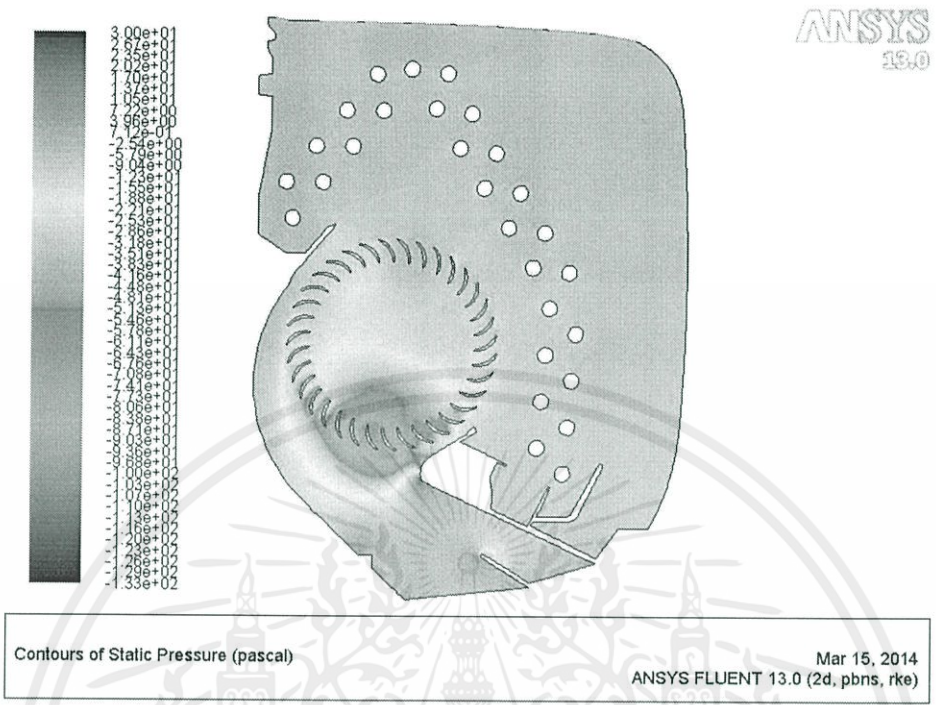
## 4.4.2.5 แบบที่ 6



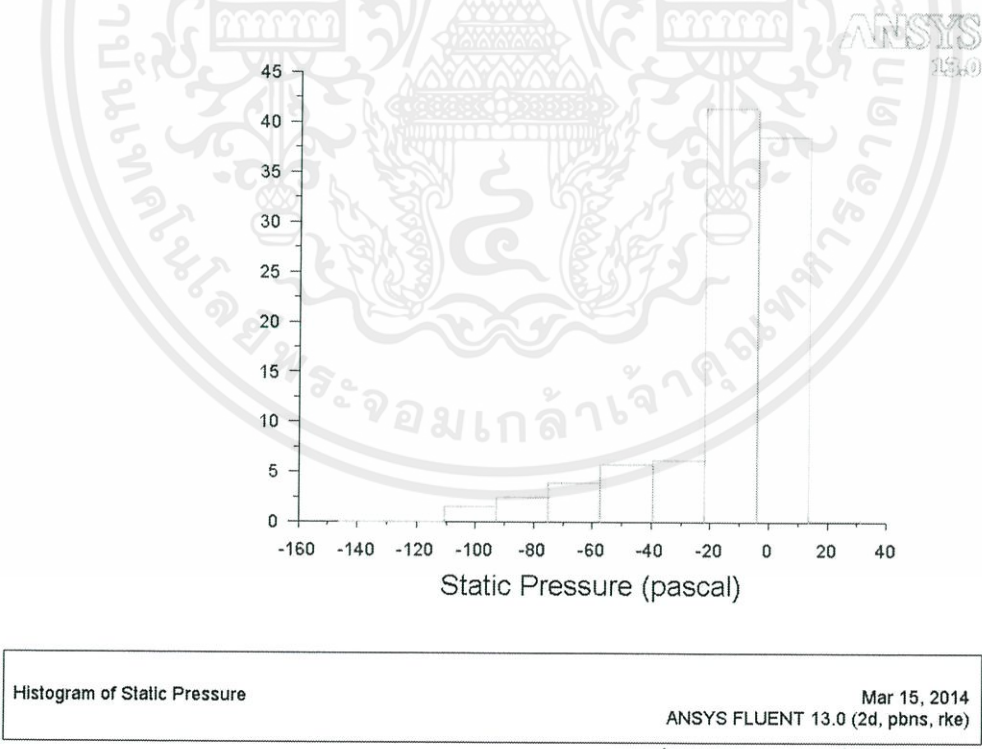
รูปที่ 4.166 แสดงแบบจำลองที่ติดตั้งสามเหลี่ยมใหญ่แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2.5.1 แบบที่ 5 ที่ความเร็วรอบต่ำ (90.01 rad/s)

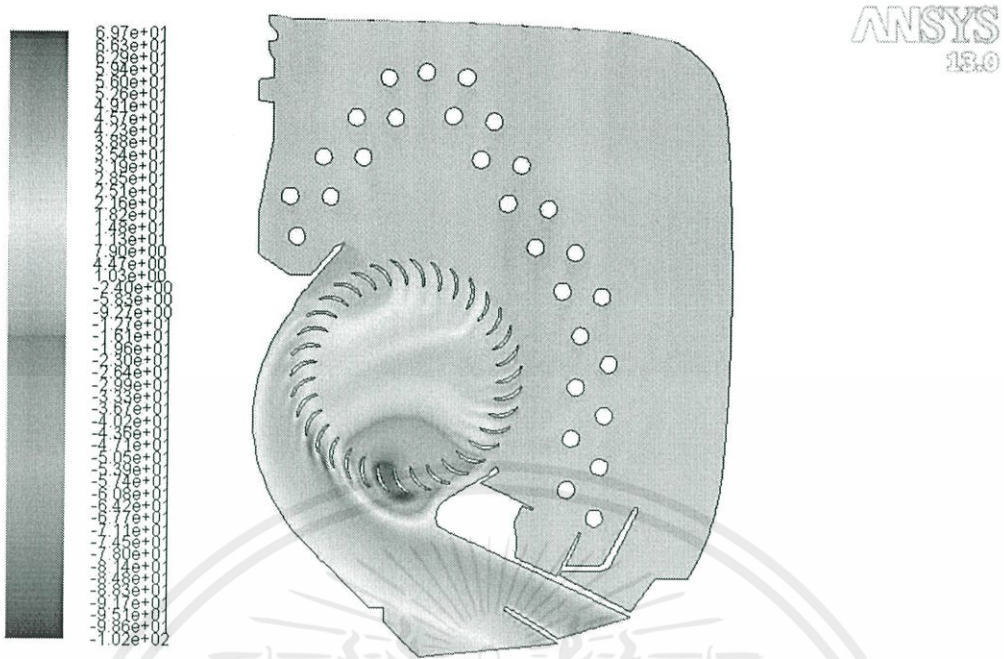


รูปที่ 4.167 แสดง Contours ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



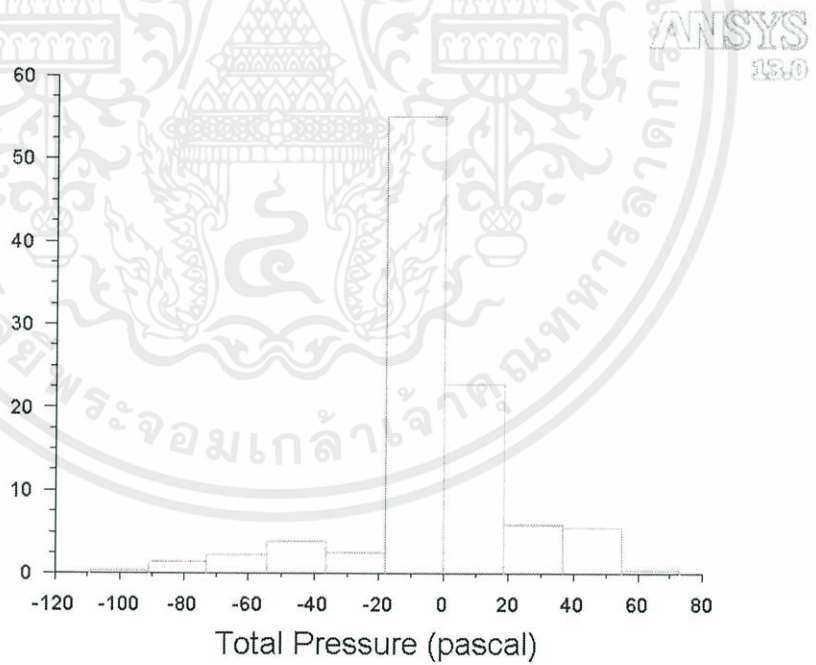
รูปที่ 4.168 แสดง Histogram ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น มิใช่ผู้จัดทำขึ้นหรือได้รับการชำระค่า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



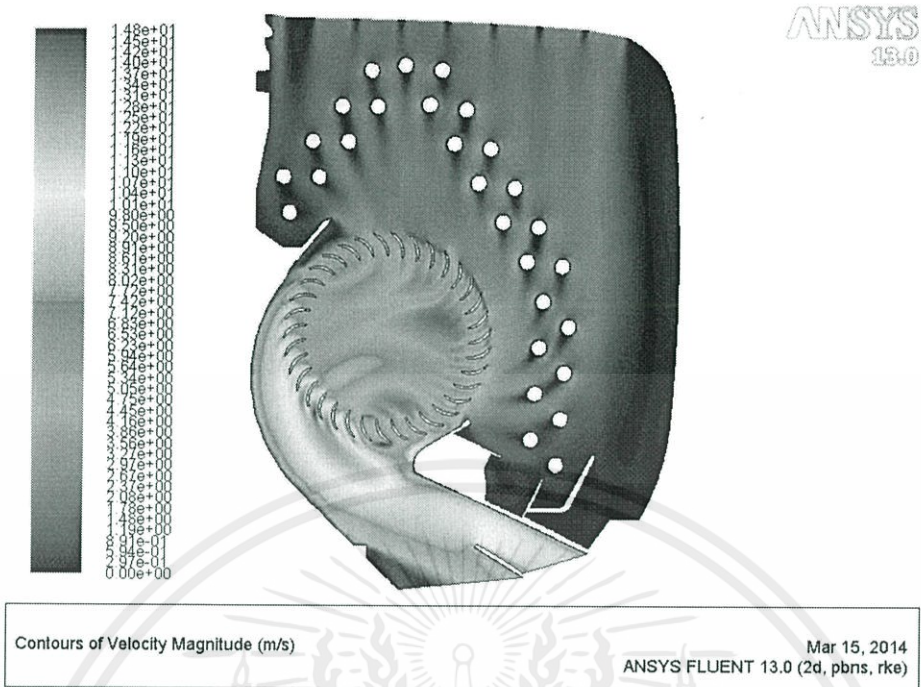
Contours of Total Pressure (pascal) Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.169 แสดง Contours ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

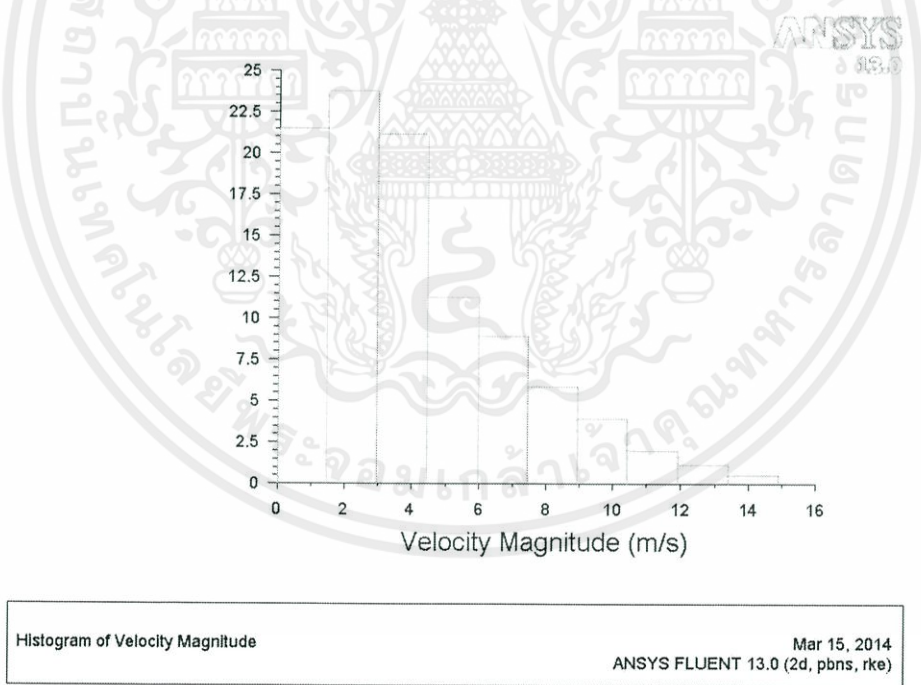


Histogram of Total Pressure Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.170 แสดง Histogram ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

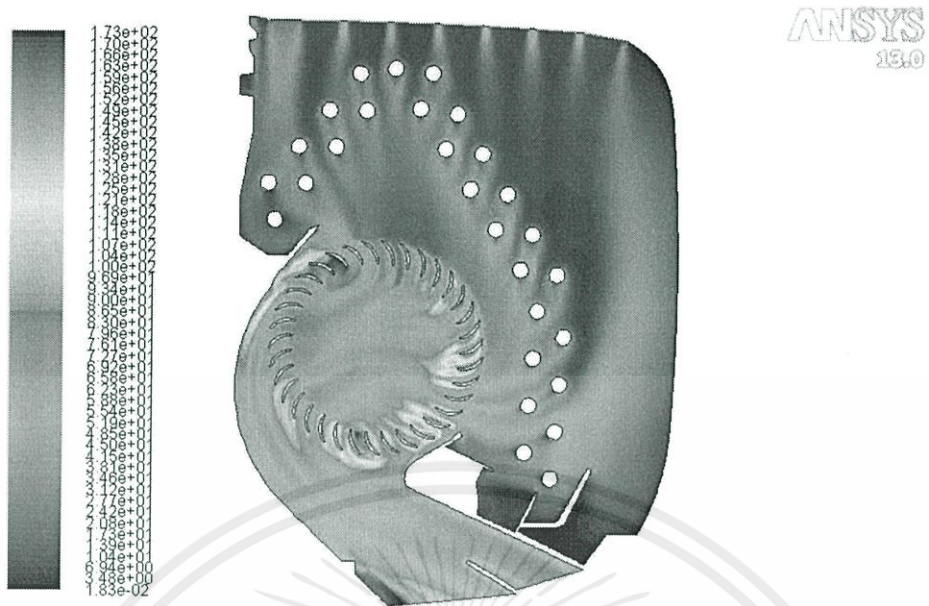


รูปที่ 4.171 แสดง Contours ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



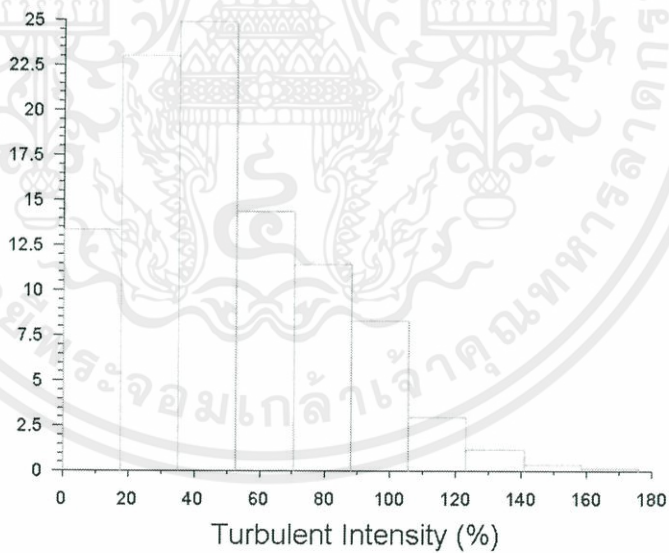
รูปที่ 4.172 แสดง Histogram ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



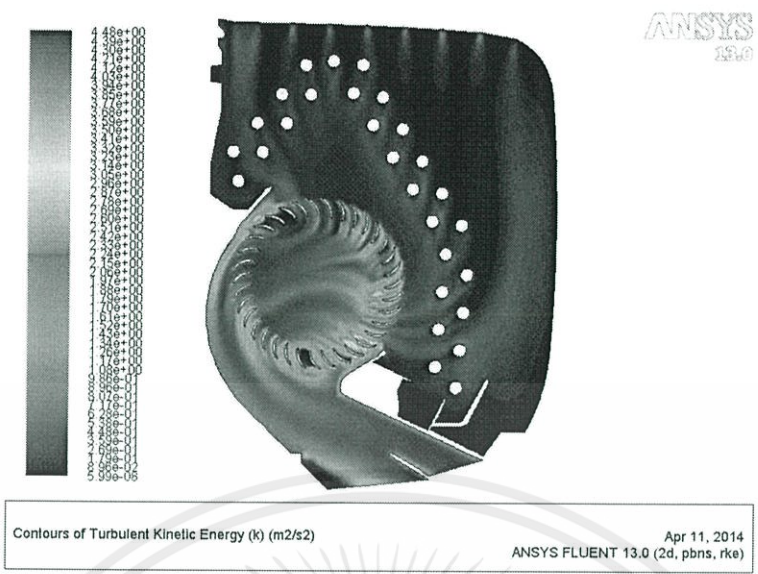
Contours of Turbulent Intensity (%) Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.173 แสดง Contours ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

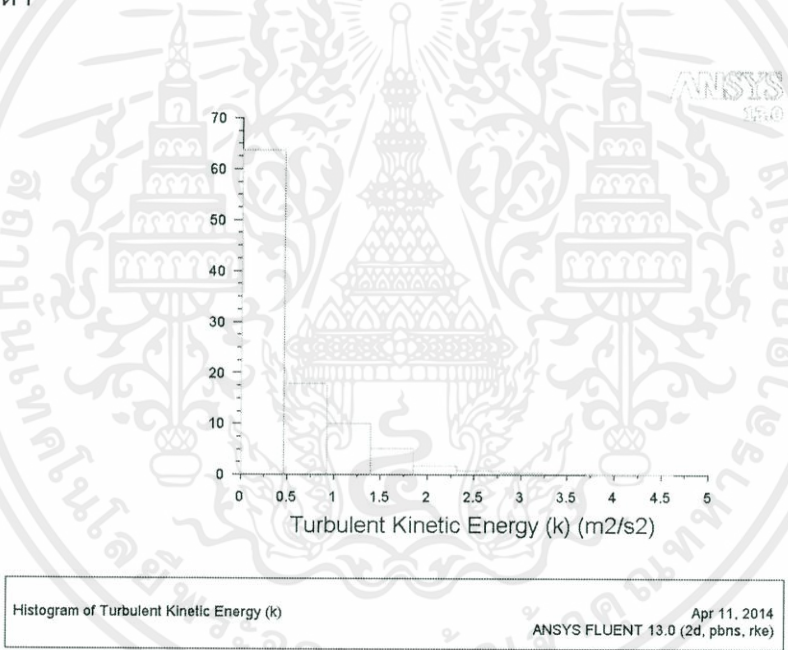


Histogram of Turbulent Intensity Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.174 แสดง Histogram ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วเอกสารรอบต่ำเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.175 แสดง Contours ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



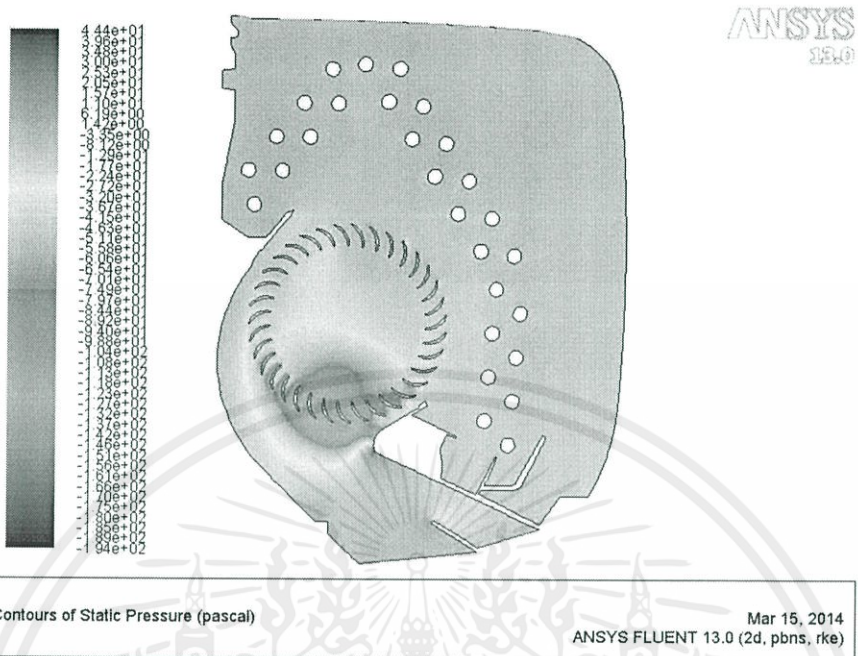
รูปที่ 4.176 แสดง Histogram ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

ตารางที่ 4.26 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 6 ที่ความเร็วรอบต่ำ

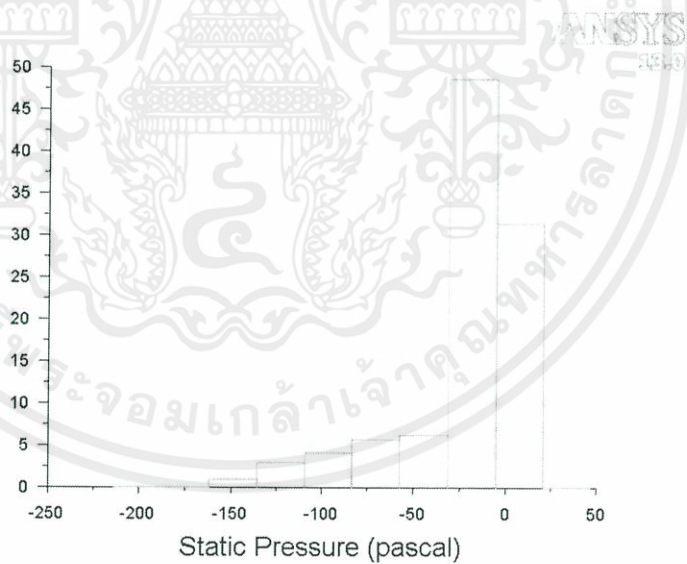
Static Pressure (Pa)	Total Pressure (Pa)	Velocity Magnitude (m/s)	Turbulent Intensity (%)	Turbulent Kinetic Energy (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )
14.5175	-3.8122	3.9621	49.8638	0.553

เอกสารนี้เป็นที่สงวนไว้-3.8122การใช้งานเพื่อ3.9621ษาเท่านั้น 49.8638 ให้ไปใช้0.553ขนค้ำการค้ำ  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2.5.2 แบบที่ 6 ที่ความเร็วรอบปานกลาง (108.33 rad/s)

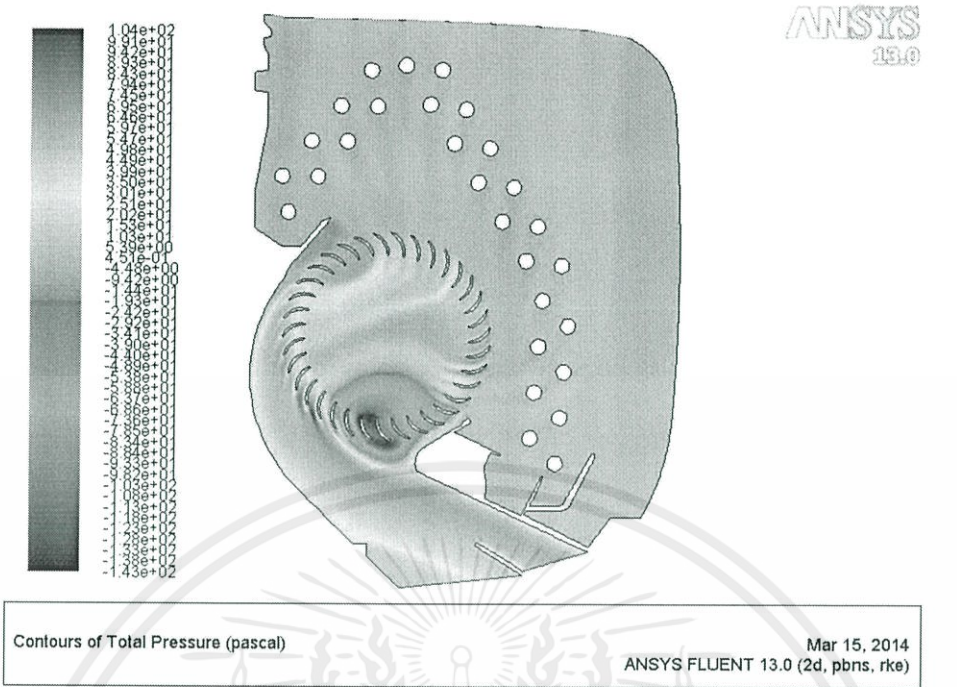


รูปที่ 4.177 แสดง Contours ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

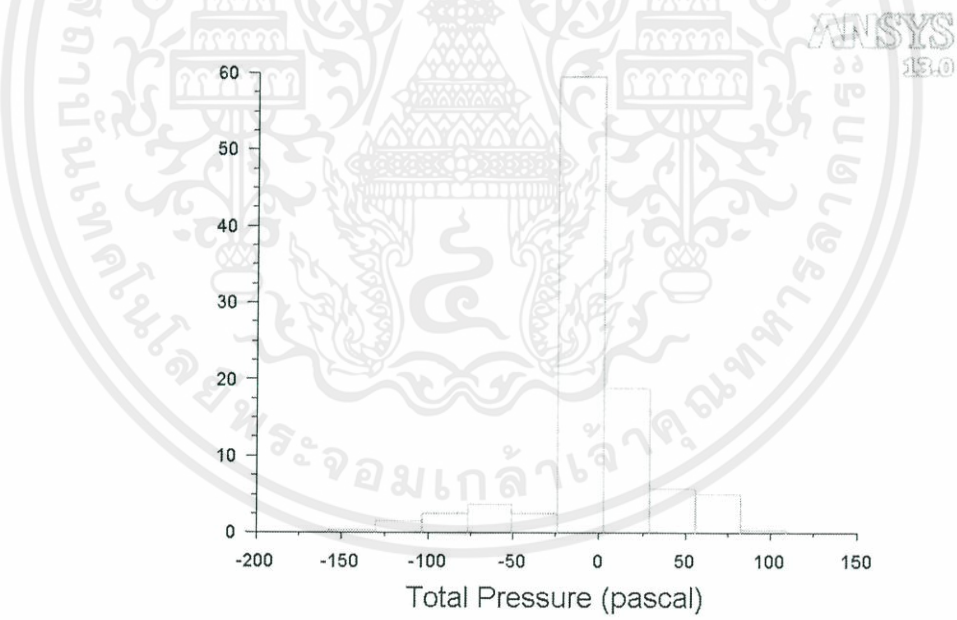


รูปที่ 4.178 แสดง Histogram ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.179 แสดง Contours ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง



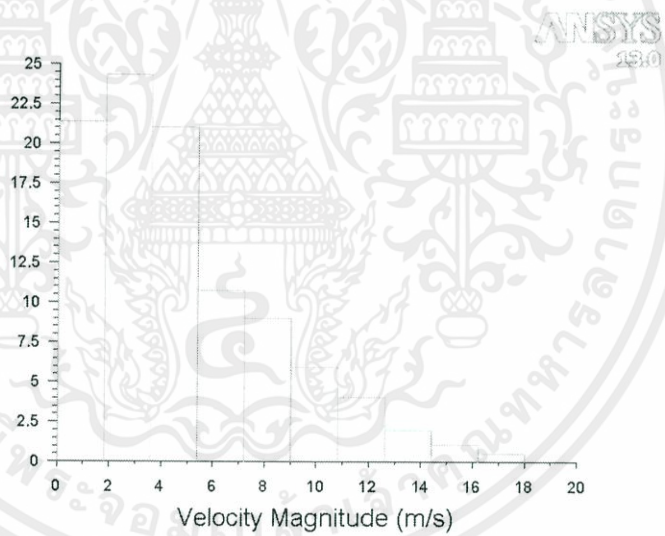
รูปที่ 4.180 แสดง Histogram ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Velocity Magnitude (m/s) Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

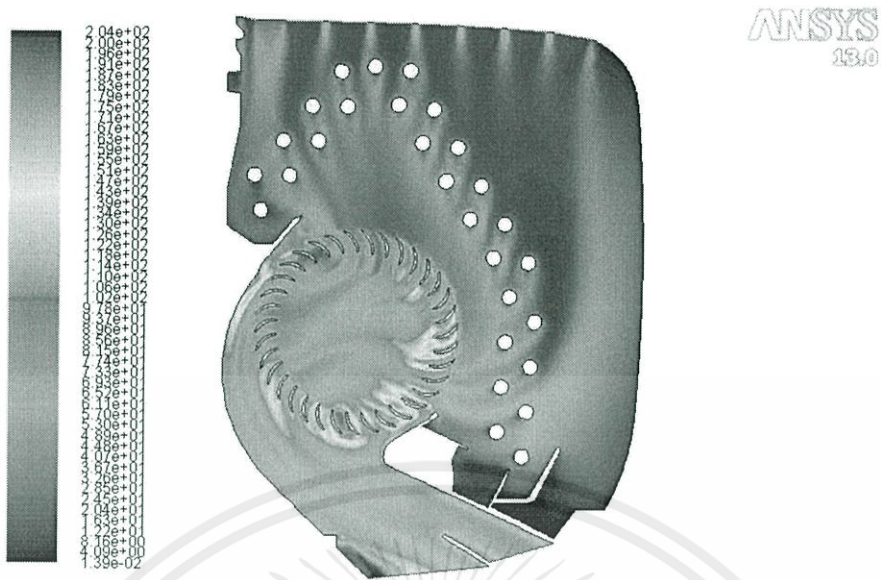
รูปที่ 4.181 แสดง Contours ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง



Histogram of Velocity Magnitude Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

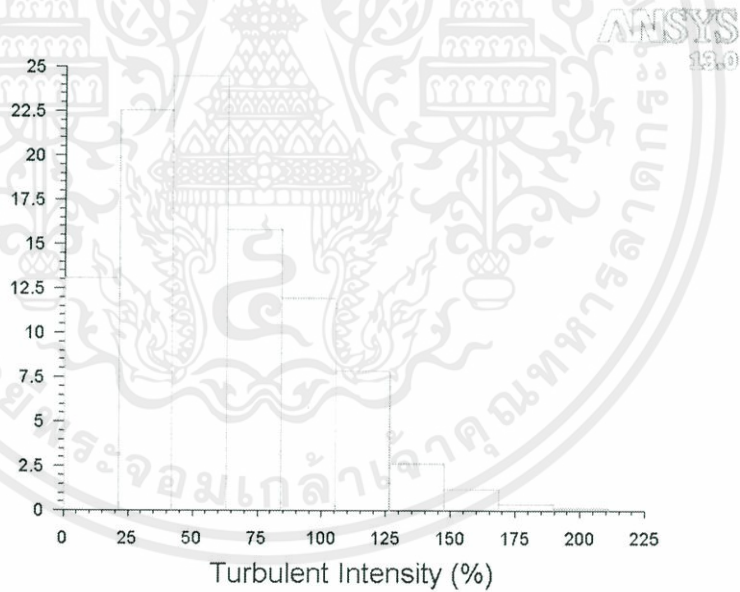
รูปที่ 4.182 แสดง Histogram ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Turbulent Intensity (%) Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.183 แสดง Contours ของ Turbulent intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง



Histogram of Turbulent Intensity Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

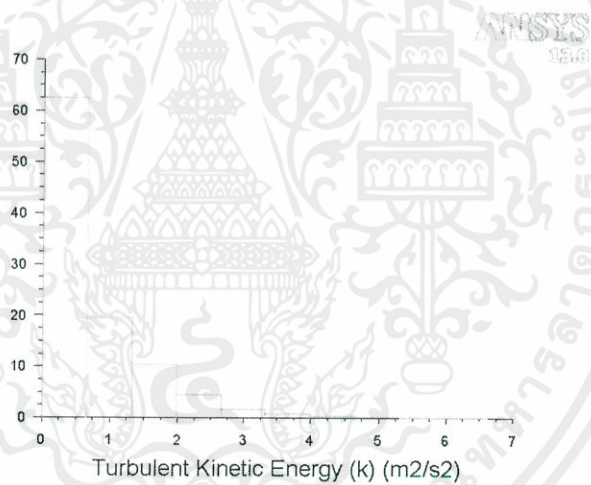
รูปที่ 4.184 แสดง Histogram ของ Turbulent intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Turbulent Kinetic Energy (k) (m2/s2) Apr 11, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.185 แสดง Contours ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง



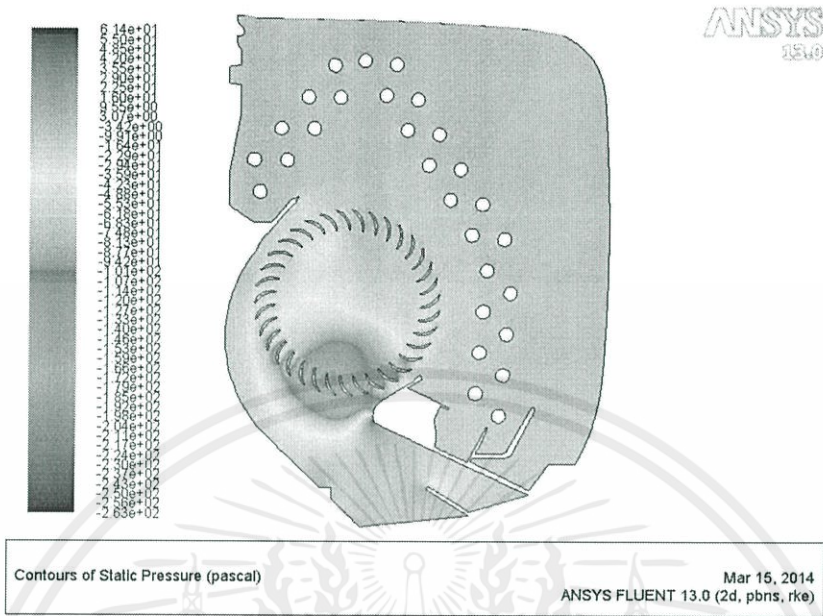
Histogram of Turbulent Kinetic Energy (k) Apr 11, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.186 แสดง Histogram ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

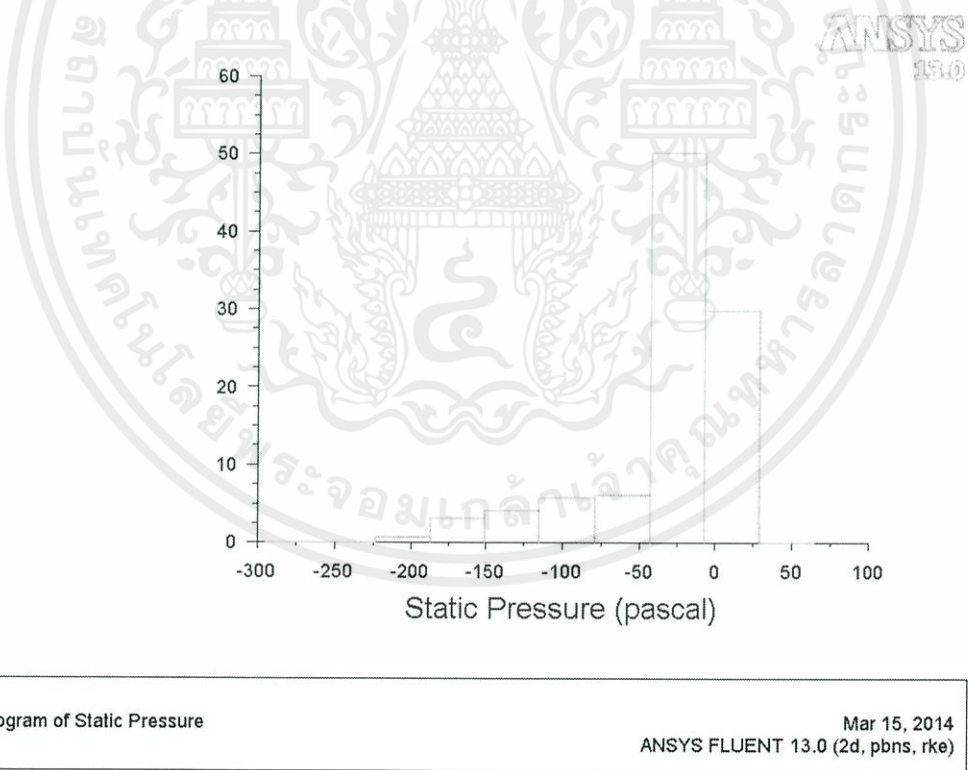
ตารางที่ 4.27 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 6 ที่ความเร็วรอบปานกลาง

Static Pressure (Pa)	Total Pressure (Pa)	Velocity Magnitude (m/s)	Turbulent Intensity (%)	Turbulent Kinetic Energy (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )
-22.4446	-4.8389	4.7918	59.8658	0.79

4.4.2.5.3 แบบที่ 6 ที่ความเร็วรอบสูง (126.65 rad/s)

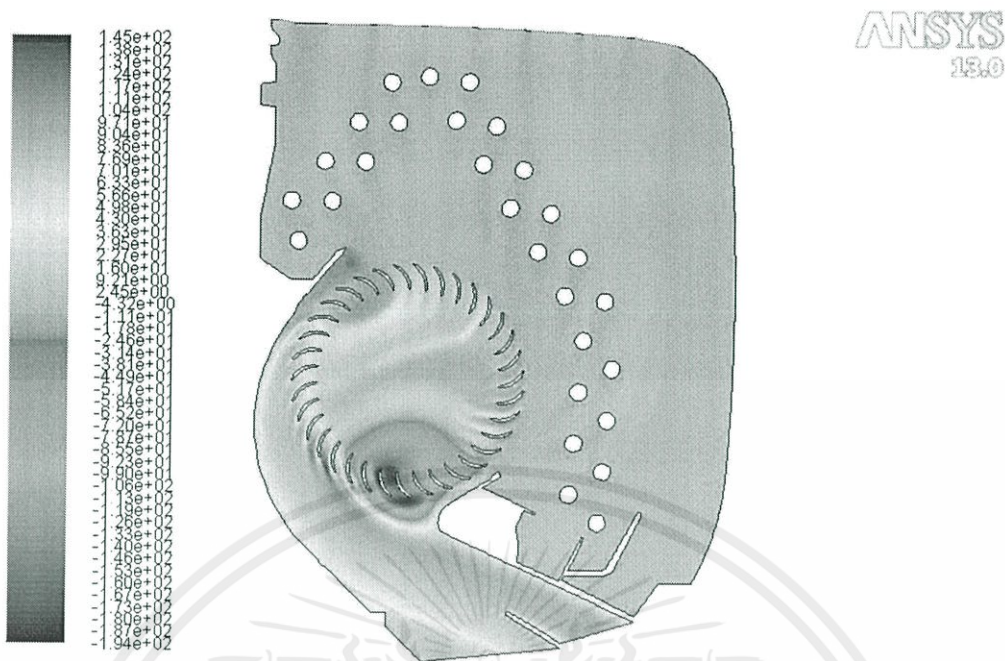


รูปที่ 4.187 แสดง Contours ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง



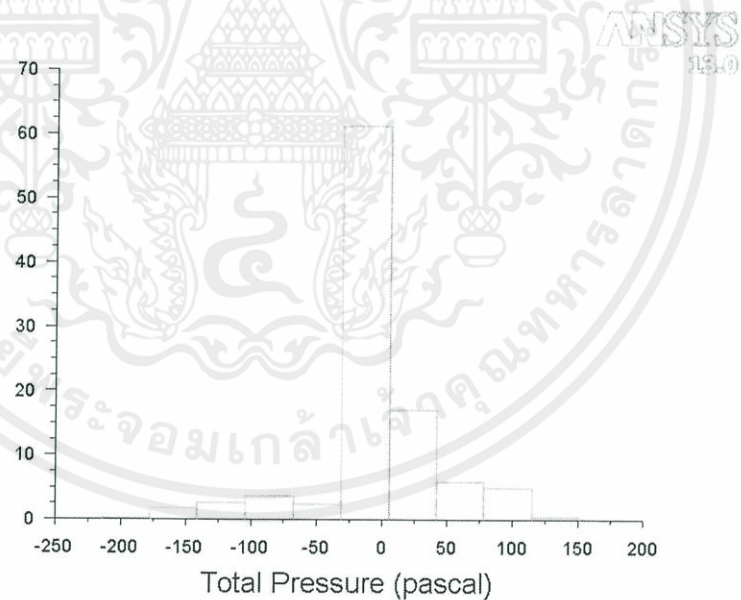
รูปที่ 4.188 แสดง Histogram ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Total Pressure (pascal) Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.189 แสดง Contours ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

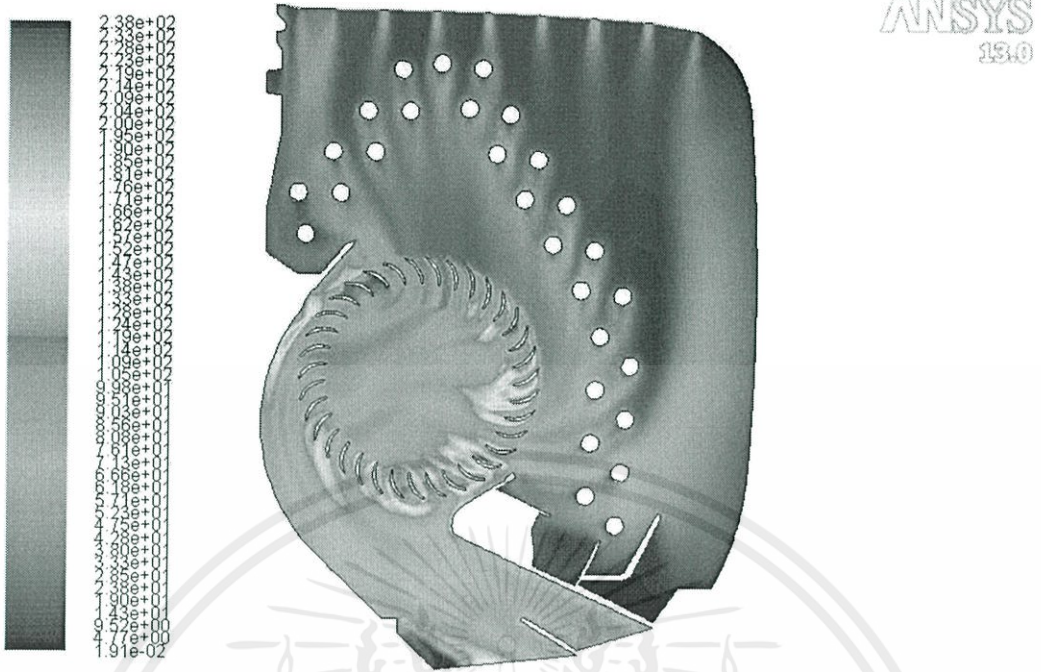


Histogram of Total Pressure Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.190 แสดง Histogram ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

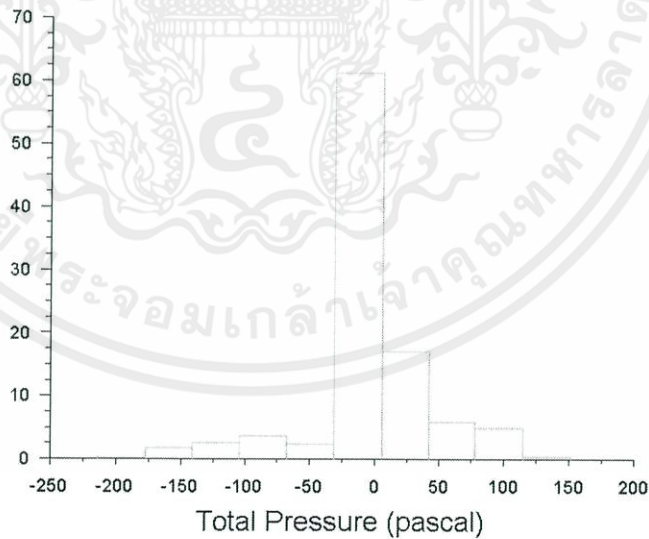
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





Contours of Turbulent Intensity (%) Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

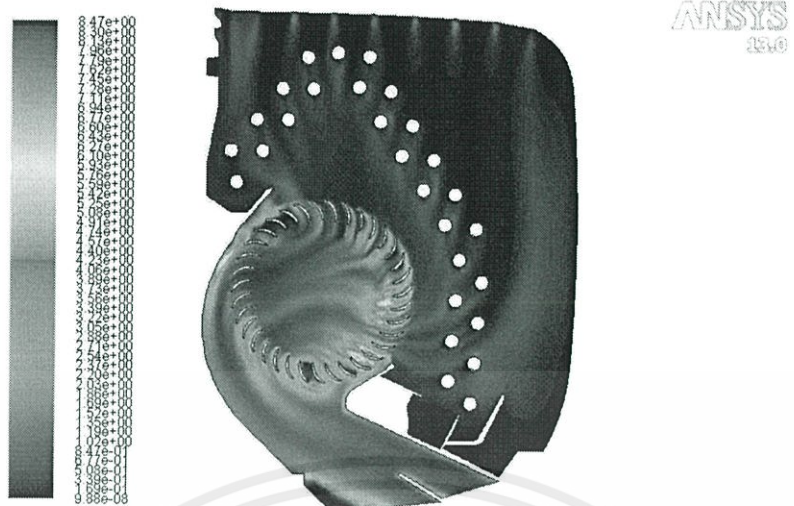
รูปที่ 4.193 แสดง Contours ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง



Histogram of Total Pressure Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

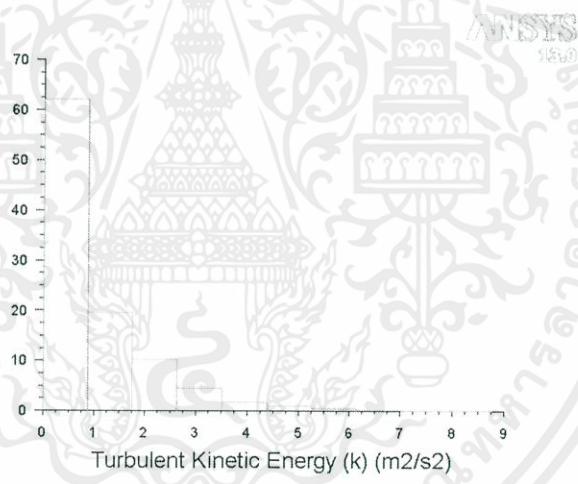
รูปที่ 4.194 แสดง Histogram ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในเชิงวิชาการเท่านั้น ไม่สามารถนำมาใช้เพื่อวัตถุประสงค์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Turbulent Kinetic Energy (k) (m2/s2) Apr 11, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.195 แสดง Contours ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง



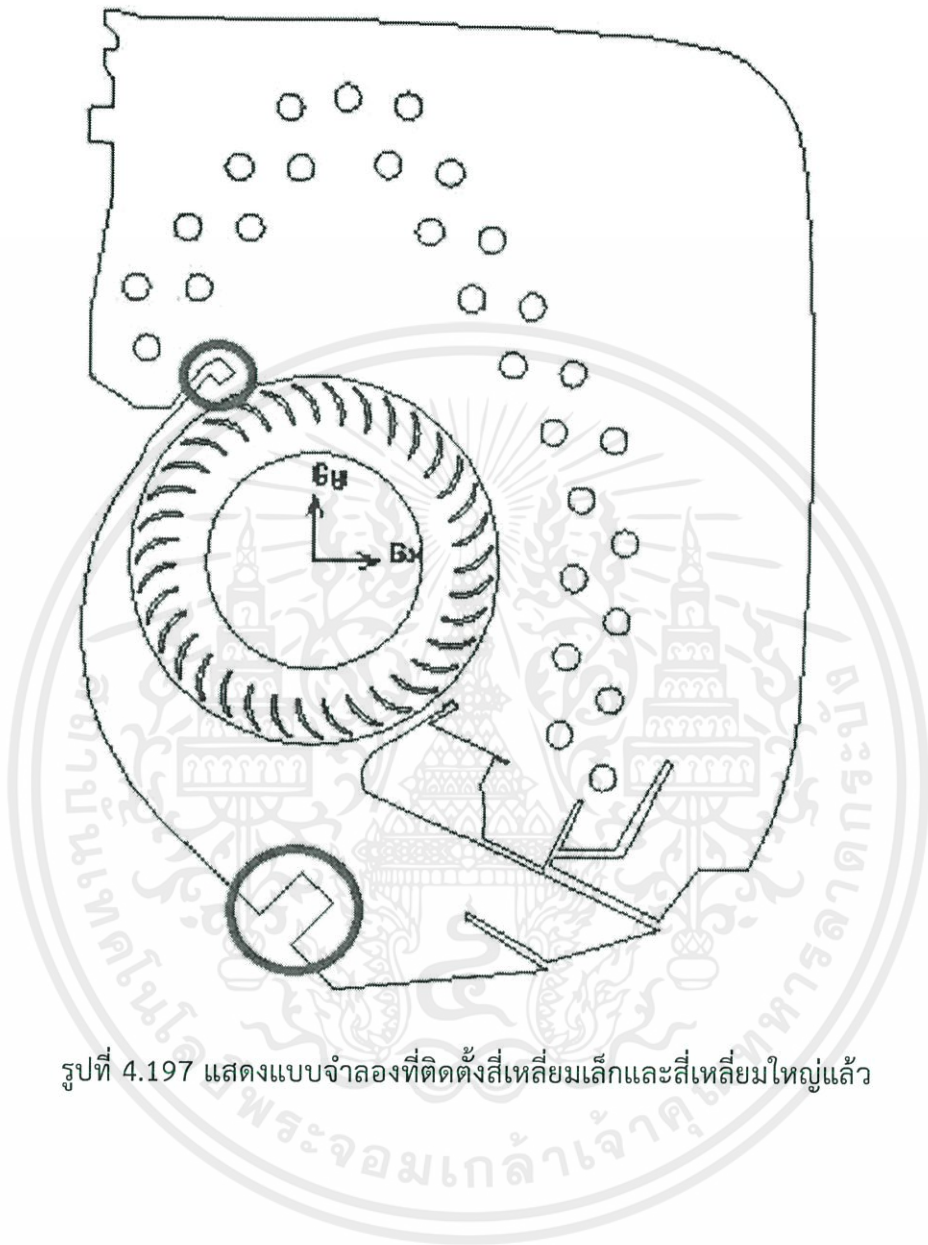
Histogram of Turbulent Kinetic Energy (k) Apr 11, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.196 แสดง Histogram ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

ตารางที่ 4.28 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 6 ที่ความเร็วรอบสูง

Static Pressure (Pa)	Total Pressure (Pa)	Velocity Magnitude (m/s)	Turbulent Intensity (%)	Turbulent Kinetic Energy (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )
-31.2253	-5.9813	5.6327	69.4552	1.0655

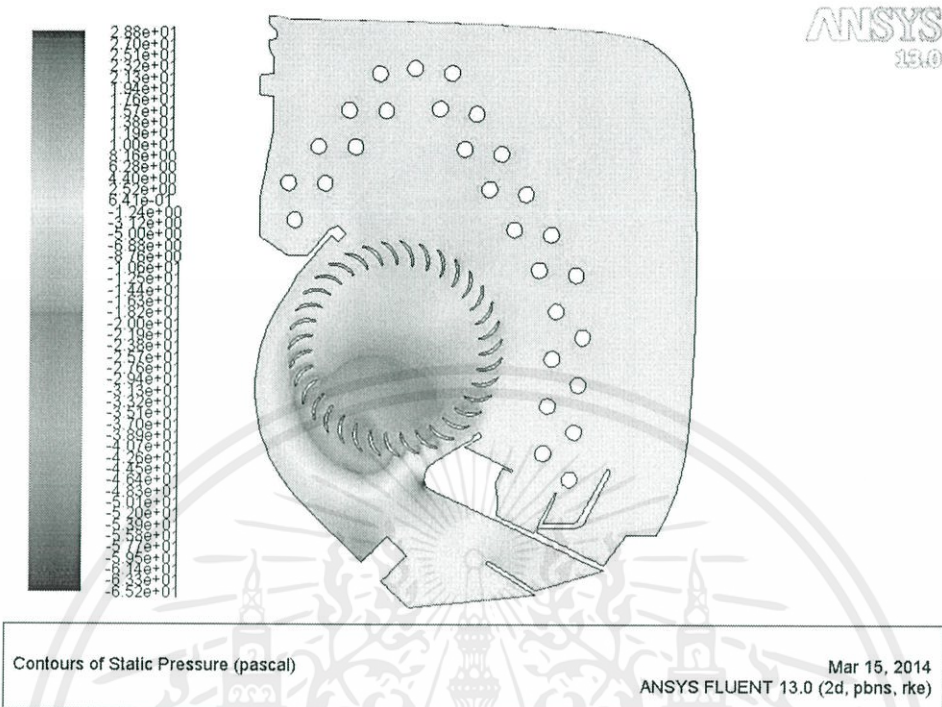
## 4.4.2.6 แบบที่ 7



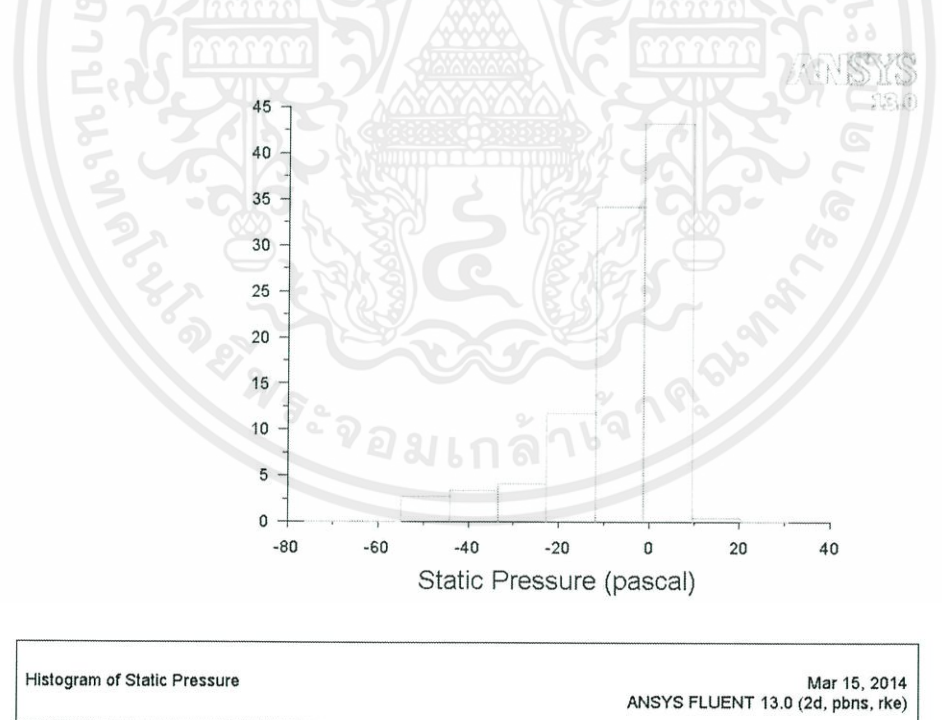
รูปที่ 4.197 แสดงแบบจำลองที่ติดตั้งสี่เหลียมเล็กและสี่เหลียมใหญ่แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2.6.1 แบบที่ 7 ที่ทางออกของอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ (90.01 rad/s)

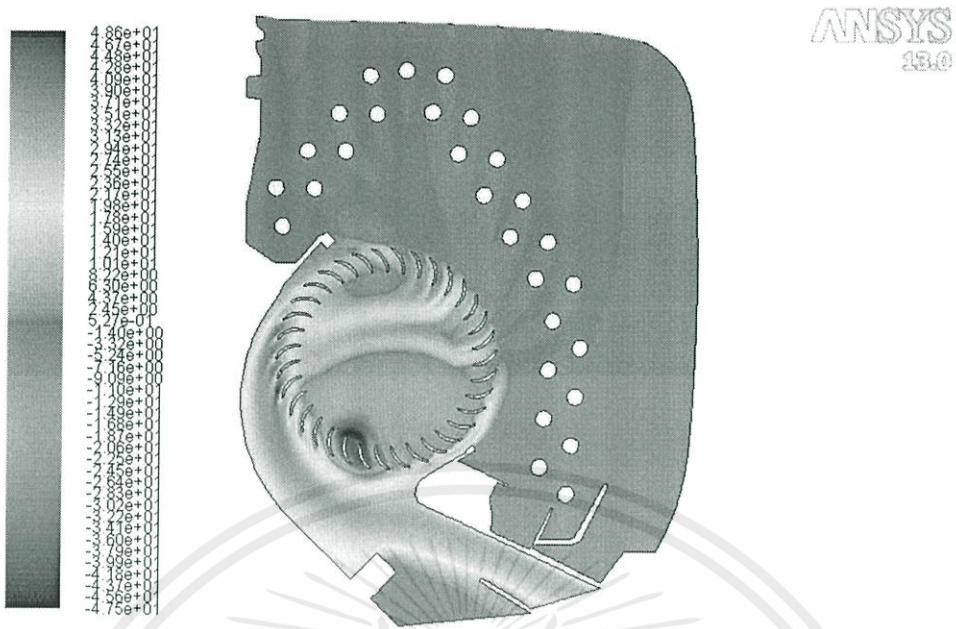


รูปที่ 4.198 แสดง Contours ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



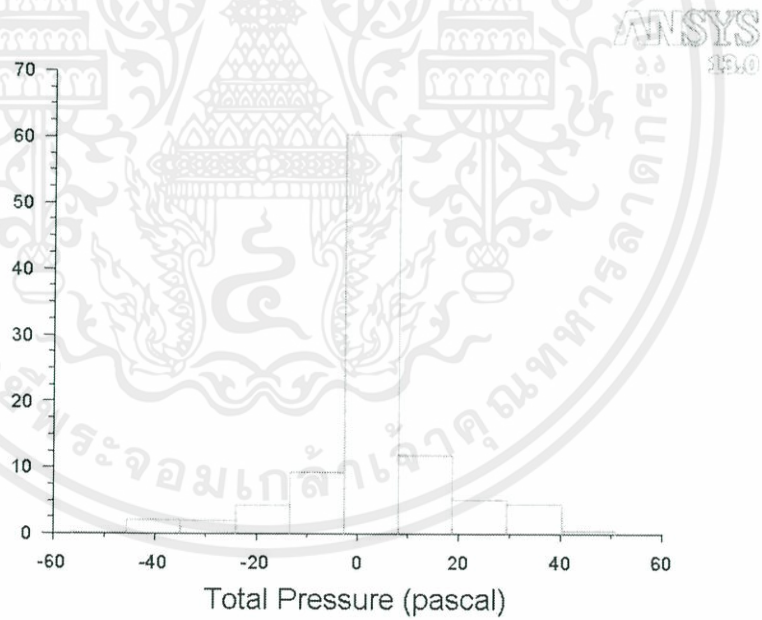
รูปที่ 4.199 แสดง Histogram ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Total Pressure (pascal) Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

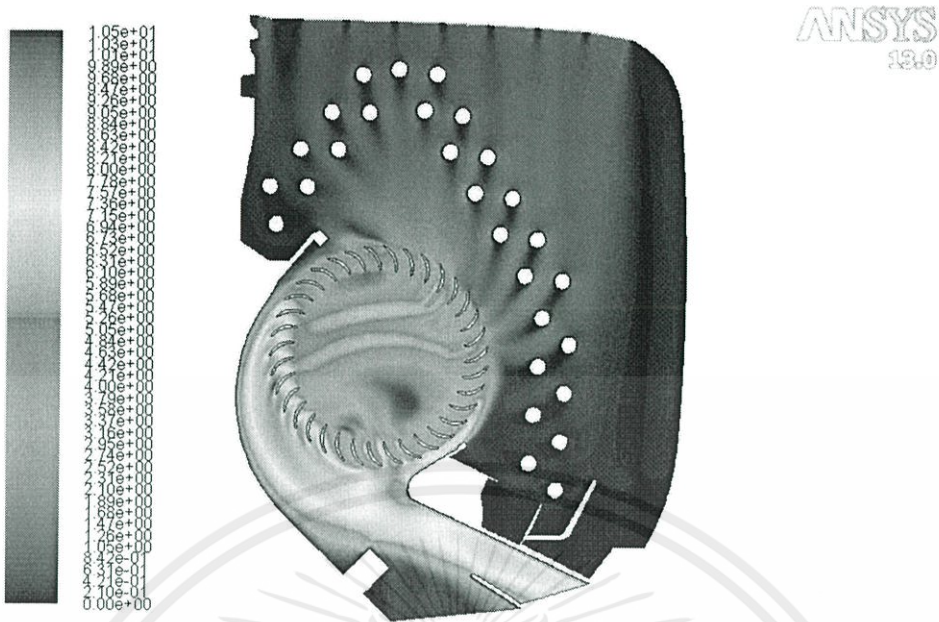
รูปที่ 4.200 แสดง Contours ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



Histogram of Total Pressure Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

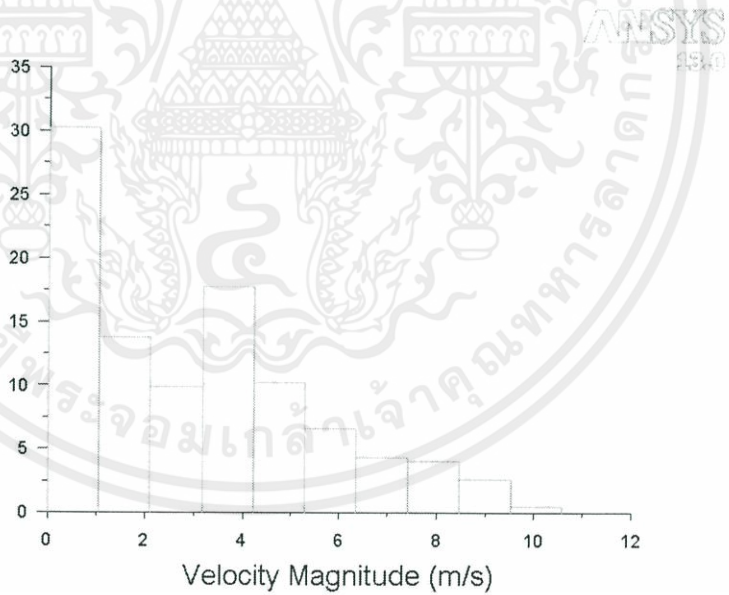
รูปที่ 4.201 แสดง Histogram ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



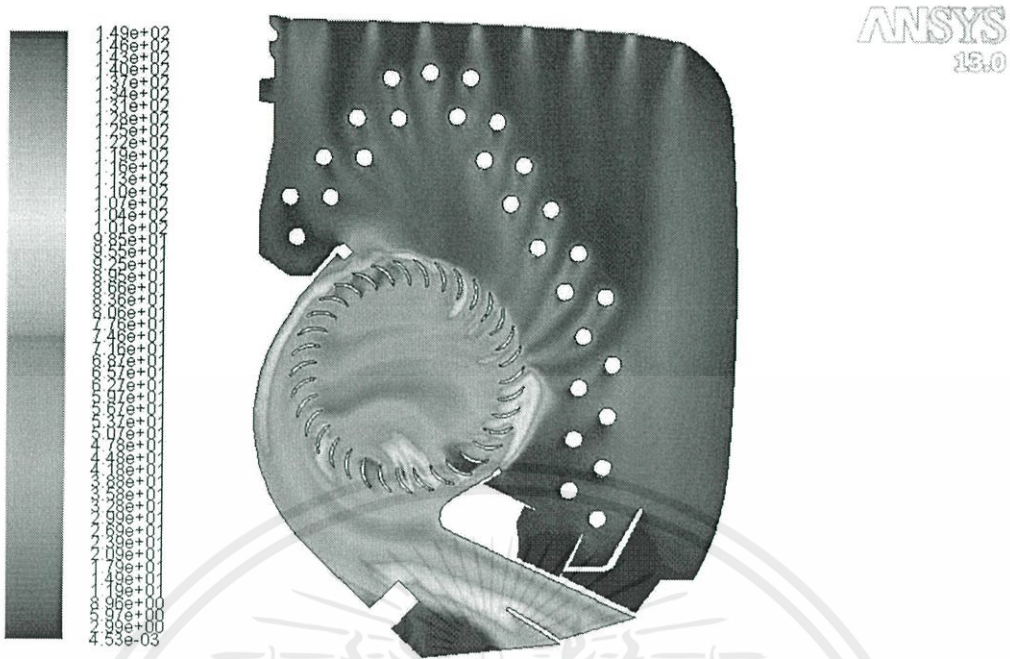
Contours of Velocity Magnitude (m/s) Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.202 แสดง Contours ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

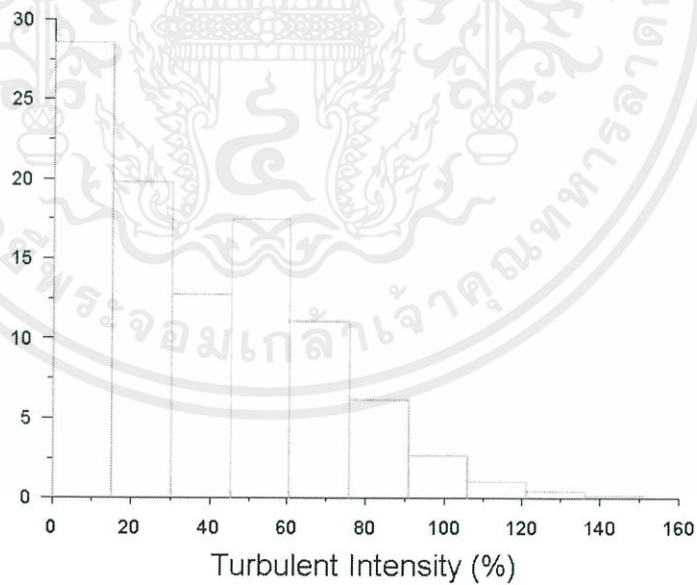


Histogram of Velocity Magnitude Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.203 แสดง Histogram ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



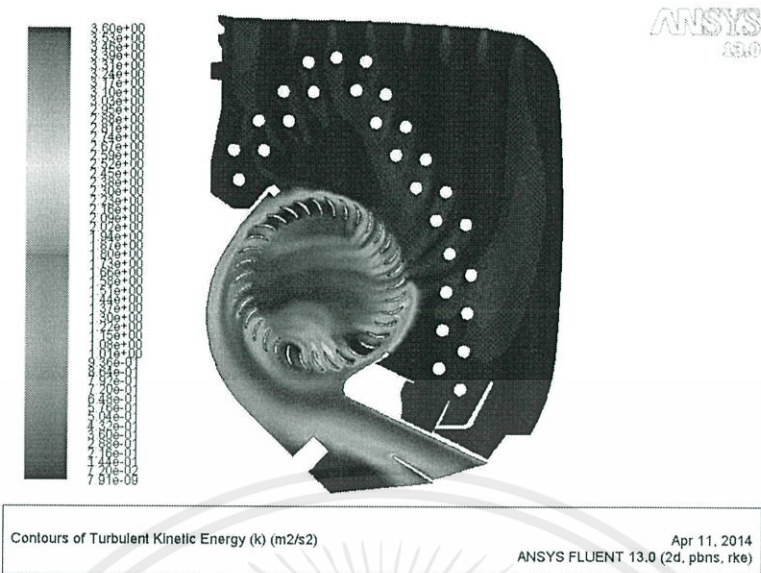
รูปที่ 4.204 แสดง Contours ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



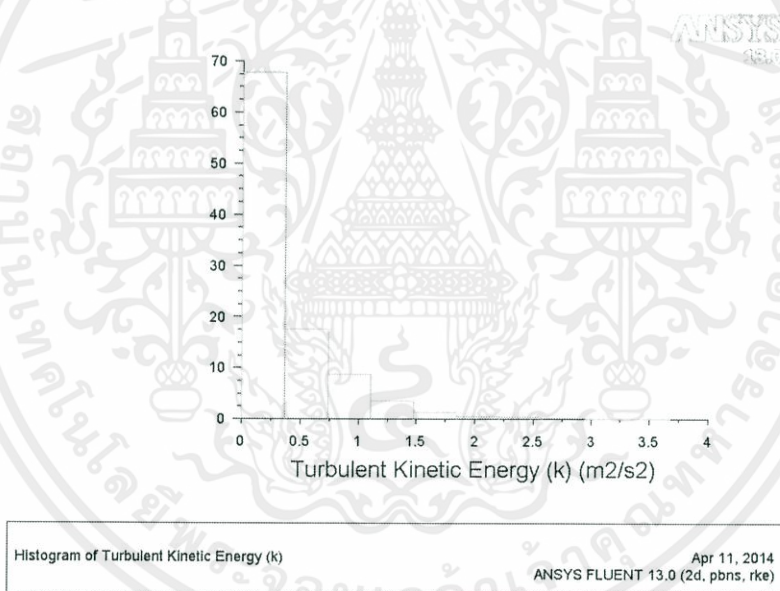
รูปที่ 4.205 แสดง Histogram ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถค้า

ไม่ว่ารูปที่ 4.205 แสดง Histogram ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็ว



รูปที่ 4.206 แสดง Contours ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



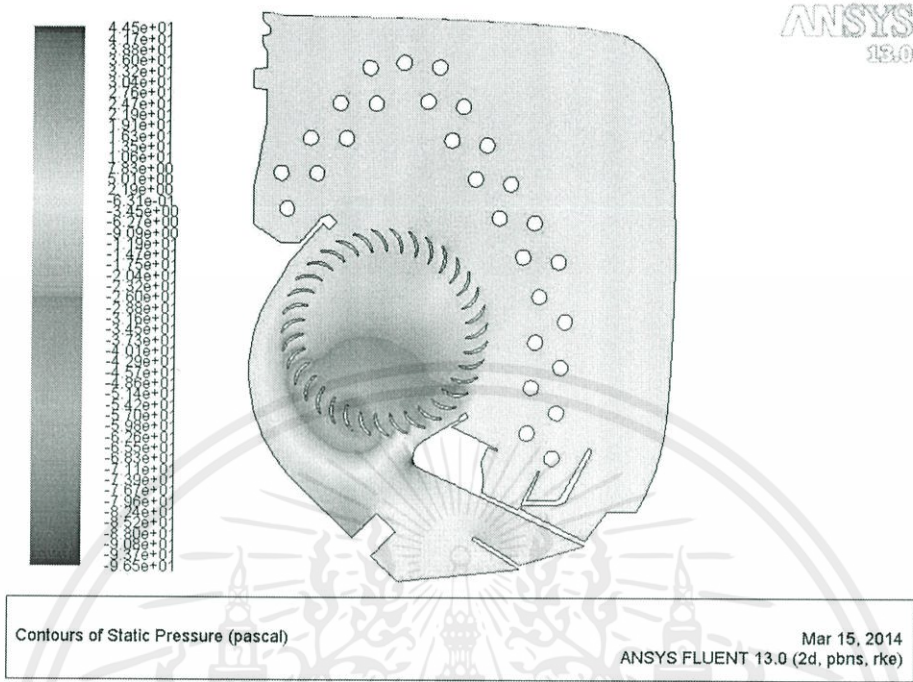
รูปที่ 4.207 แสดง Histogram ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

ตารางที่ 4.29 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 7 ที่ความเร็วรอบต่ำ

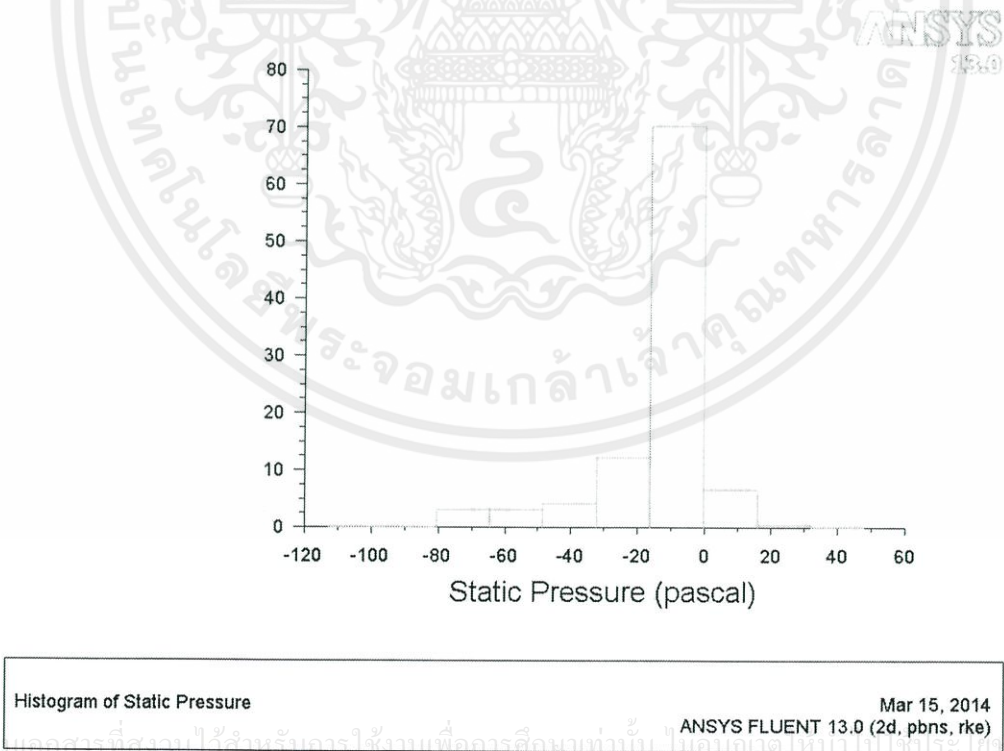
Static Pressure (Pa)	Total Pressure (Pa)	Velocity Magnitude (m/s)	Turbulent Intensity (%)	Turbulent Kinetic Energy (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )
-6.3436	3.1477	3.076011	37.852	0.396984

เอกสารนี้เป็นเอกสารตัวอย่างที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้เพื่อการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

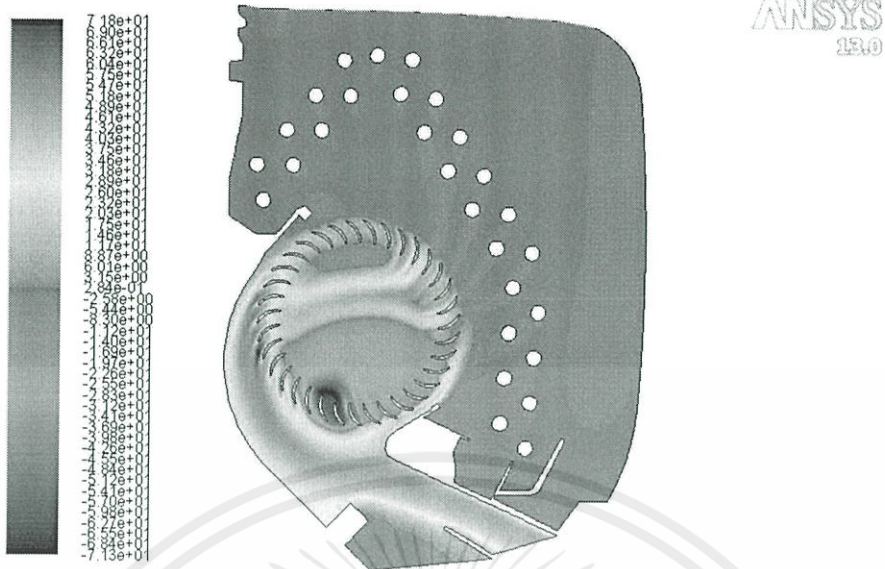
4.4.2.6.2 แบบที่ 7 ที่ความเร็วรอบปานกลาง (108.33 rad/s)



รูปที่ 4.208 แสดง Contours ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

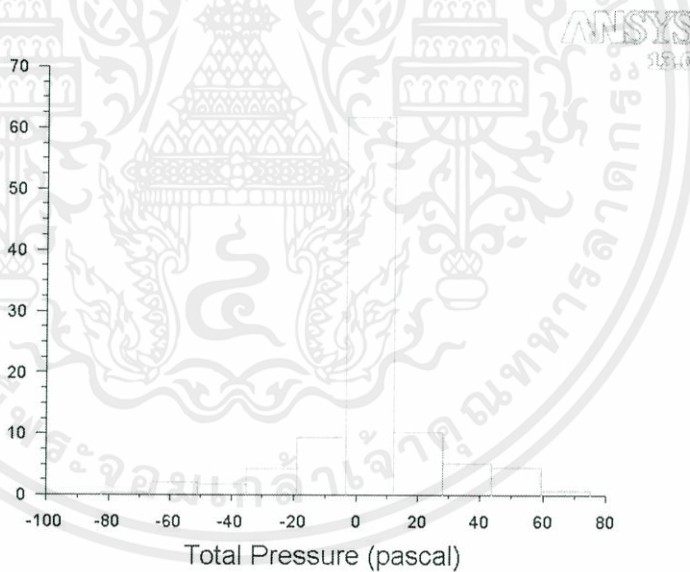


รูปที่ 4.209 แสดง Histogram ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง



Contours of Total Pressure (pascal) Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

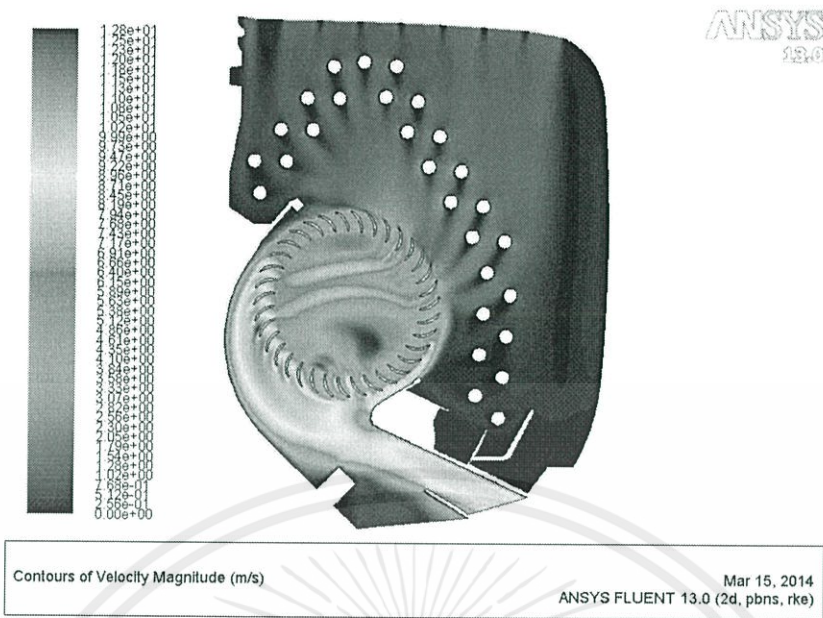
รูปที่ 4.210 แสดง Contours ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง



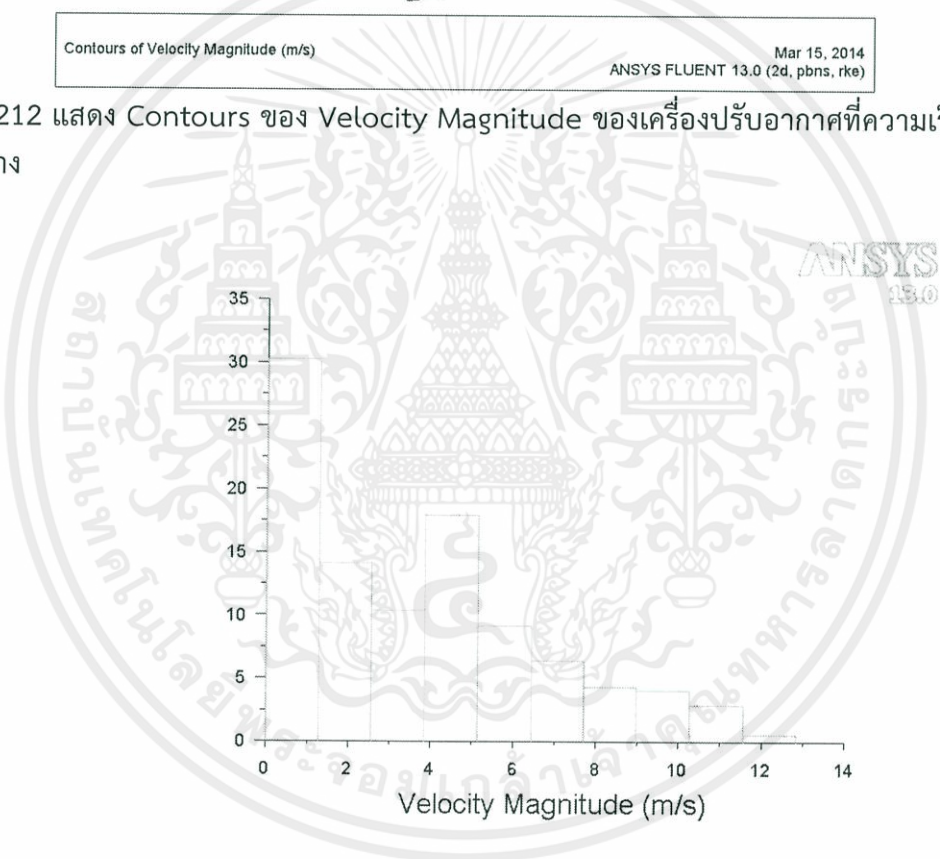
Histogram of Total Pressure Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.211 แสดง Contours ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

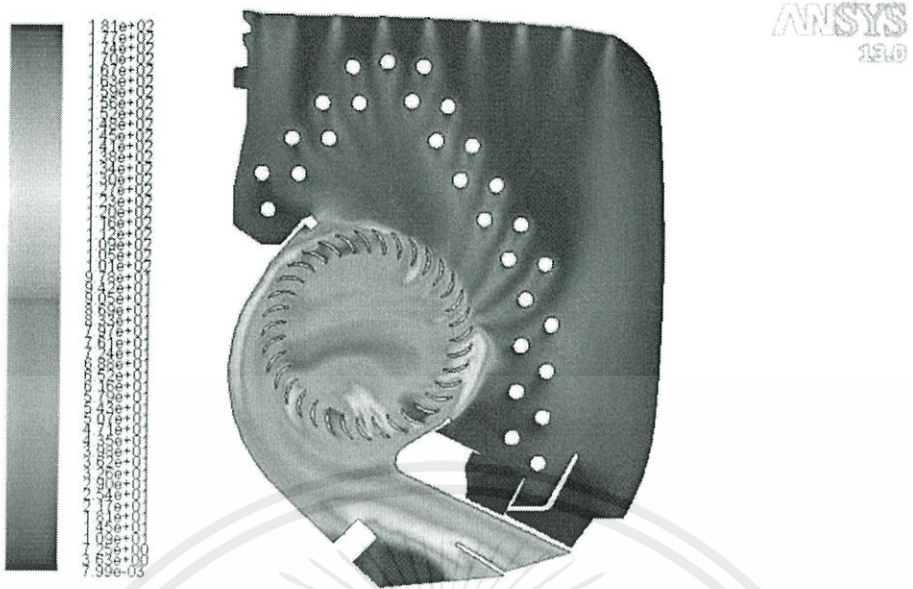


รูปที่ 4.212 แสดง Contours ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง



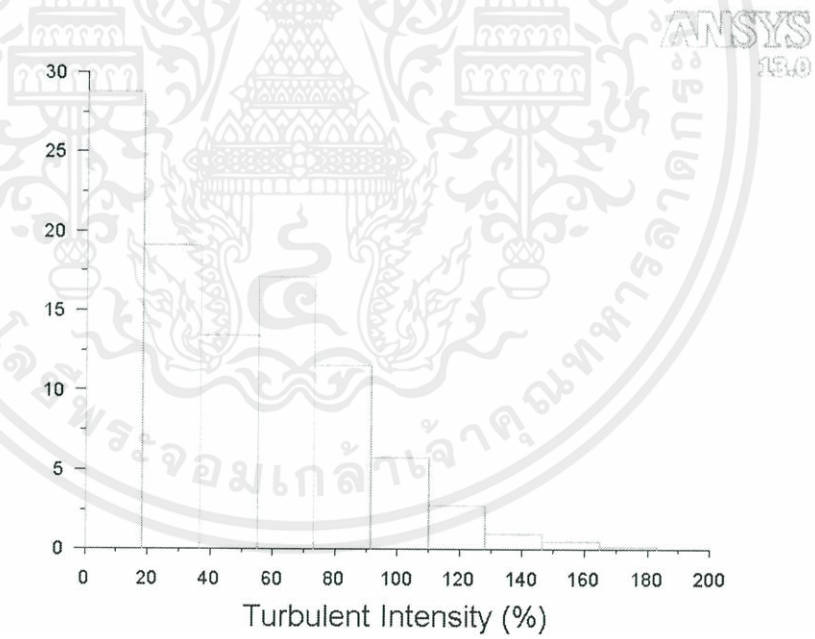
รูปที่ 4.213 แสดง Histogram ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Turbulent Intensity (%) Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

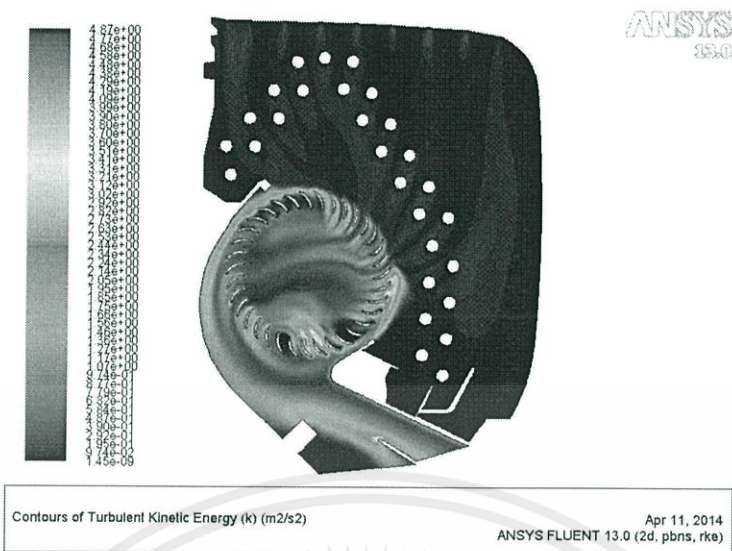
รูปที่ 4.214 แสดง Contours ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง



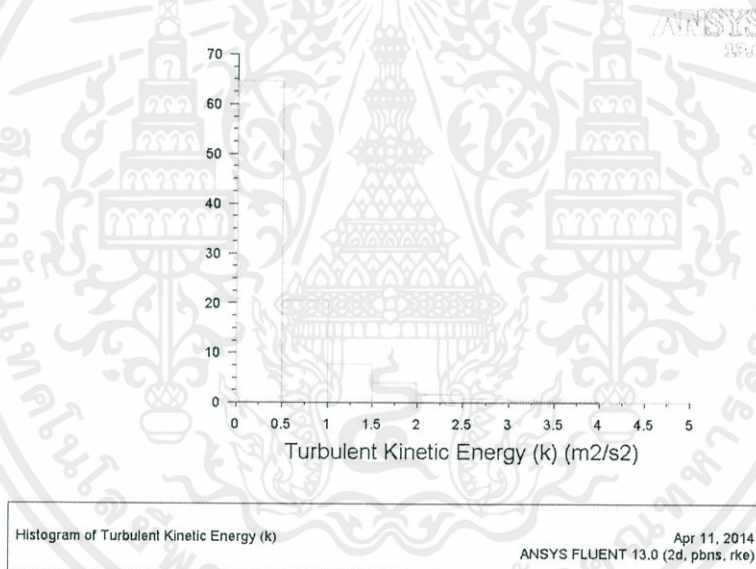
Histogram of Turbulent Intensity Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.215 แสดง Histogram ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.216 แสดง Contours ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง



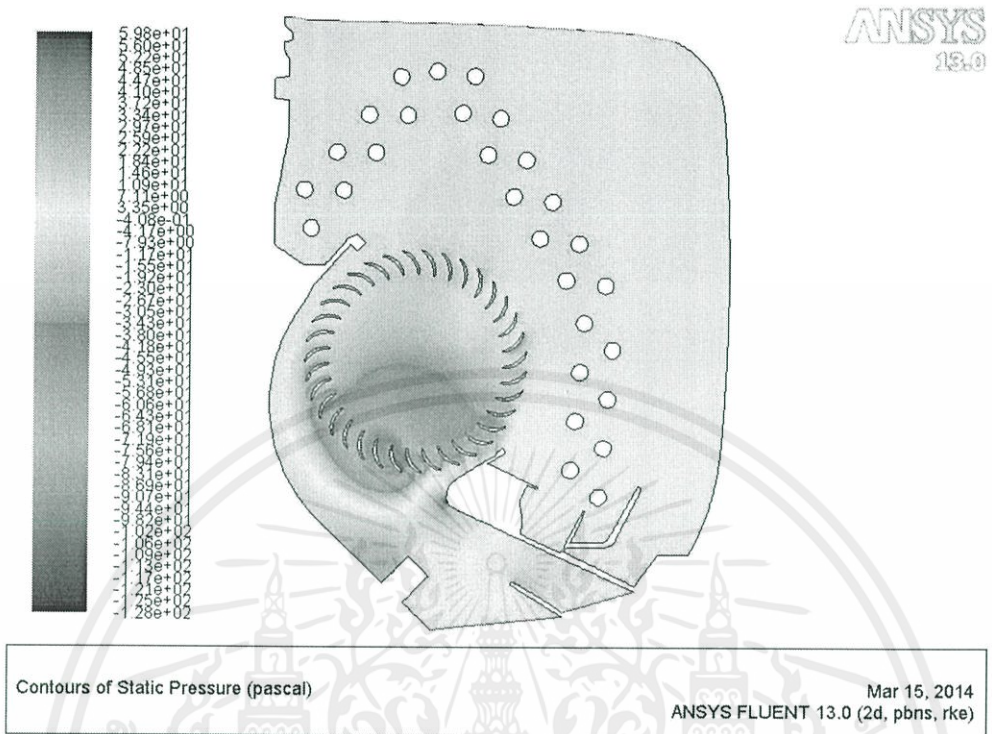
รูปที่ 4.217 แสดง Histogram ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

ตารางที่ 4.30 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 7 ที่ความเร็วรอบปานกลาง

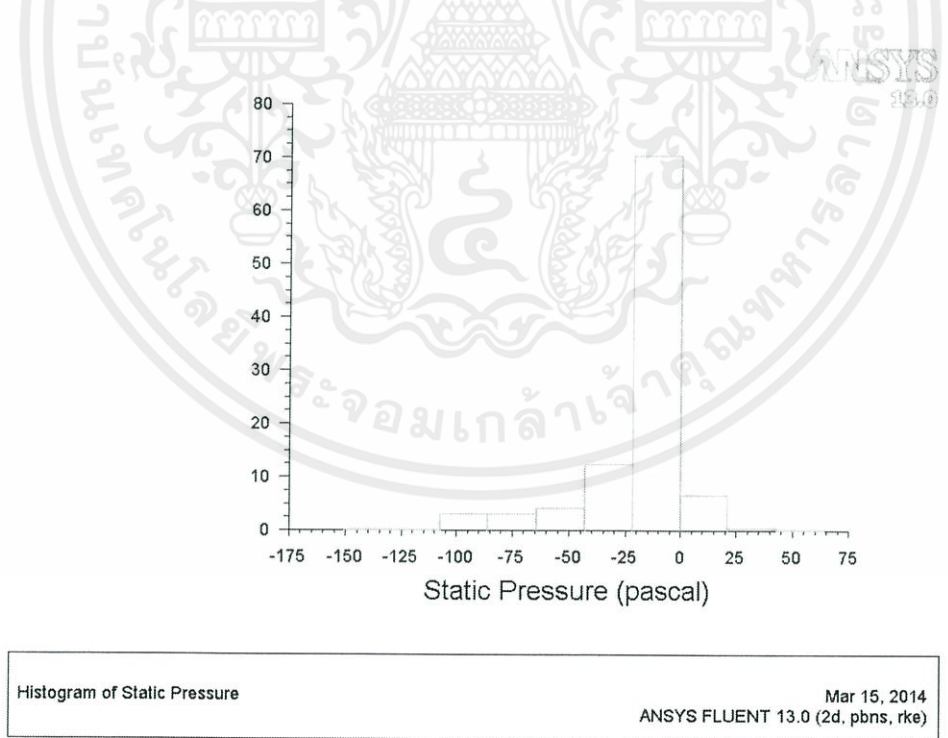
Static Pressure (Pa)	Total Pressure (Pa)	Velocity Magnitude (m/s)	Turbulent Intensity (%)	Turbulent Kinetic Energy ( $m^2/s^2$ )
-14.0721	4.721557	3.717381	45.83575	0.567382

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2.6.3 แบบที่ 7 ที่ทางออกของอากาศที่ความเร็วรอบสูง (126.65 rad/s)

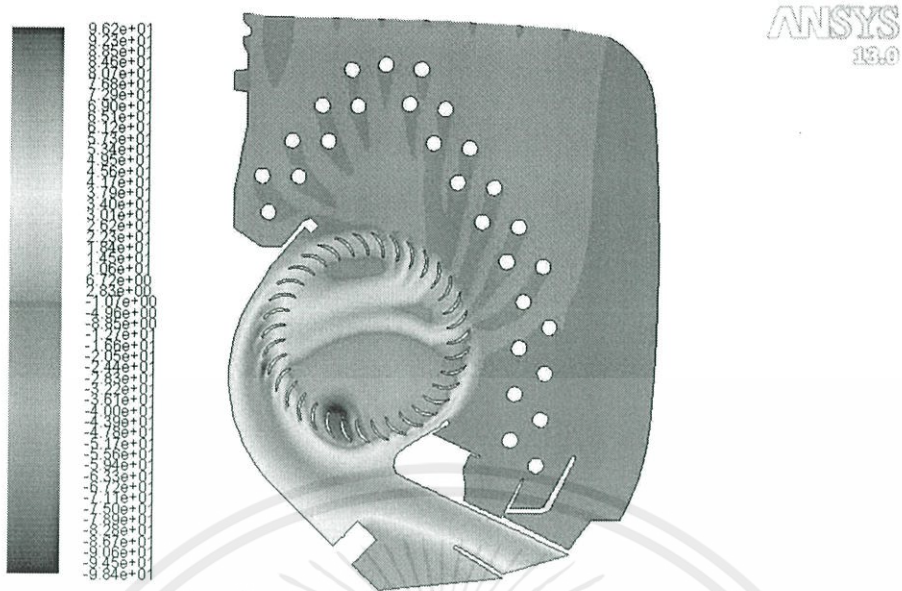


รูปที่ 4.218 แสดง Contours ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง



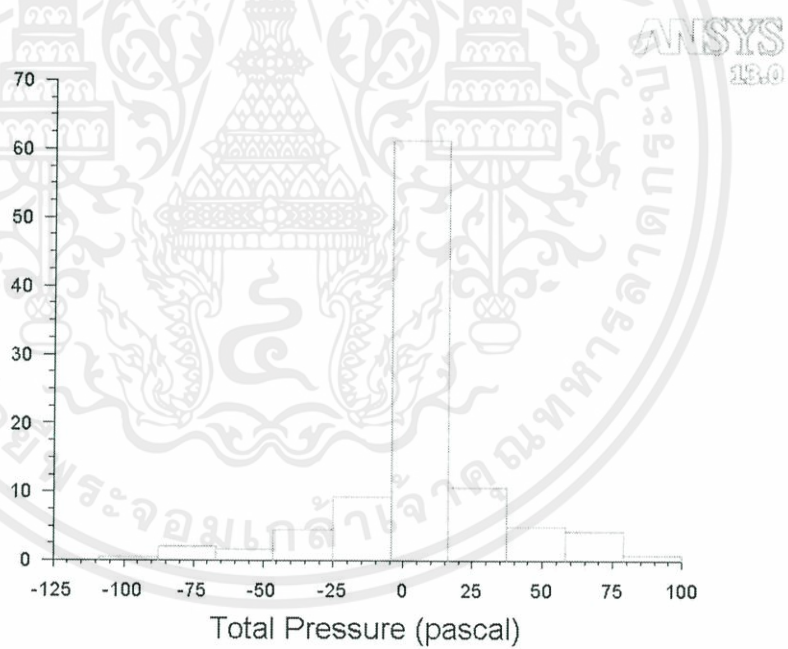
รูปที่ 4.219 แสดง Histogram ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ใช้สำหรับกรู๊ปงานวิจัยในเพื่อการฝึกอบรมเท่านั้น มิใช่เพื่อเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต การค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Total Pressure (pascal) Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

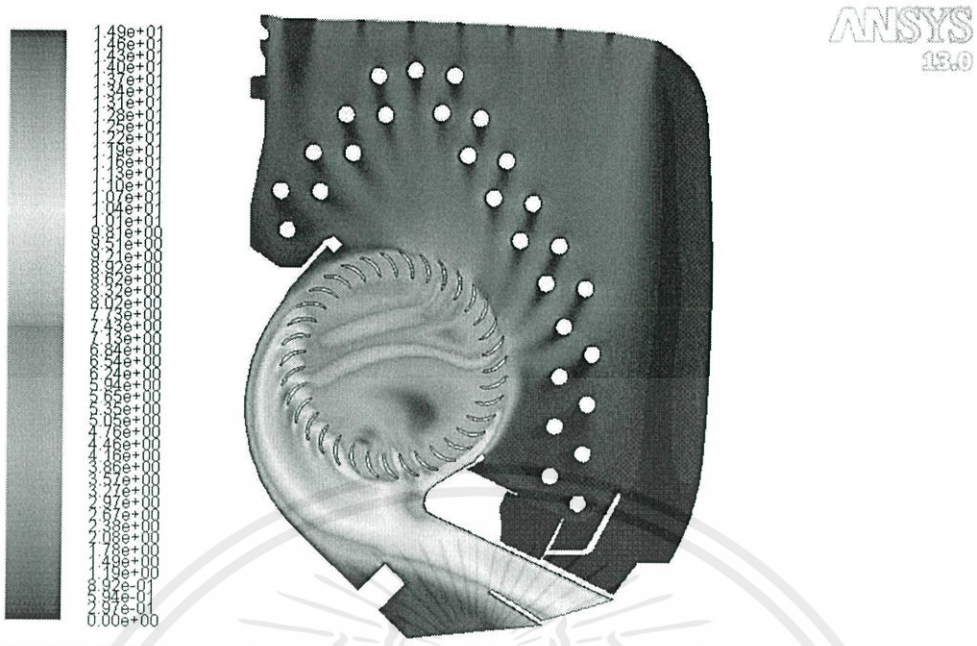
รูปที่ 4.220 แสดง Contours ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง



Histogram of Total Pressure Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

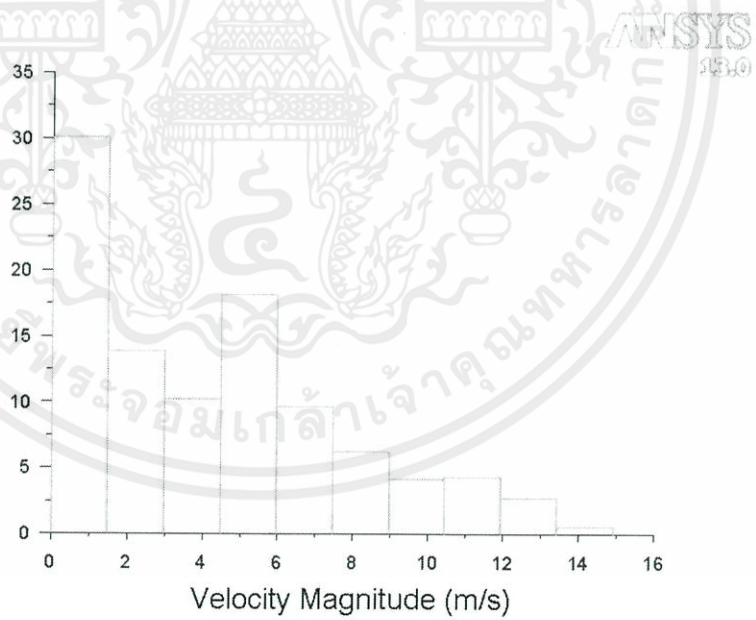
รูปที่ 4.221 แสดง Histogram ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Velocity Magnitude (m/s) Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.222 แสดง Contours ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง



Histogram of Velocity Magnitude Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

เอกสารรูปที่ 4.223 แสดง Histogram ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

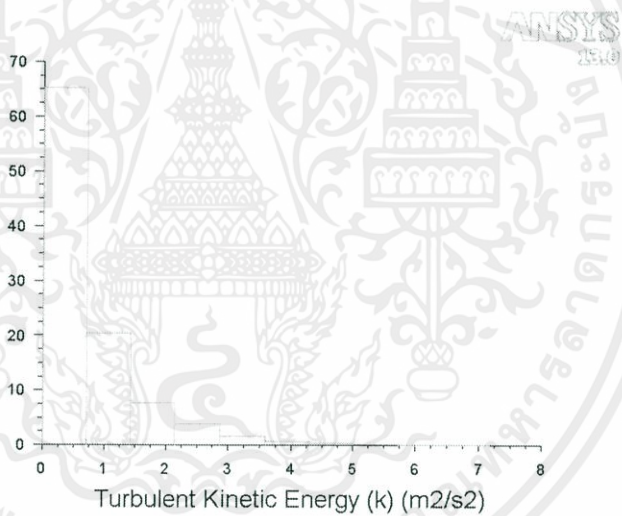
ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





Contours of Turbulent Kinetic Energy (k) (m2/s2) Apr 11, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.226 แสดง Contours ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง



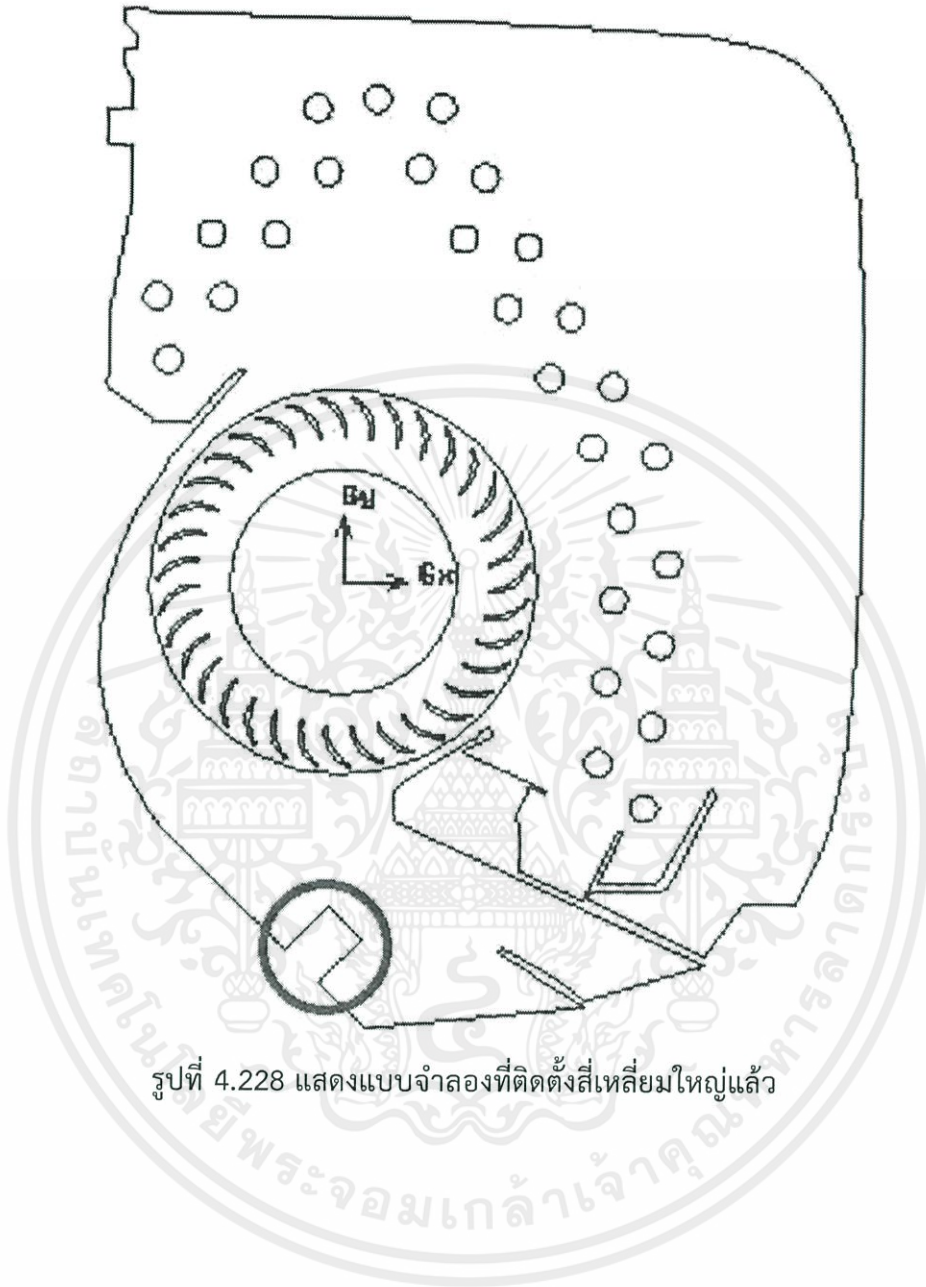
Histogram of Turbulent Kinetic Energy (k) Apr 11, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.227 แสดง Histogram ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

ตารางที่ 4.31 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 7 ที่ความเร็วรอบสูง

Static Pressure (Pa)	Total Pressure (Pa)	Velocity Magnitude (m/s)	Turbulent Intensity (%)	Turbulent Kinetic Energy (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )
-18.6059	6.774473	4.34297	53.87657	0.80093

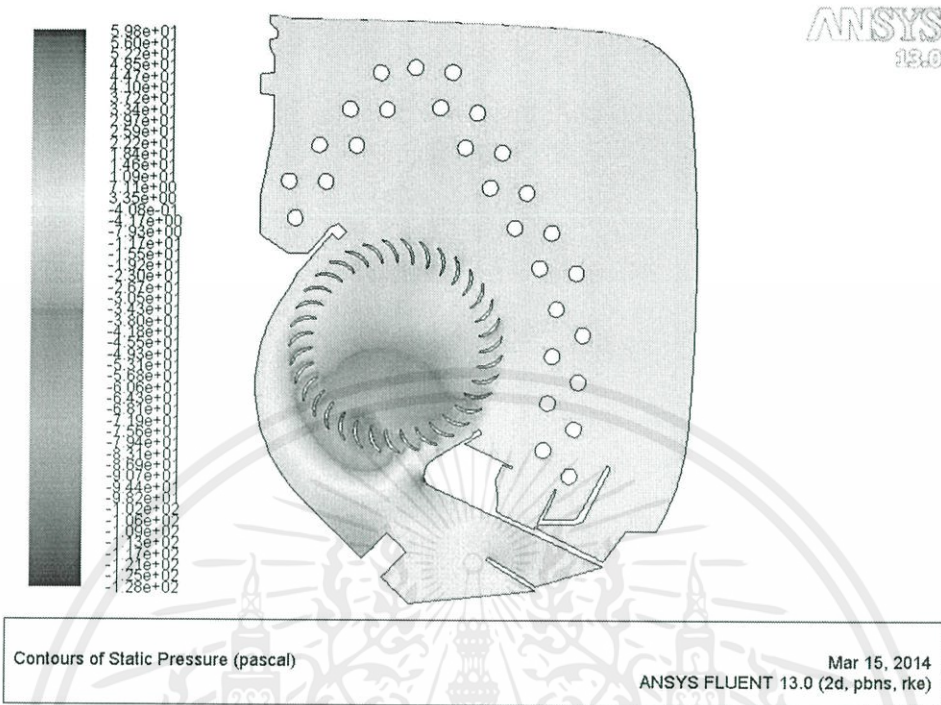
## 4.4.2.7 แบบที่ 8



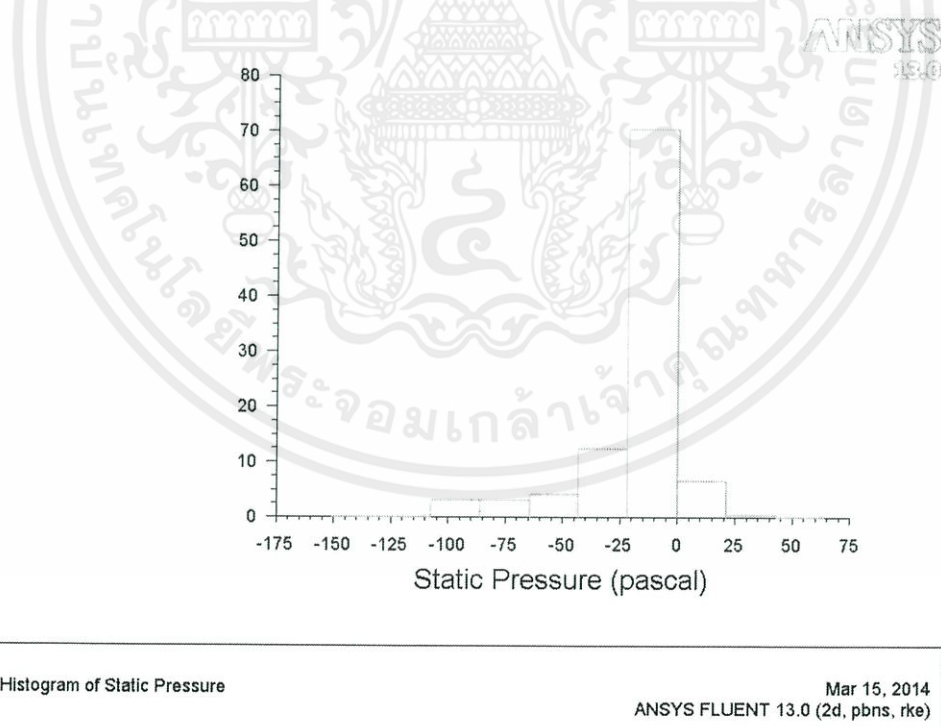
รูปที่ 4.228 แสดงแบบจำลองที่ติดตั้งสี่เหลี่ยมใหญ่แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2.7.1 แบบที่ 8 ที่ความเร็วรอบต่ำ (90.01 rad/s)

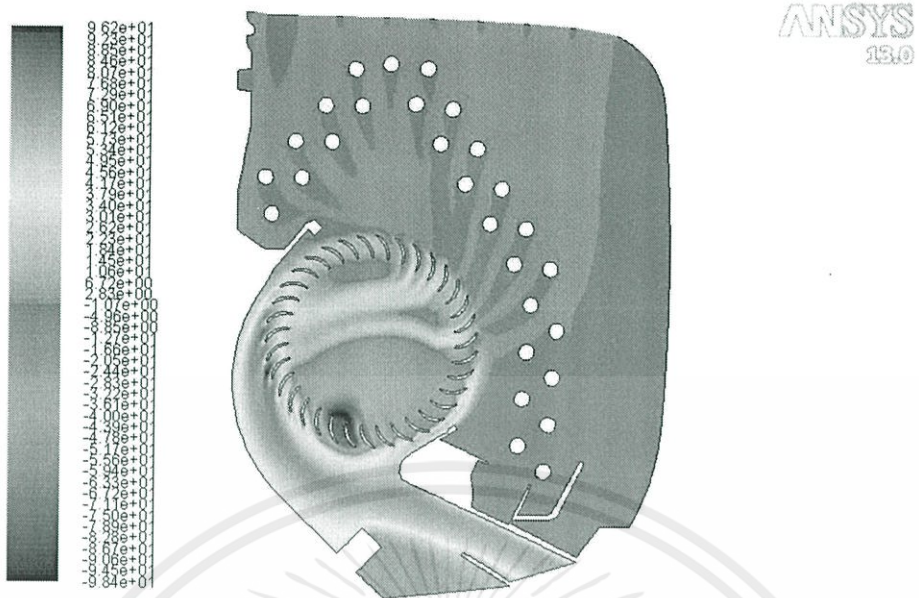


รูปที่ 4.229 แสดง Contours ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



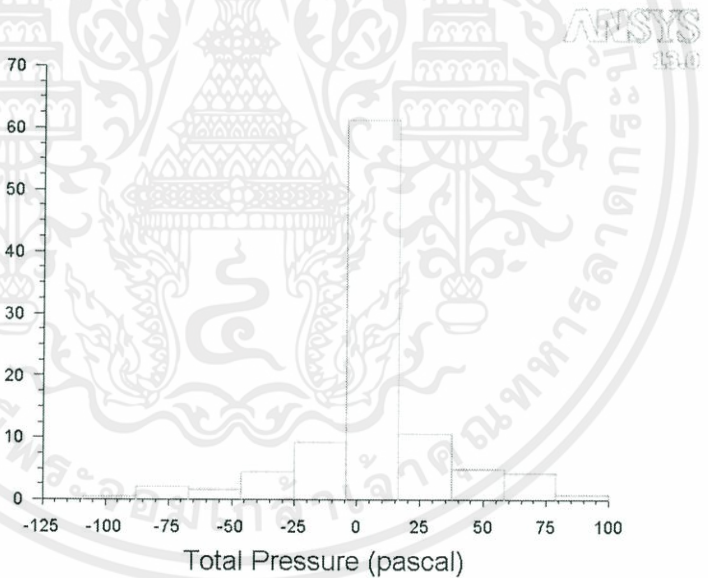
รูปที่ 4.230 แสดง Histogram ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการเชิงในเพื่อการศึกษาค้นคว้า มิใช่เพื่อเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Total Pressure (pascal) Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.231 แสดง Contours ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



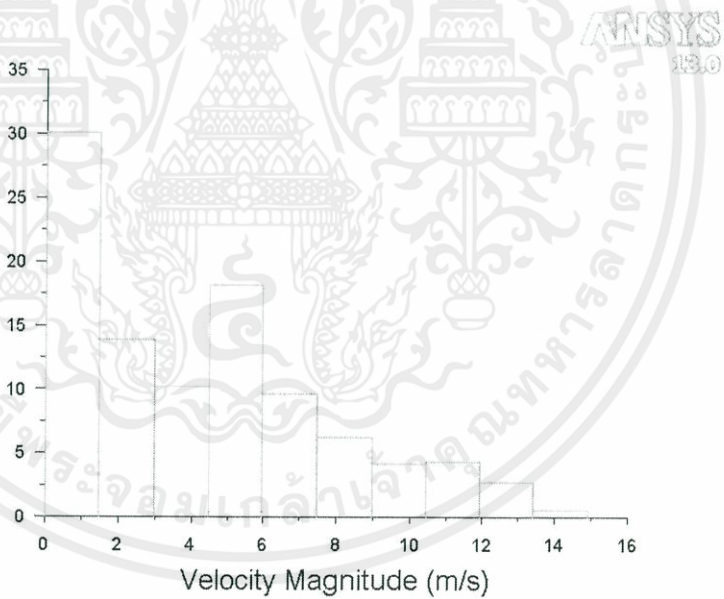
Histogram of Total Pressure Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.232 แสดง Histogram ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

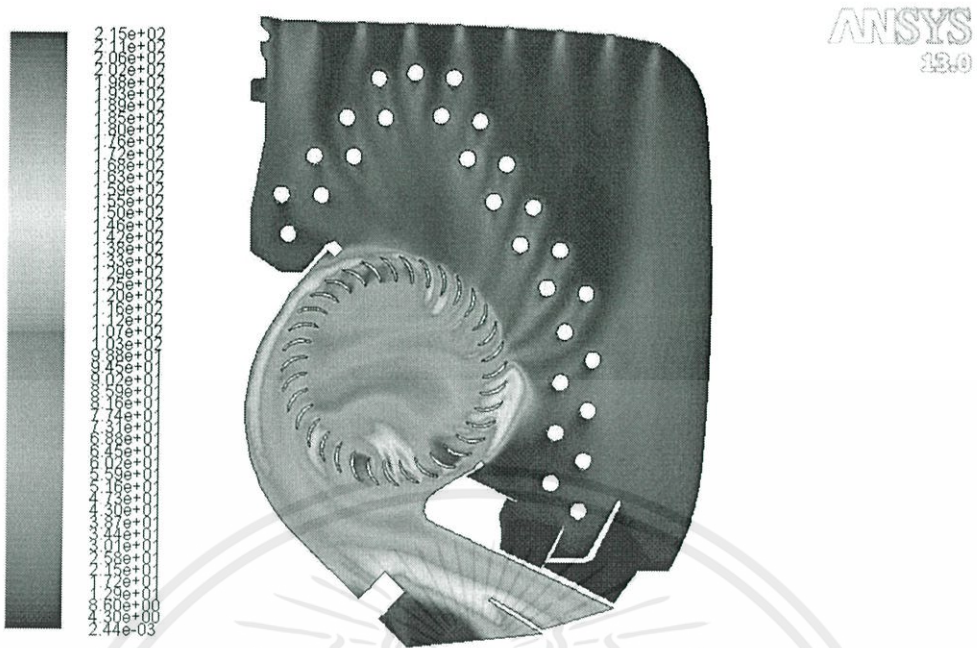


รูปที่ 4.233 แสดง Contours ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



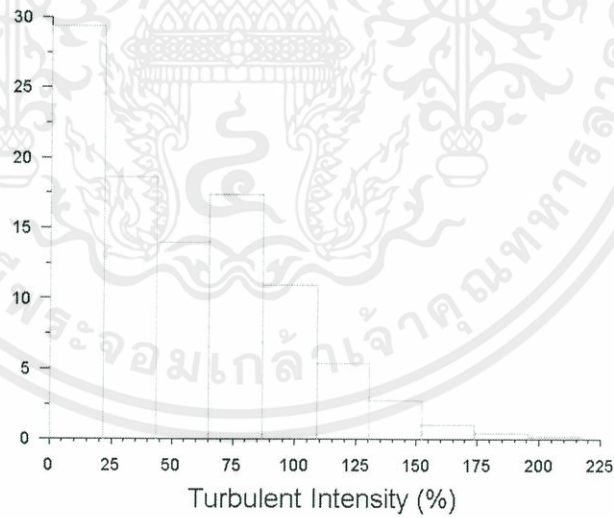
รูปที่ 4.234 แสดง Histogram ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Turbulent Intensity (%) Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.235 แสดง Contours ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



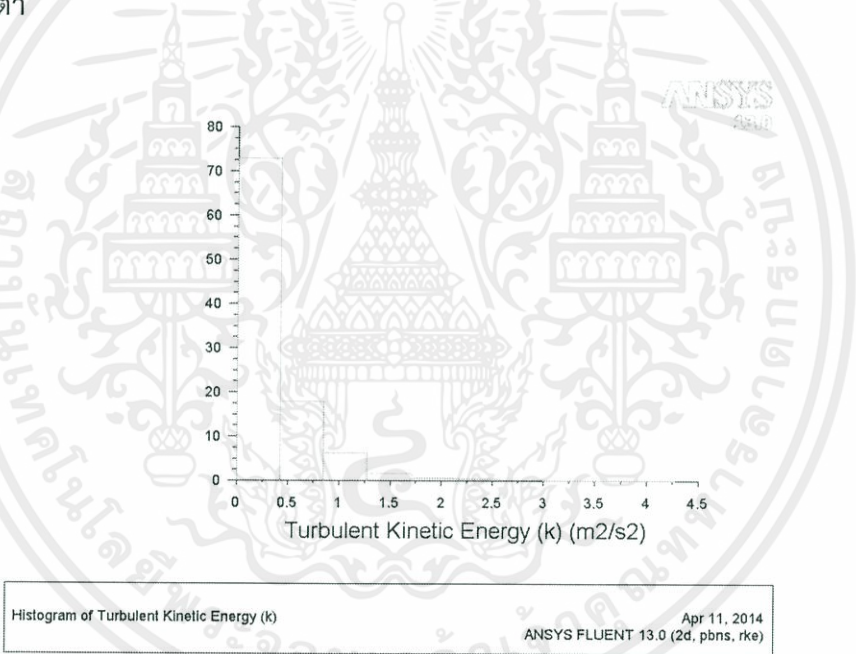
Histogram of Turbulent Intensity Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.236 แสดง Histogram ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Turbulent Kinetic Energy (k) (m2/s2) Apr 11, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.237 แสดง Contours ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



Histogram of Turbulent Kinetic Energy (k) Apr 11, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

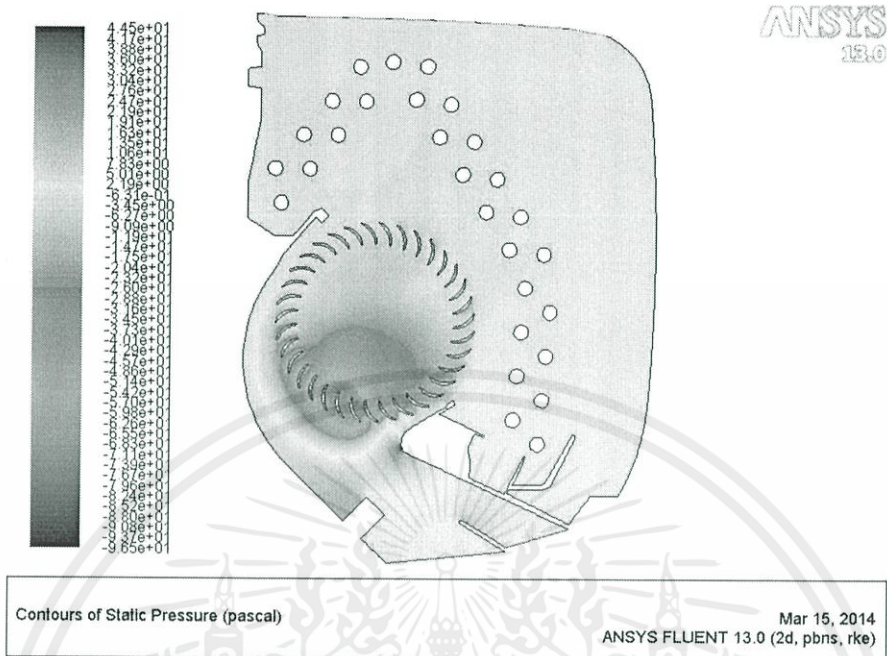
รูปที่ 4.238 แสดง Histogram ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

ตารางที่ 4.32 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 8 ที่ความเร็วรอบต่ำ

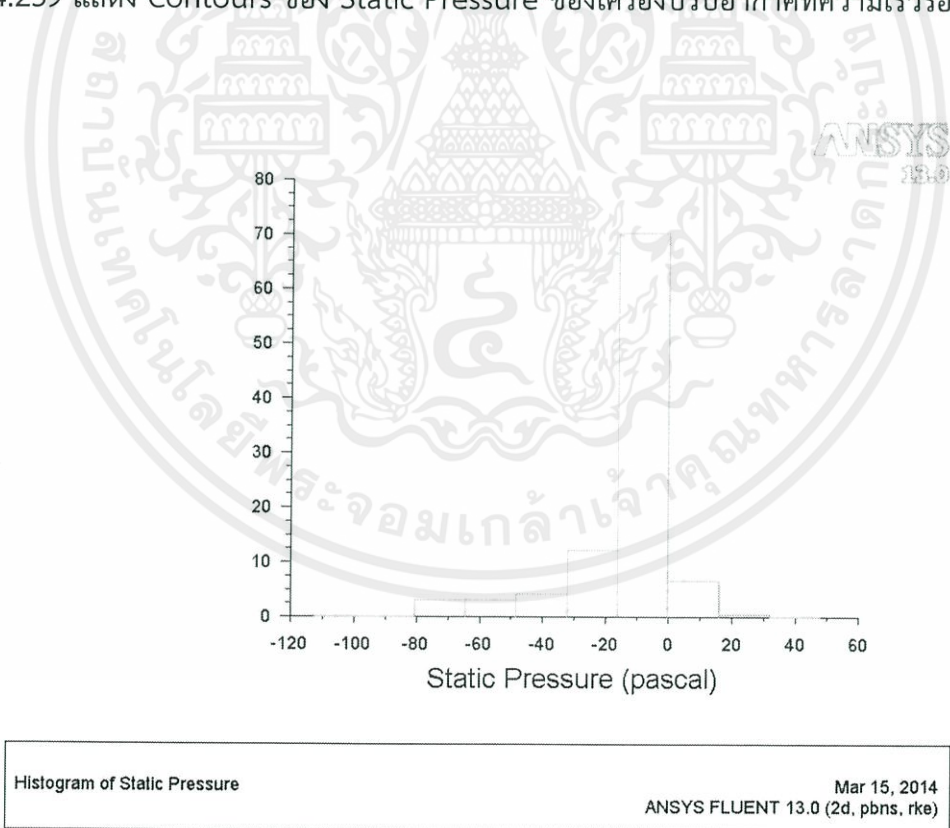
Static Pressure (Pa)	Total Pressure (Pa)	Velocity Magnitude (m/s)	Turbulent Intensity (%)	Turbulent Kinetic Energy (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )
-6.0623	3.60012	3.043717	37.4878	0.396267

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ใช้ภายในเท่านั้น ไม่ให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2.7.3 แบบที่ 8 ที่ความเร็วรอบปานกลาง (108.33 rad/s)

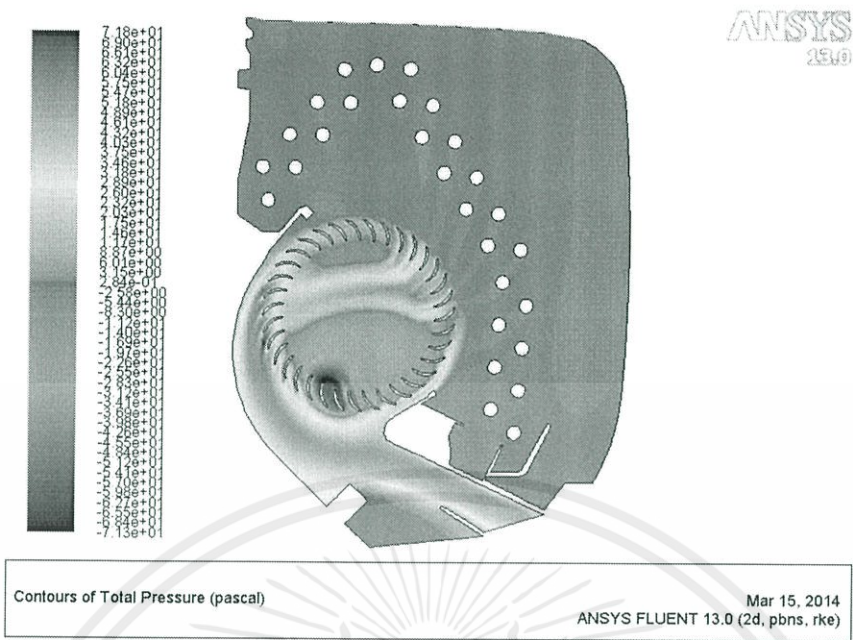


รูปที่ 4.239 แสดง Contours ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

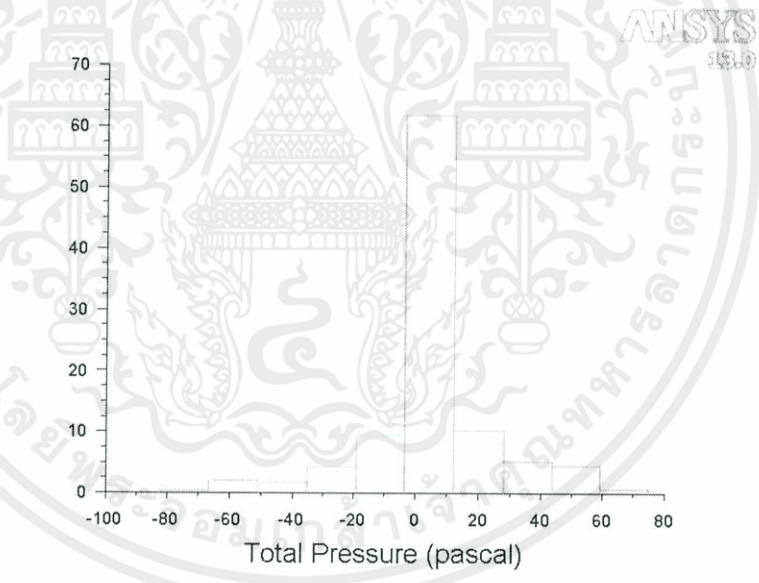


รูปที่ 4.240 แสดง Histogram ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

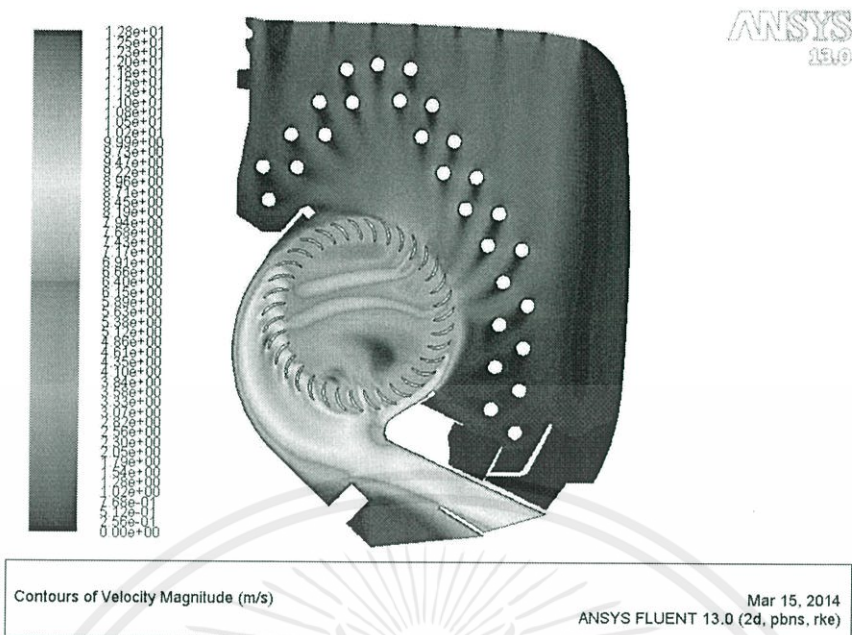


รูปที่ 4.241 แสดง Contours ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

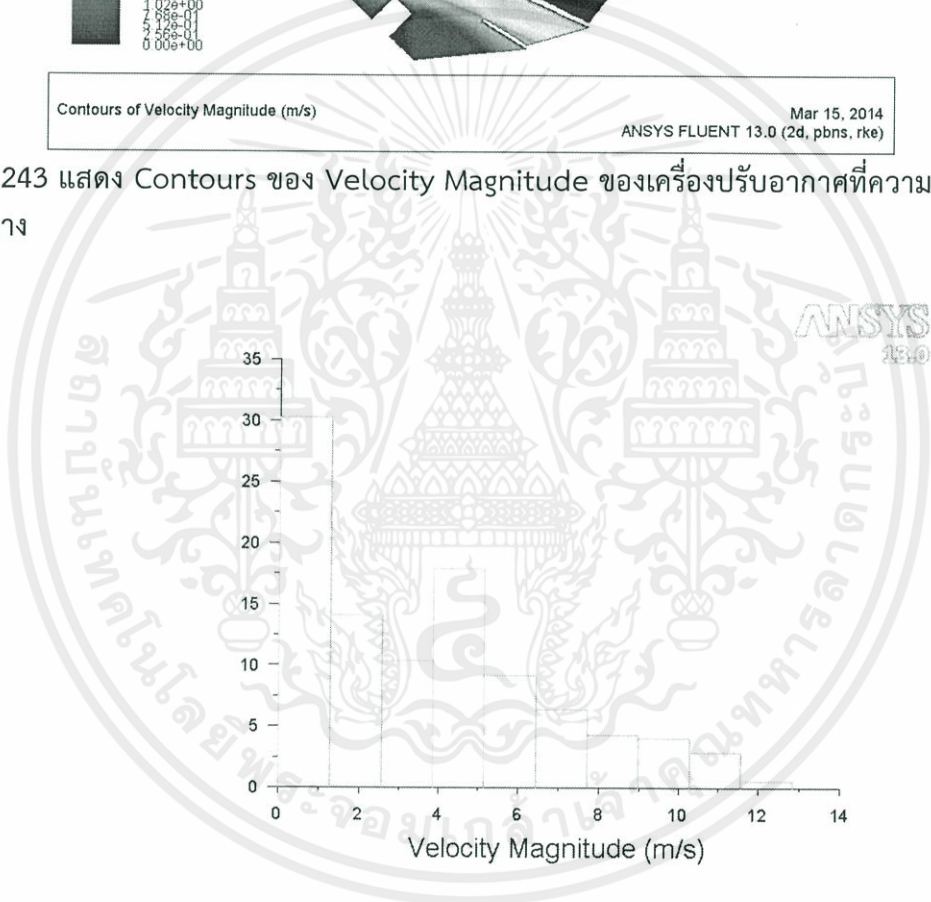


รูปที่ 4.242 แสดง Histogram ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

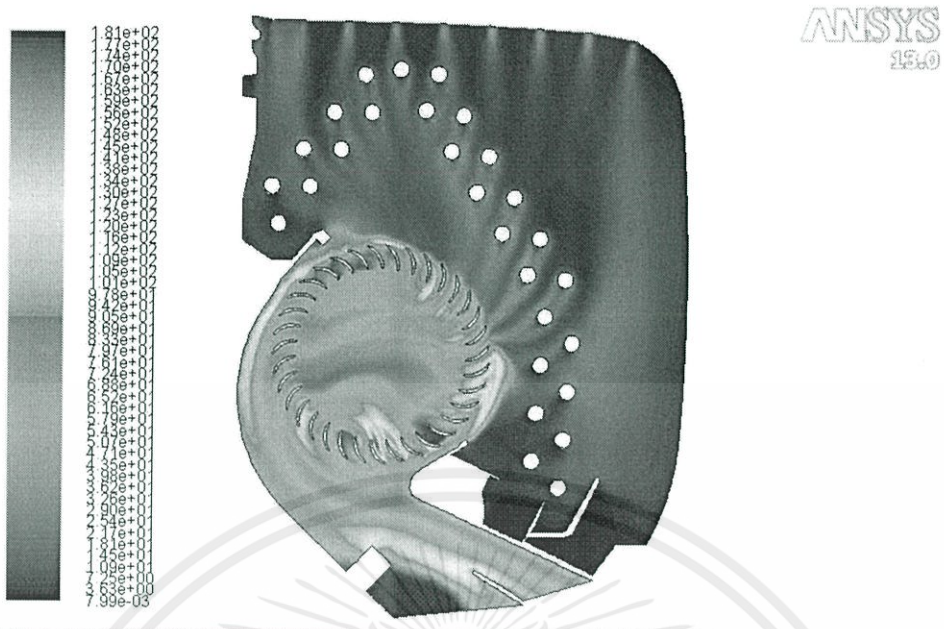


รูปที่ 4.243 แสดง Contours ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง



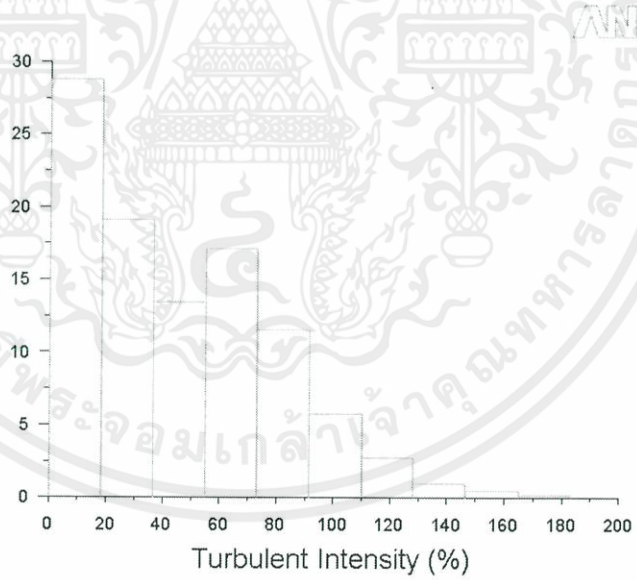
รูปที่ 4.244 แสดง Histogram ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Turbulent Intensity (%) Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.245 แสดง Contours ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง



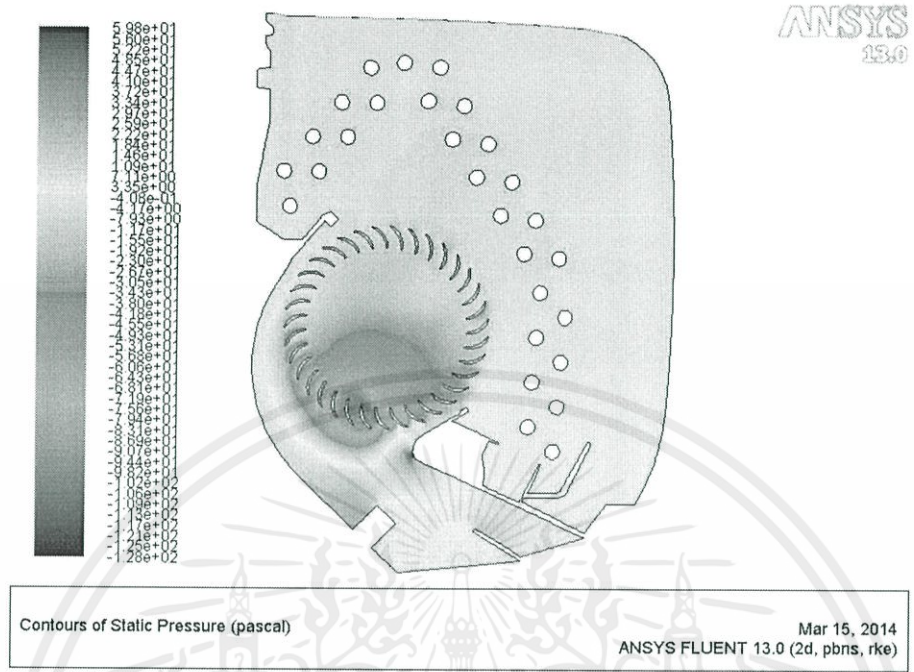
Histogram of Turbulent Intensity Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.246 แสดง Histogram ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง:

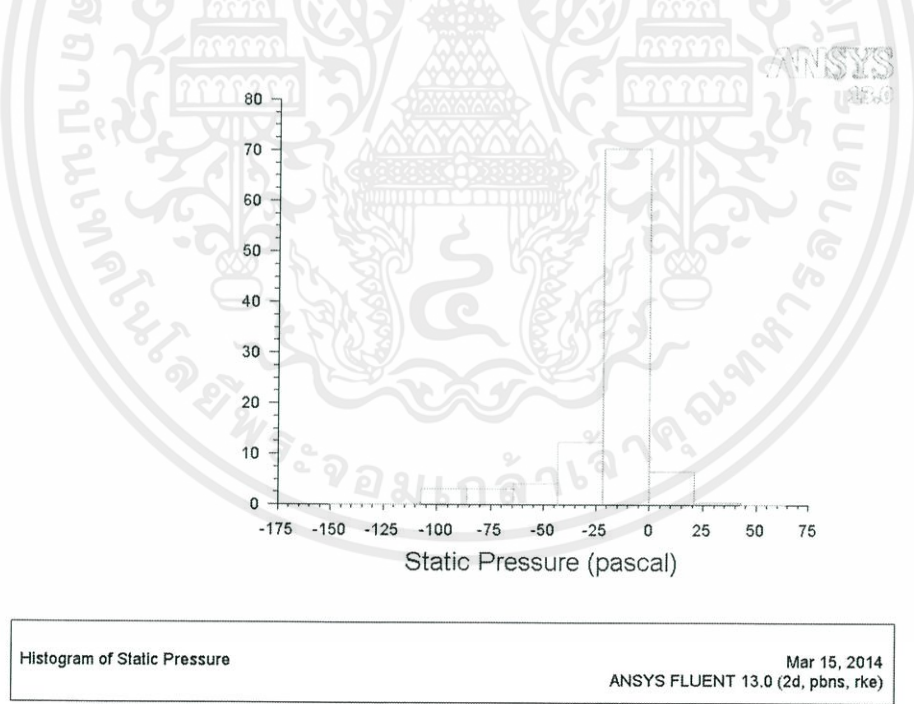
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



4.4.2.7.3 แบบที่ 8 ที่ความเร็วรอบสูง (126.65 rad/s)



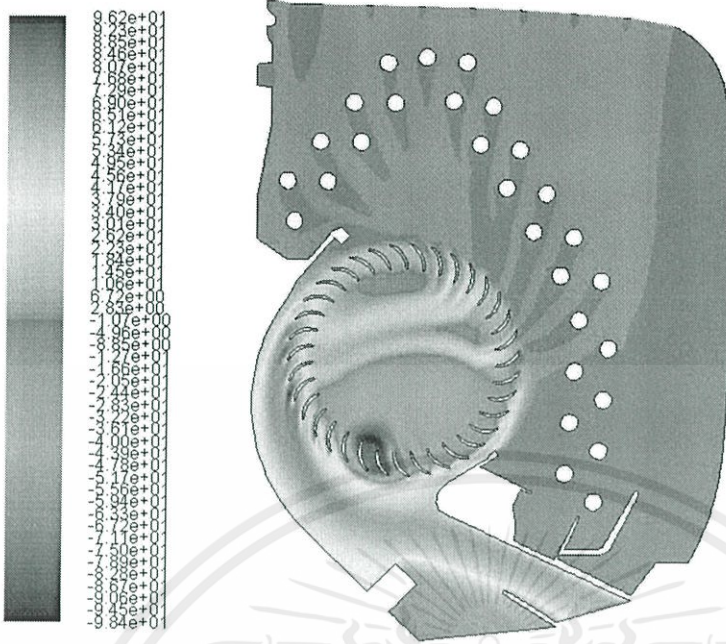
รูปที่ 4.249 แสดง Contours ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง



รูปที่ 4.250 แสดง Histogram ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

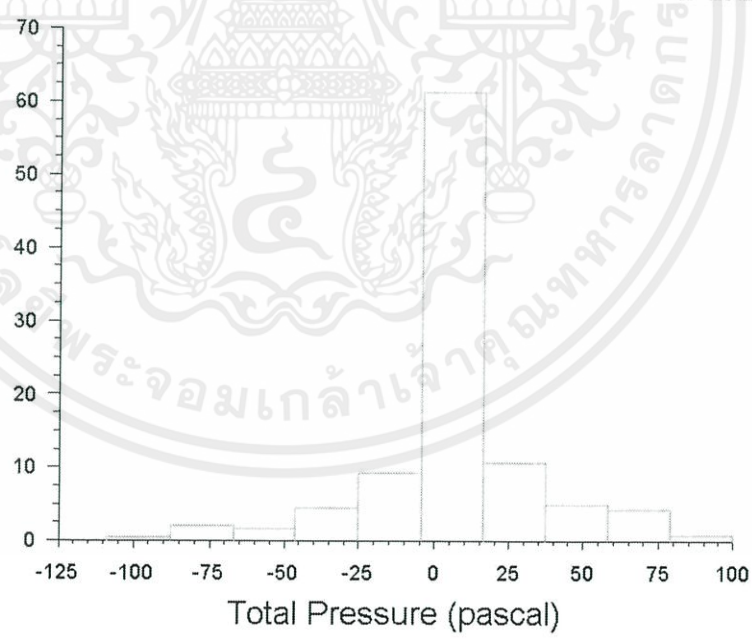
ANSYS 13.0



Contours of Total Pressure (pascal) Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.251 แสดง Contours ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

ANSYS 13.0



Histogram of Total Pressure Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

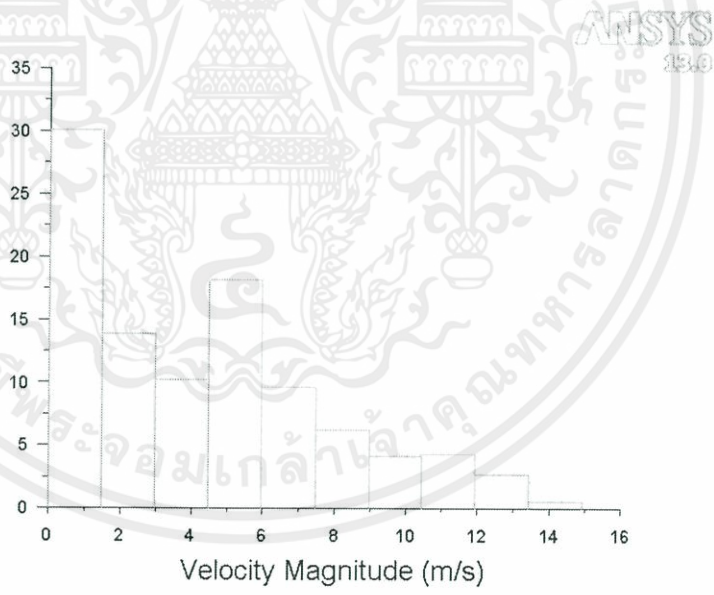
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรใช้เพื่อการค้า

ไม่ว่ากรณีรูปที่ 4.252 แสดง Histogram ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง



Contours of Velocity Magnitude (m/s) Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.253 แสดง Contours ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง



Histogram of Velocity Magnitude Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

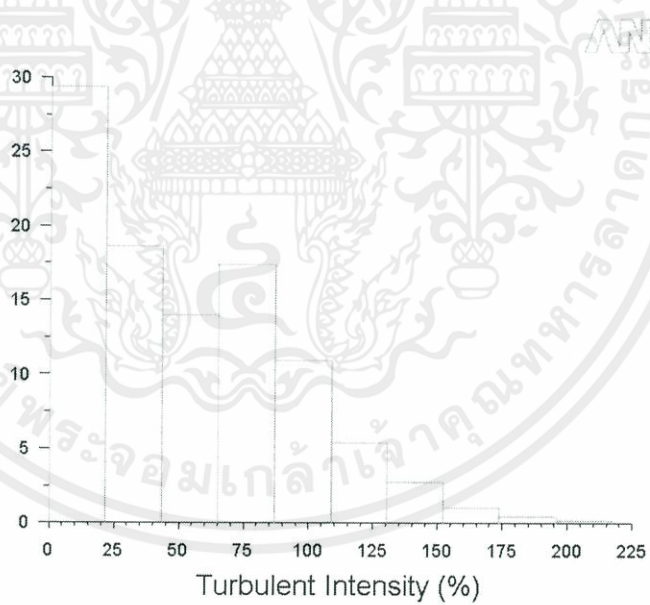
รูปที่ 4.254 แสดง Histogram ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Turbulent Intensity (%) Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.255 แสดง Contours ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง



Histogram of Turbulent Intensity Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

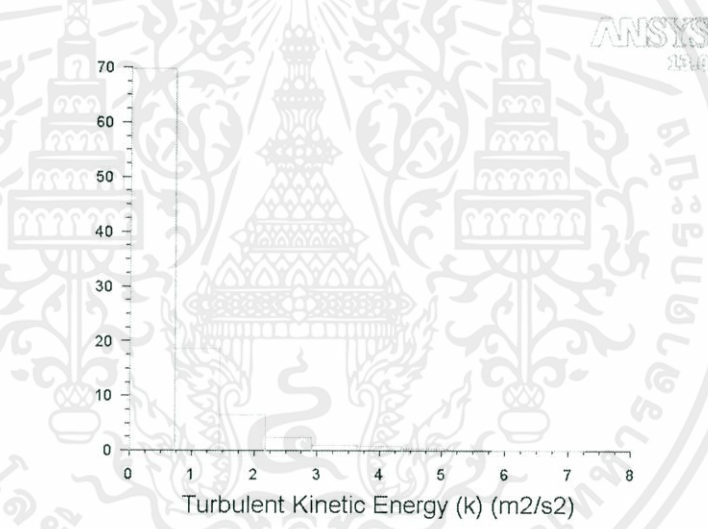
รูปที่ 4.256 แสดง Histogram ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Turbulent Kinetic Energy (k) (m2/s2) Apr 11, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.257 แสดง Contours ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง



Histogram of Turbulent Kinetic Energy (k) Apr 11, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

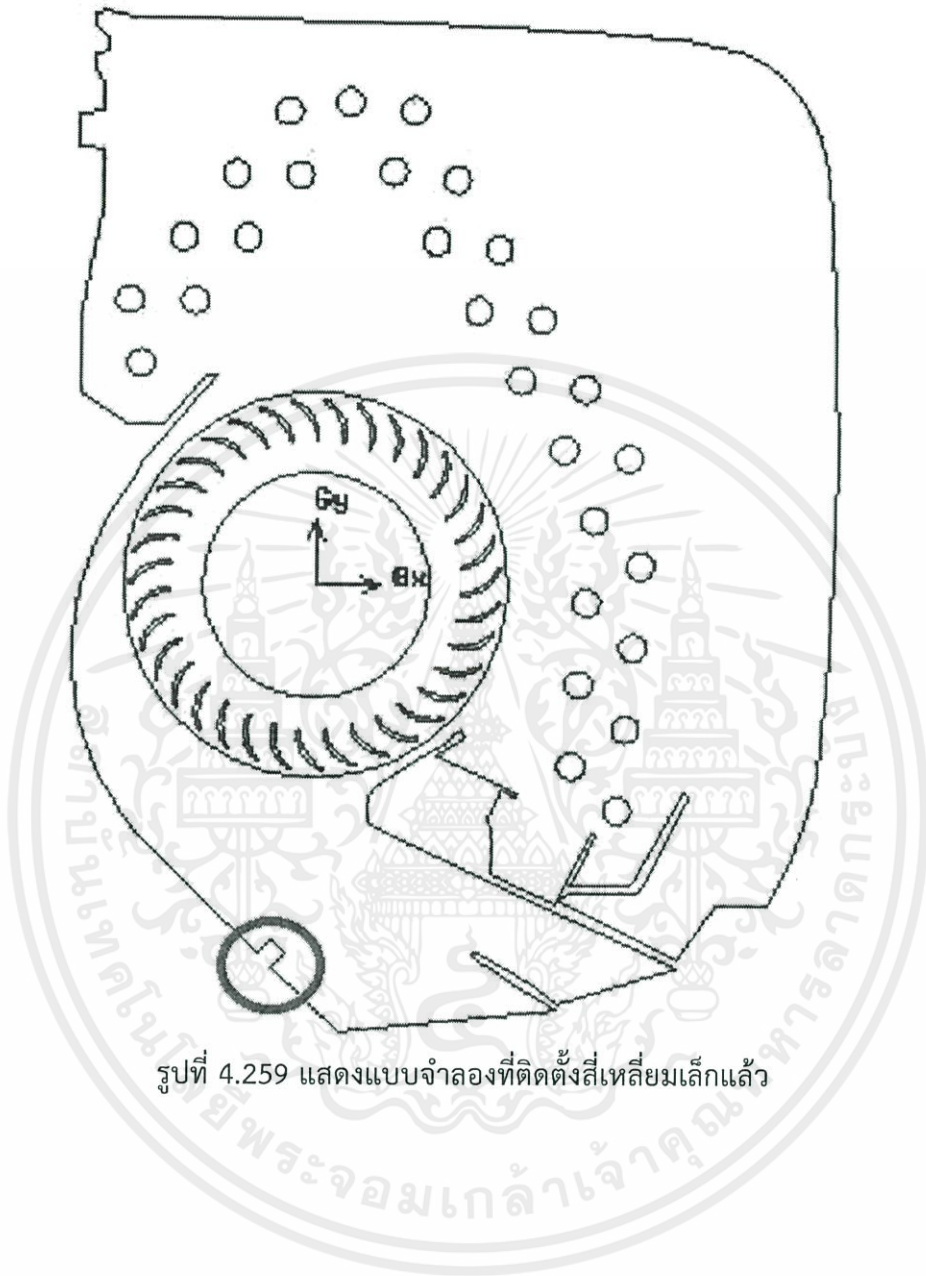
รูปที่ 4.258 แสดง Histogram ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

ตารางที่ 4.34 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 8 ที่ความเร็วรอบสูง

Static Pressure (Pa)	Total Pressure (Pa)	Velocity Magnitude (m/s)	Turbulent Intensity (%)	Turbulent Kinetic Energy (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )
-16.4674	-3.81216	4.208156	50.72298	0.741085

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่สู่สาธารณะ การค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุขัดแย้งเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งหากมีประโยชน์

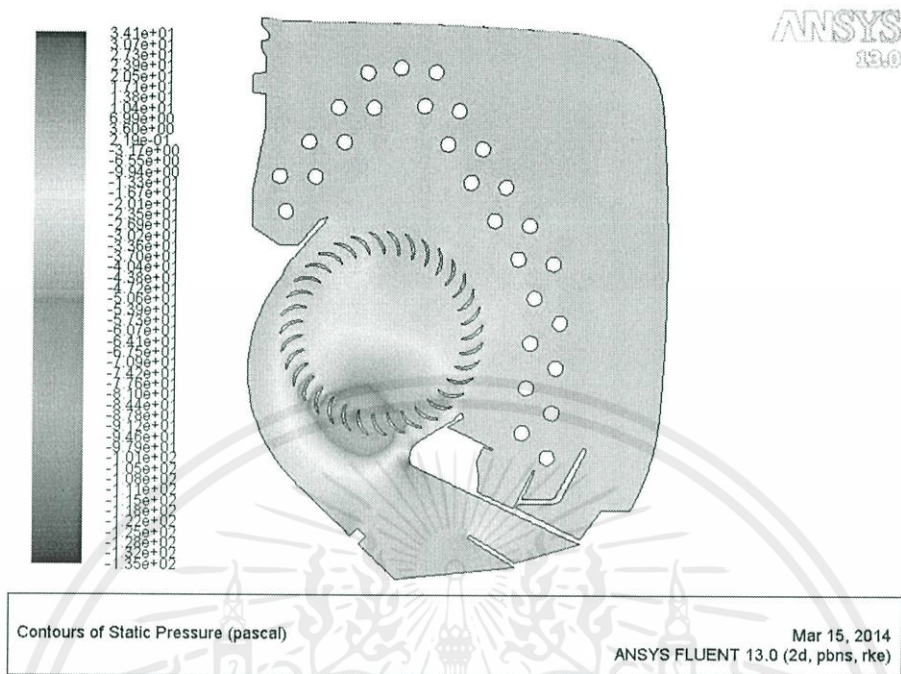
## 4.4.2.8 แบบที่ 9



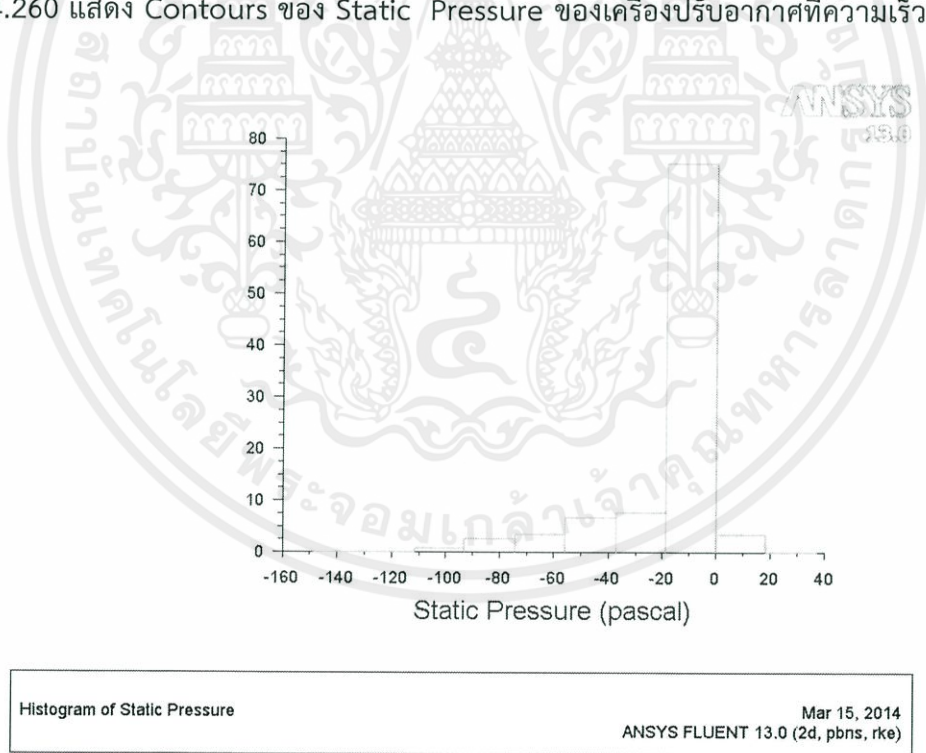
รูปที่ 4.259 แสดงแบบจำลองที่ติดตั้งสี่เหลี่ยมเล็กแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2.8.1 แบบที่ 9 ที่ความเร็วรอบต่ำ (90.01 rad/s)

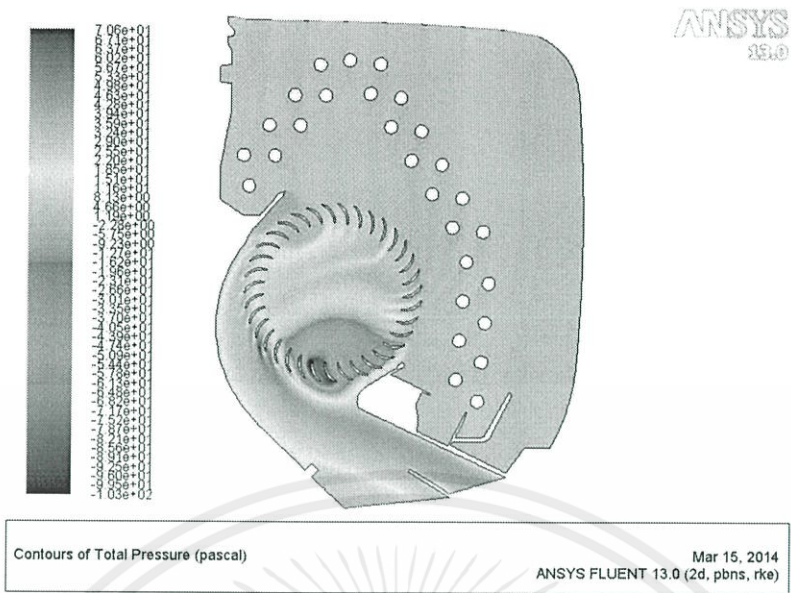


รูปที่ 4.260 แสดง Contours ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

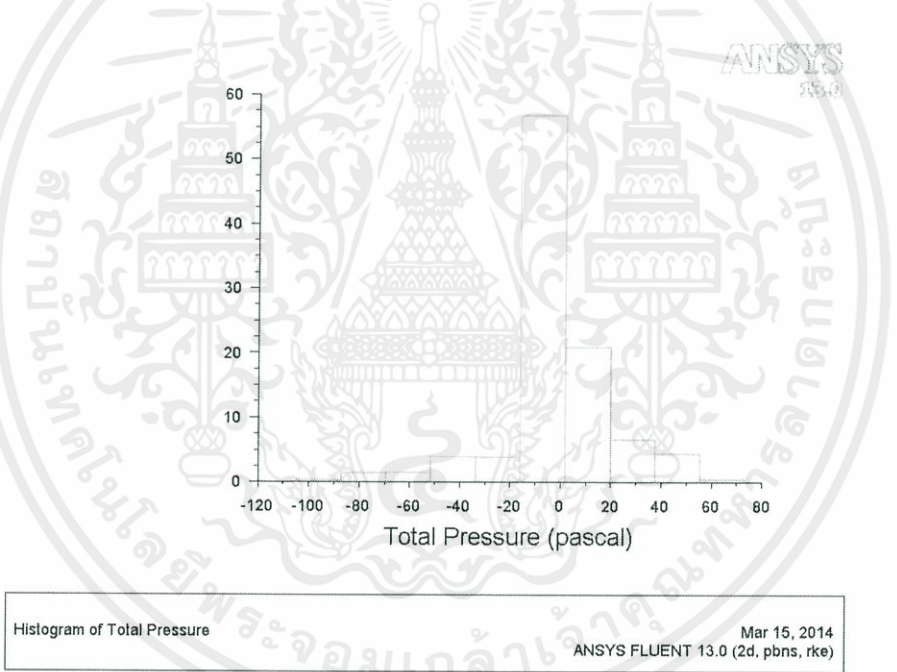


รูปที่ 4.261 แสดง Histogram ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.262 แสดง Contours ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



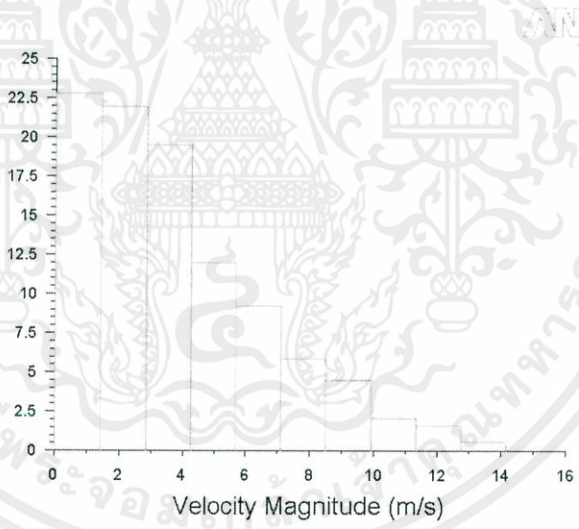
รูปที่ 4.263 แสดง Histogram ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Velocity Magnitude (m/s) Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

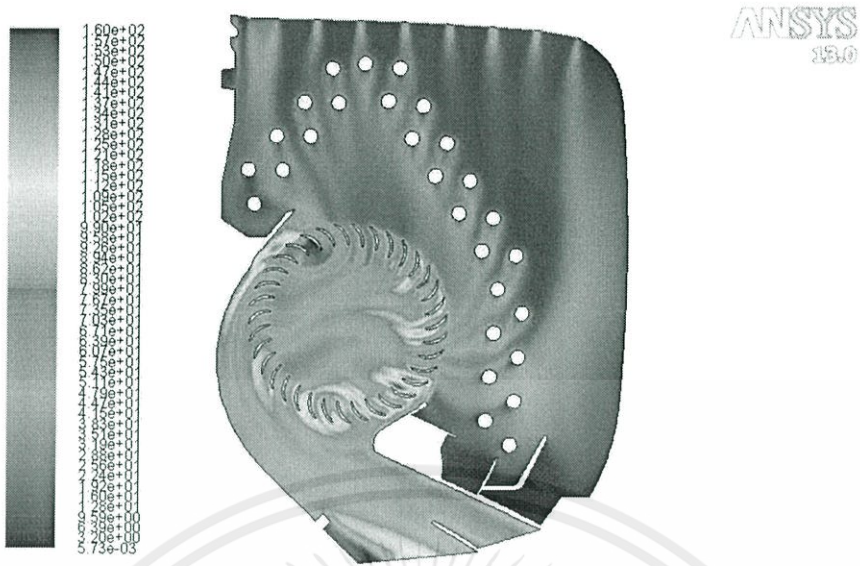
รูปที่ 4.264 แสดง Contours ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



Histogram of Velocity Magnitude Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

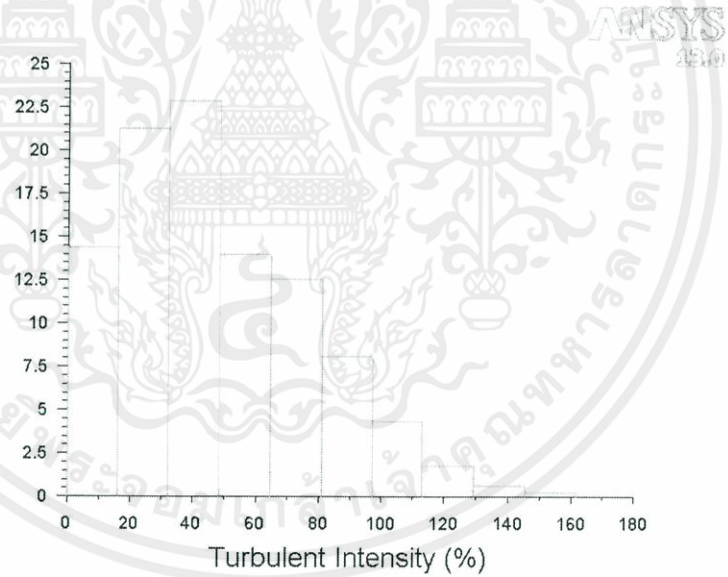
รูปที่ 4.265 แสดง Hitogram ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Turbulent Intensity (%) Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

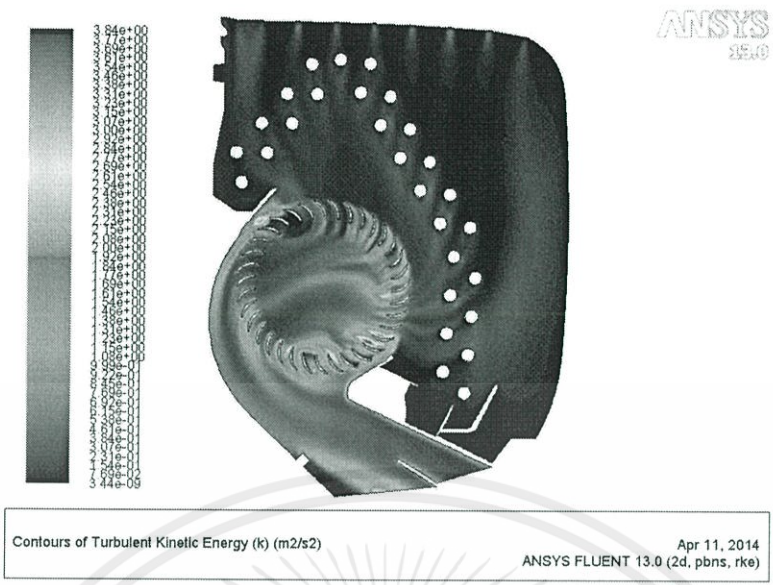
รูปที่ 4.266 แสดง Contours ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



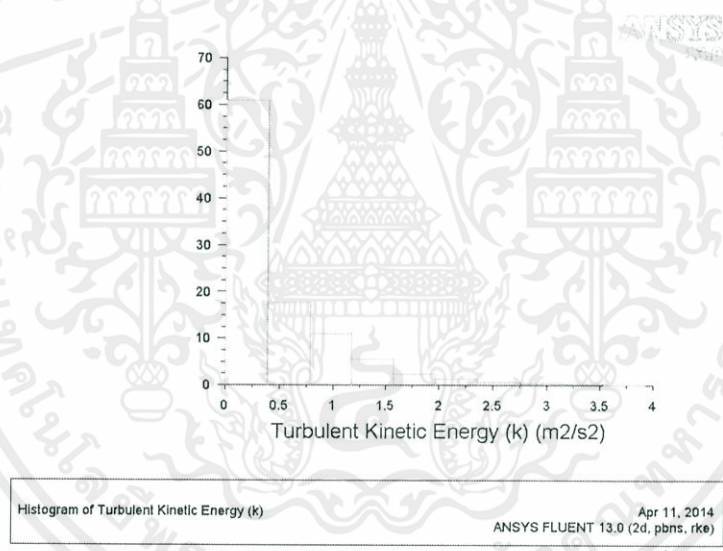
Histogram of Turbulent Intensity Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.267 แสดง Histogram ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.268 แสดง Contours ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



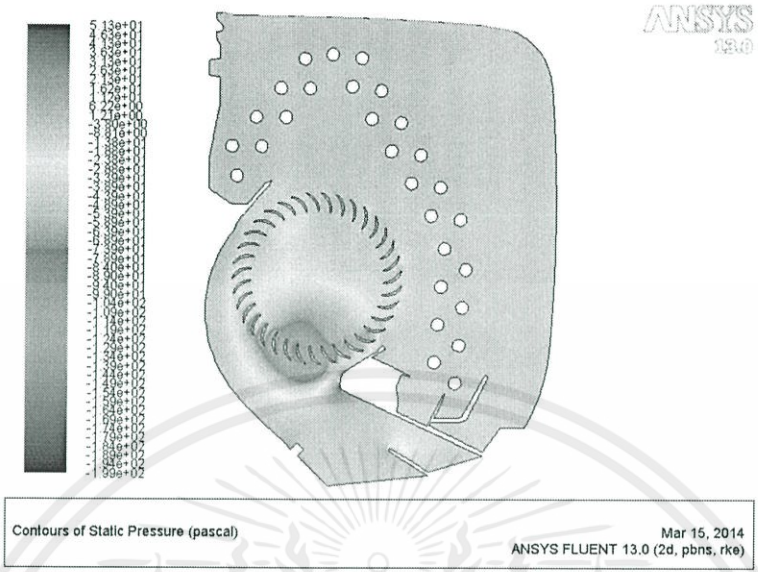
รูปที่ 4.269 แสดง Histogram ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

ตารางที่ 4.35 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 9 ที่ความเร็วรอบต่ำ

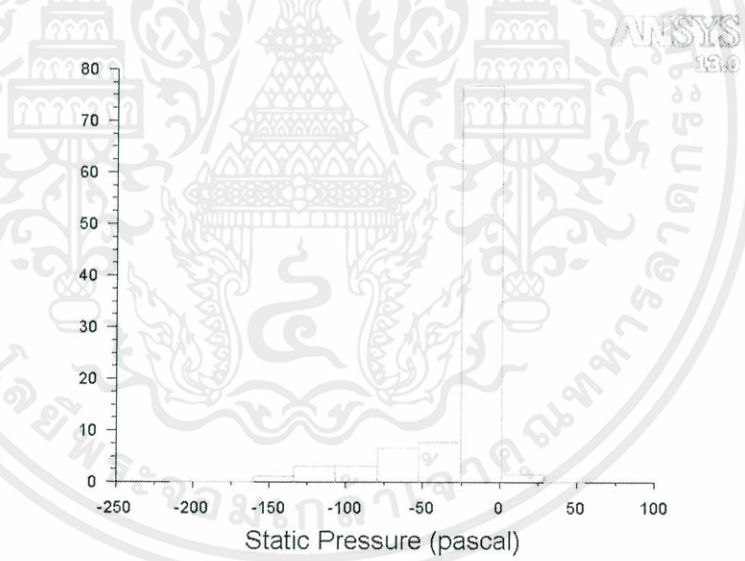
Static Pressure (Pa)	Total Pressure (Pa)	Velocity Magnitude (m/s)	Turbulent Intensity (%)	Turbulent Kinetic Energy (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )
-17.4147	-2.56302	3.862616	47.65621	0.514322

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2.8.2 แบบที่ 9 ที่ความเร็วรอบปานกลาง (108.33 rad/s)

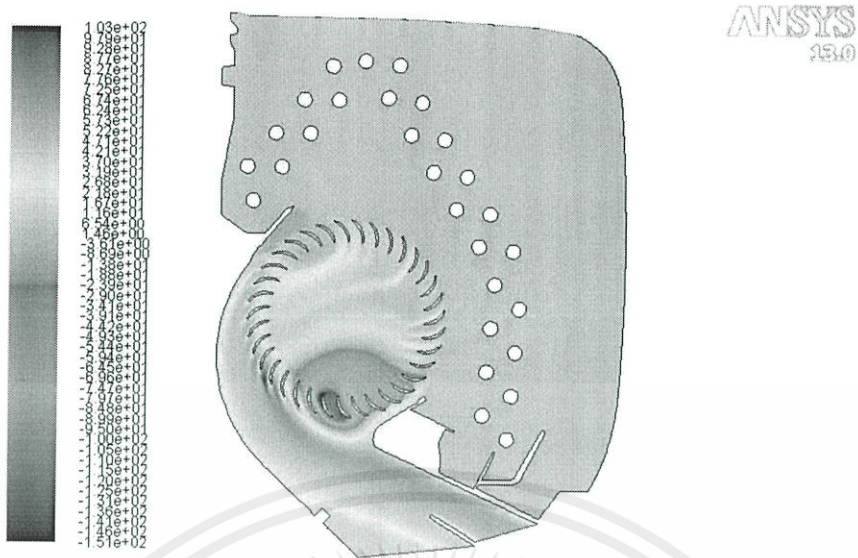


รูปที่ 4.270 แสดง Contours ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง



รูปที่ 4.271 แสดง Histogram ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Total Pressure (pascal) Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

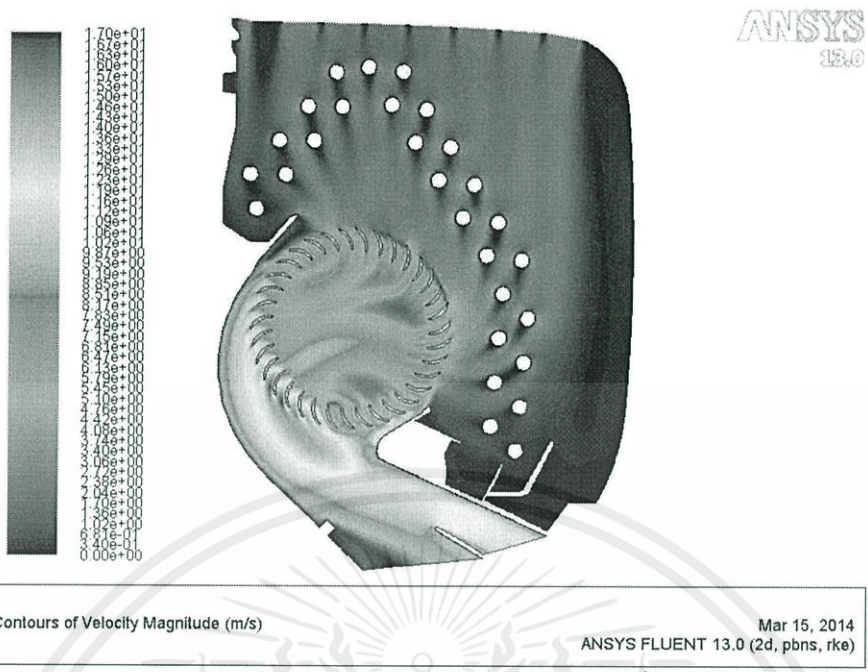
รูปที่ 4.272 แสดง Contours ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง



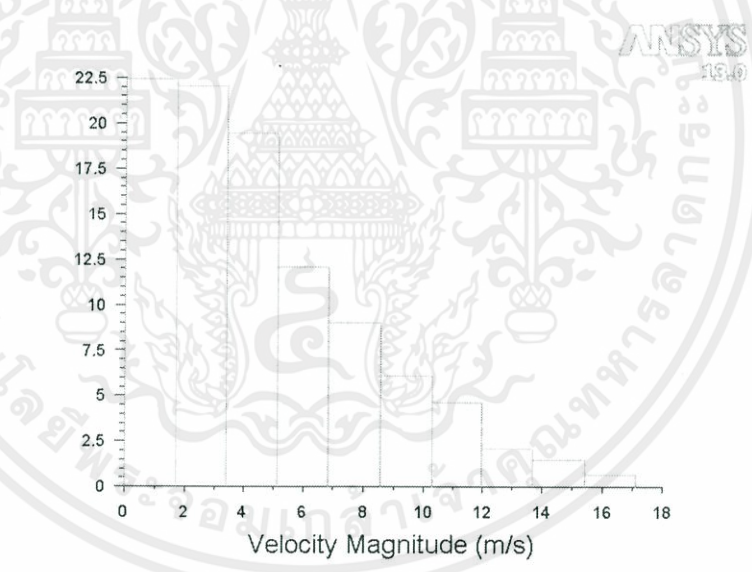
Histogram of Total Pressure Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.273 แสดง Histogram ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

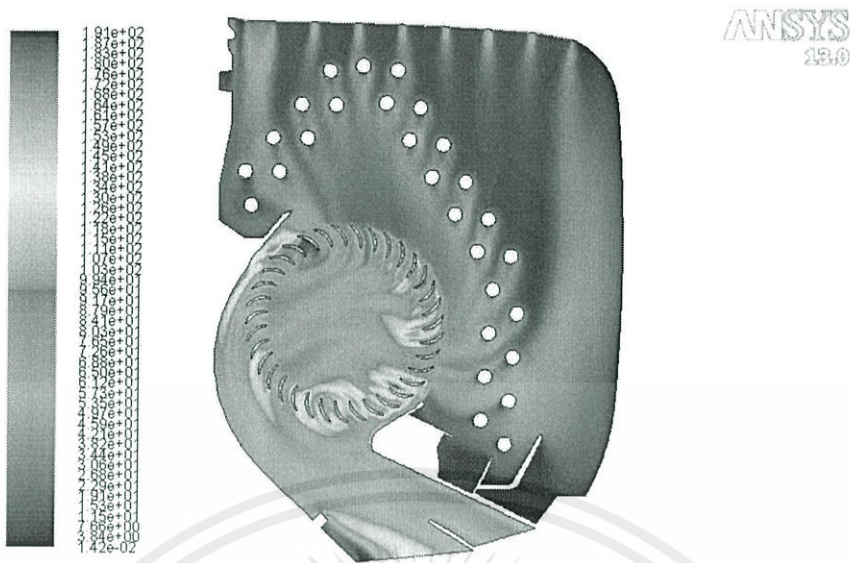


รูปที่ 4.274 แสดง Contours ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

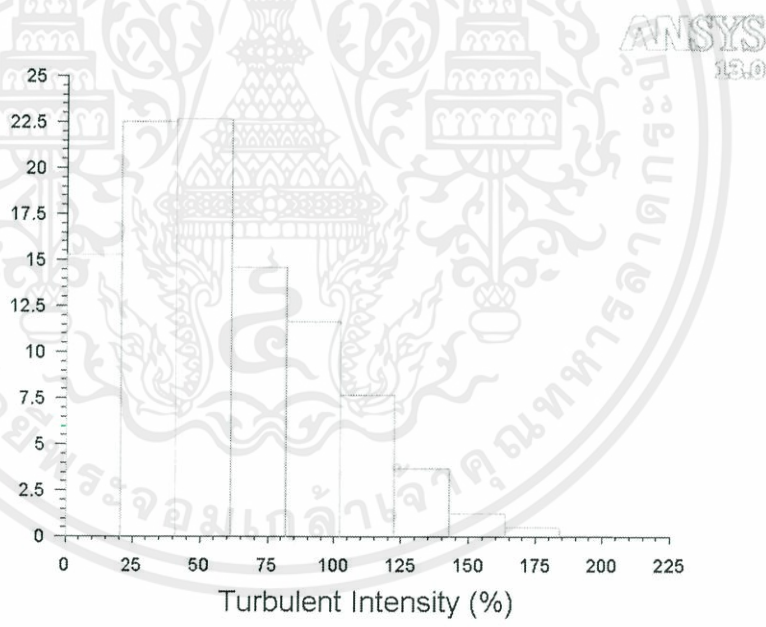


รูปที่ 4.275 แสดง Histogram ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

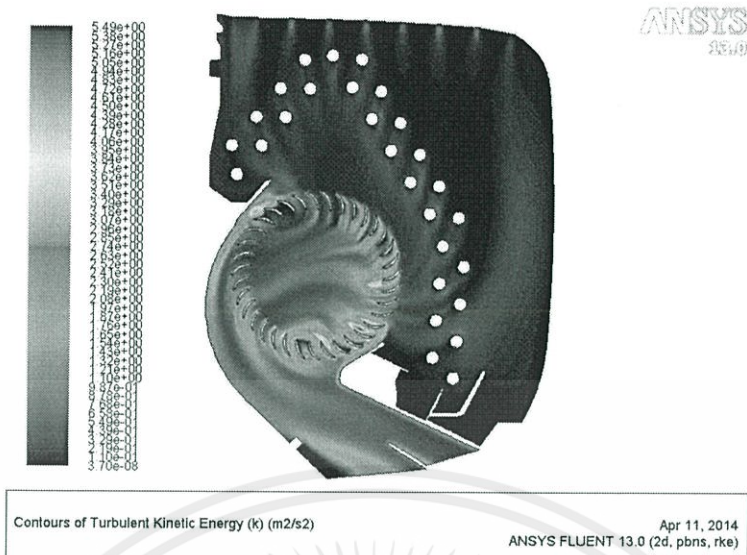


รูปที่ 4.276 แสดง Contours ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

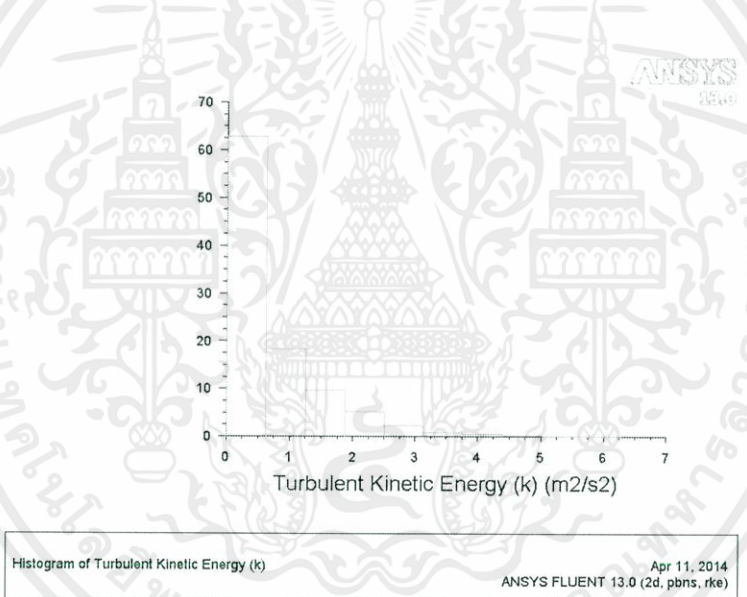


รูปที่ 4.277 แสดง Histogram ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.278 แสดง Contours ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง



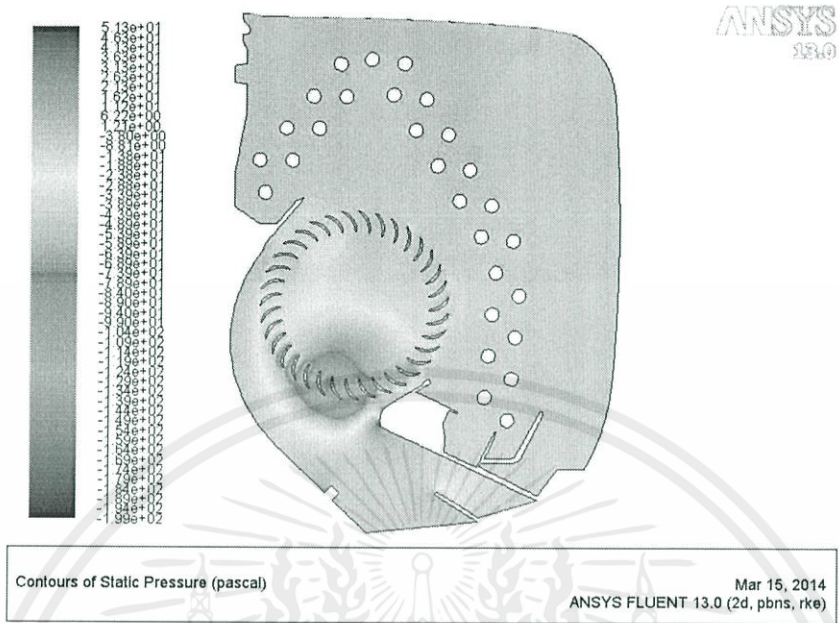
รูปที่ 4.279 แสดง Histogram ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

ตารางที่ 4.36 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 9 ที่ความเร็วรอบปานกลาง

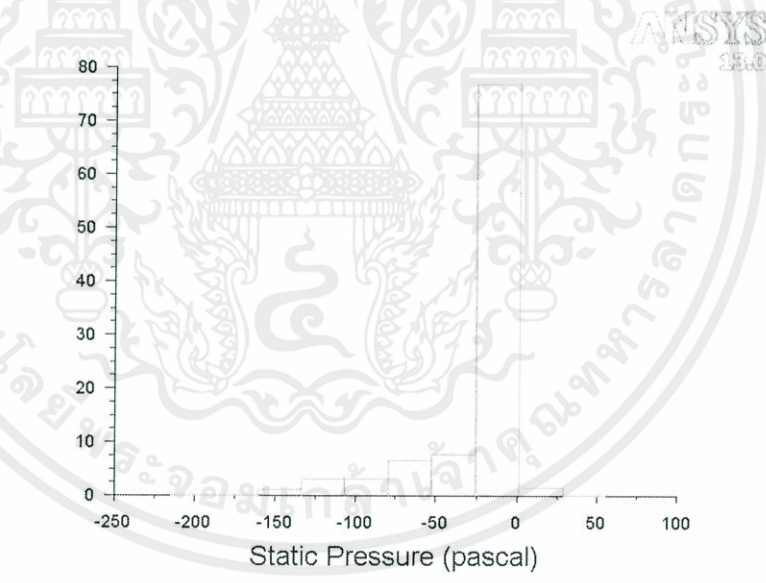
Static Pressure (Pa)	Total Pressure (Pa)	Velocity Magnitude (m/s)	Turbulent Intensity (%)	Turbulent Kinetic Energy (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )
-24.4539	-3.38211	4.332791	57.81691	0.765918

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2.8.3 แบบที่ 9 ที่ความเร็วรอบสูง (126.65 rad/s)

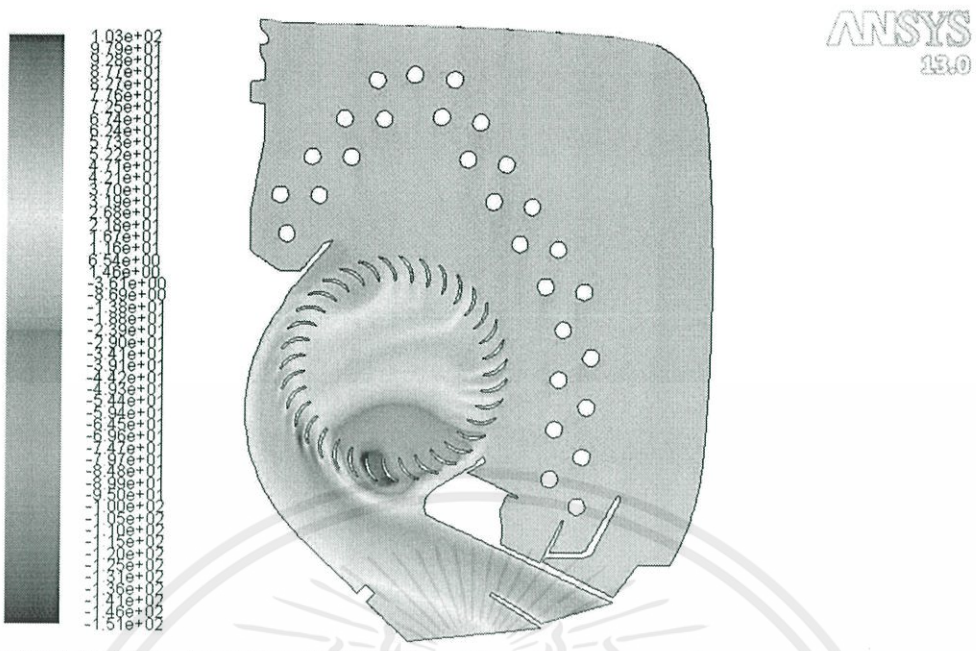


รูปที่ 4.280 แสดง Contours ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง



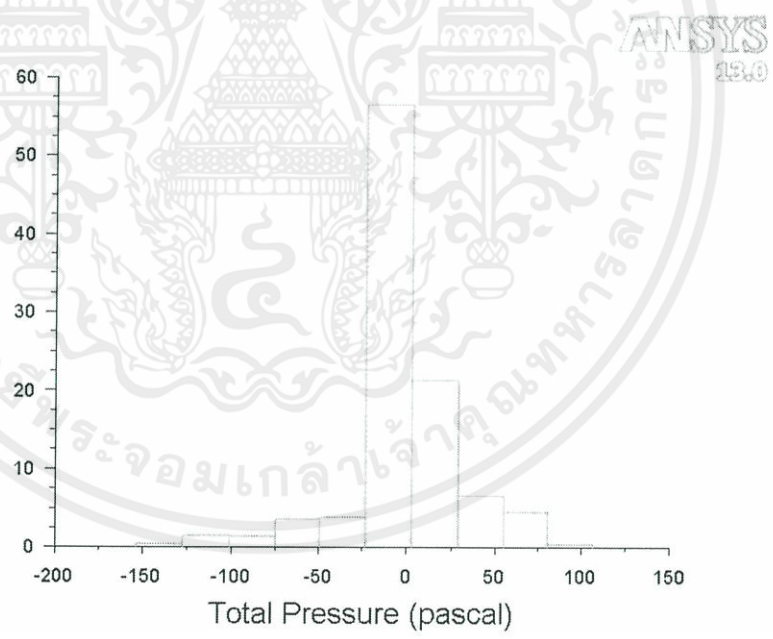
รูปที่ 4.281 แสดง Histogram ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Total Pressure (pascal) Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.282 แสดง Contours ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง



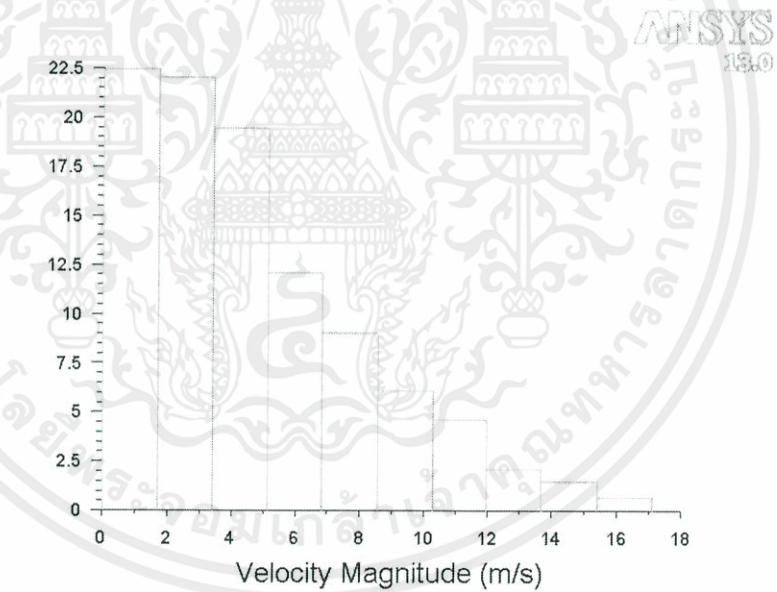
Histogram of Total Pressure Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.283 แสดง Histogram ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Velocity Magnitude (m/s) Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

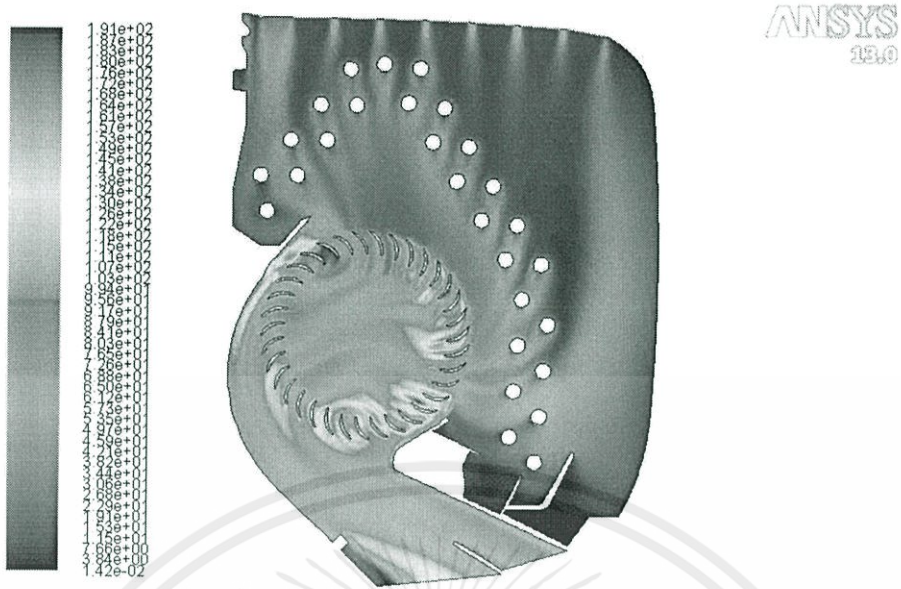
รูปที่ 4.284 แสดง Contours ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง



Histogram of Velocity Magnitude Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

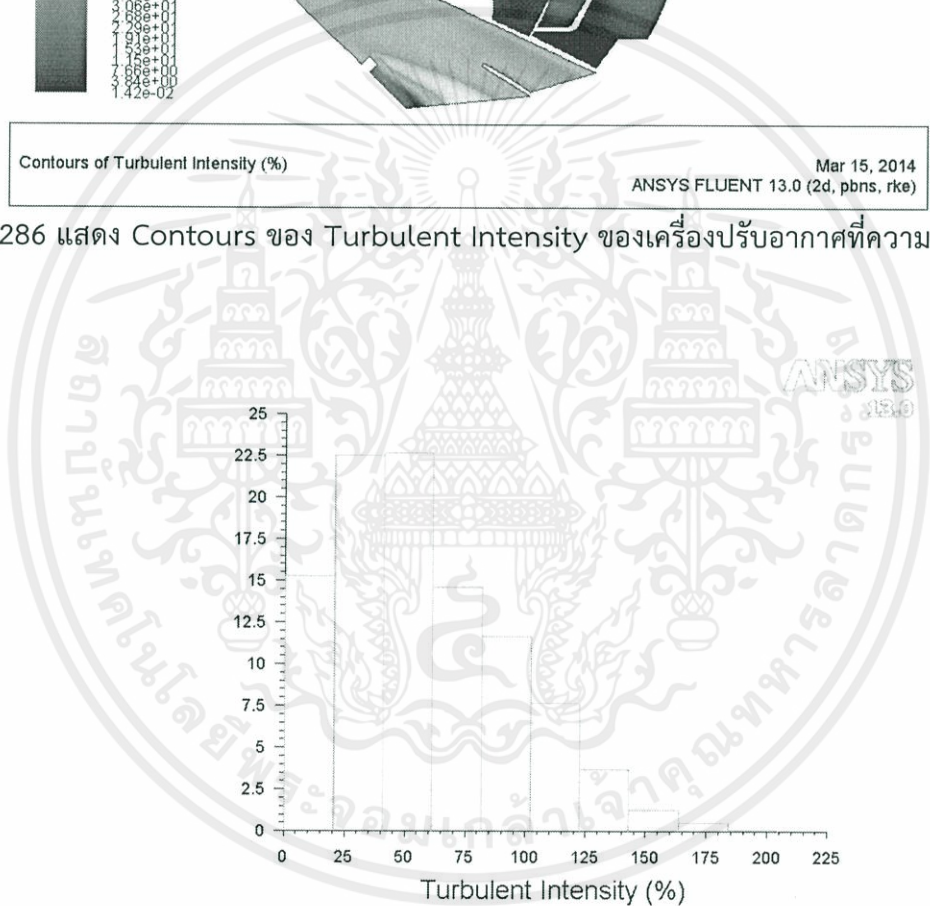
รูปที่ 4.285 แสดง Histogram ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Turbulent Intensity (%) Mar 15, 2014 ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

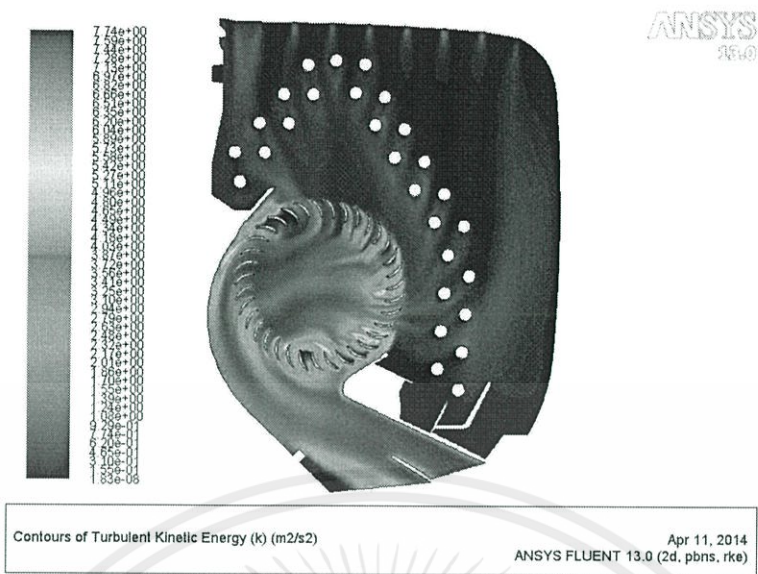
รูปที่ 4.286 แสดง Contours ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง



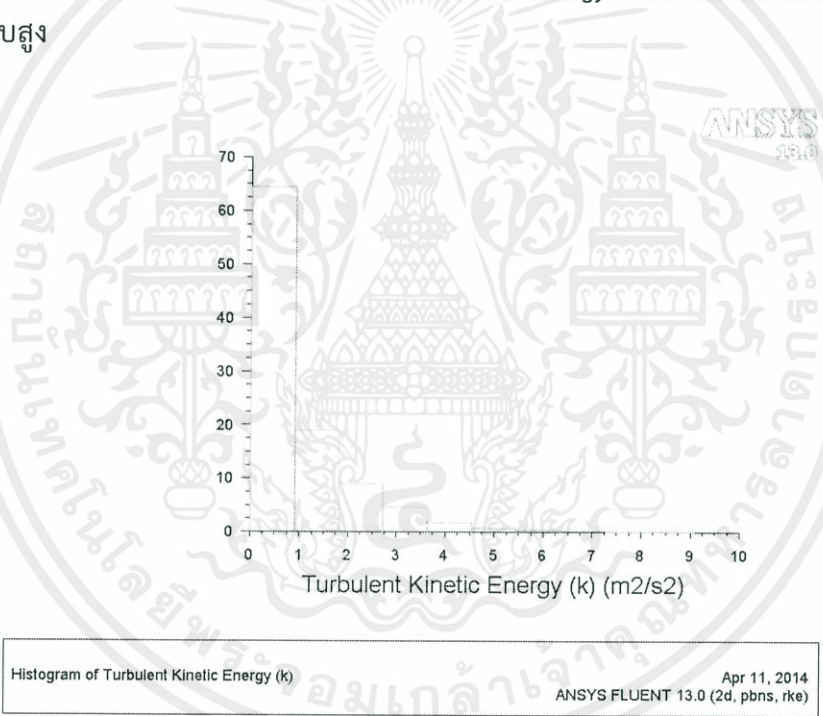
Histogram of Turbulent Intensity Mar 15, 2014 ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.287 แสดง Contours ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.288 แสดง Contours ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

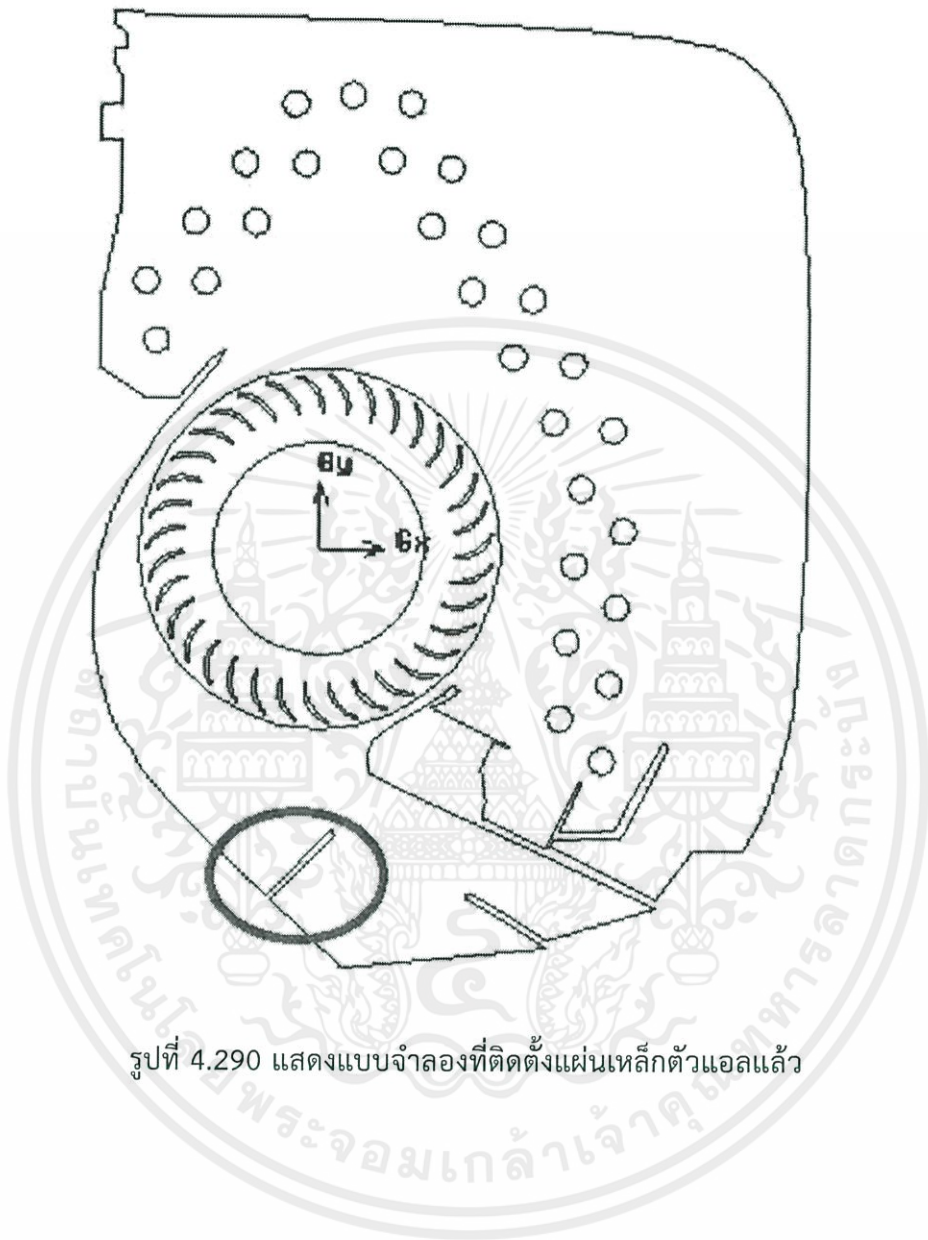


รูปที่ 4.289 แสดง Histogram ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

ตารางที่ 4.37 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 9 ที่ความเร็วรอบสูง

Static Pressure (Pa)	Total Pressure (Pa)	Velocity Magnitude (m/s)	Turbulent Intensity (%)	Turbulent Kinetic Energy (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )
-32.3613	-1.71177	5.551456	66.84233	1.046474

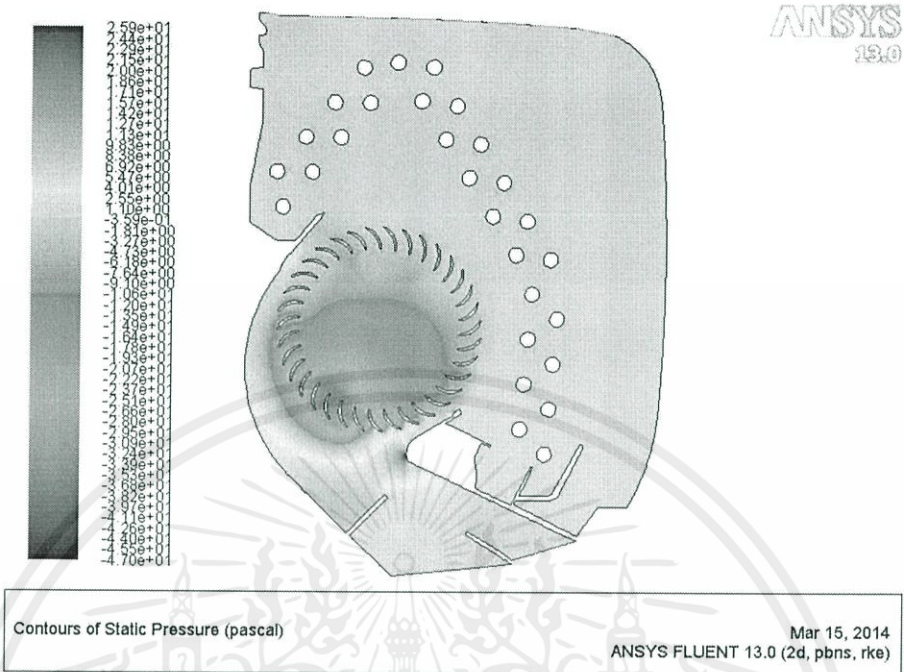
## 4.4.2.9 แบบที่ 10



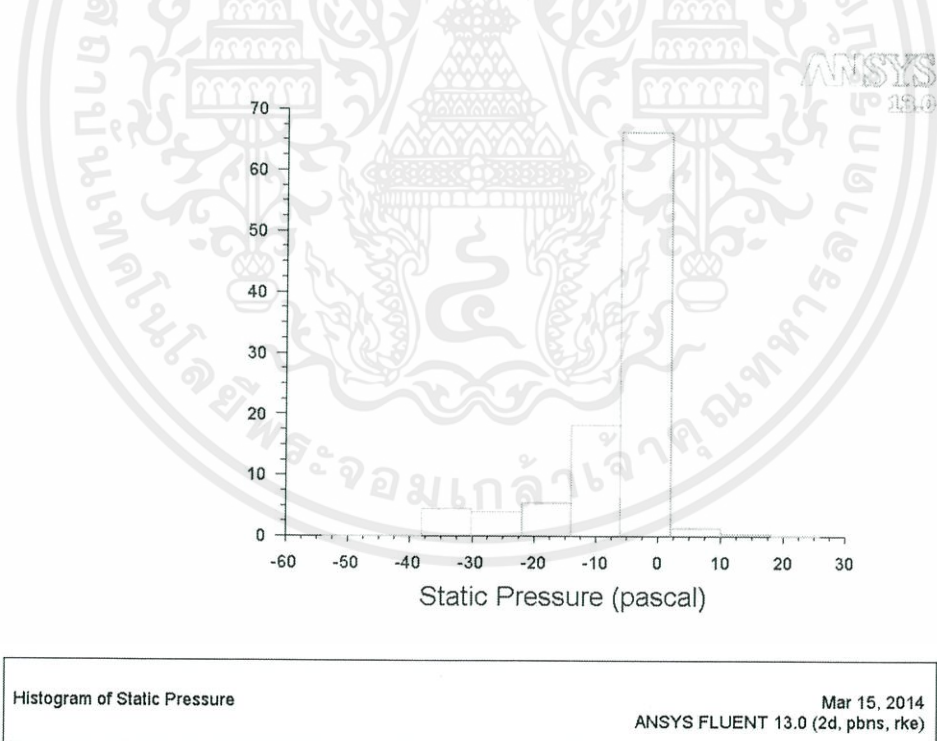
รูปที่ 4.290 แสดงแบบจำลองที่ติดตั้งแผ่นเหล็กตัวแอลแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2.9.1 แบบที่ 10 ที่ความเร็วรอบต่ำ (90.01 rad/s)

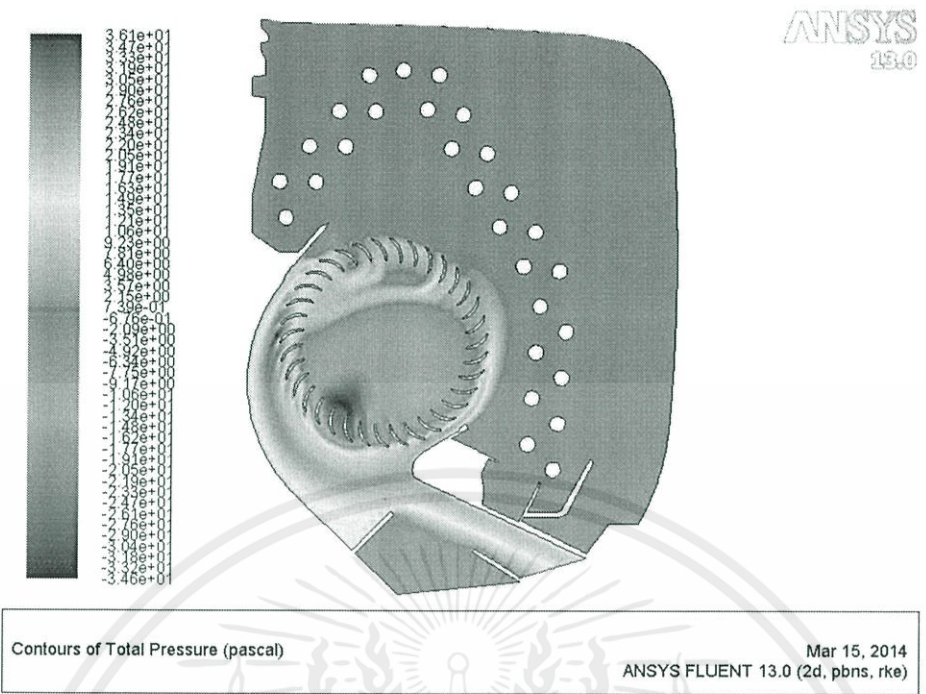


รูปที่ 4.291 แสดง Contours ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

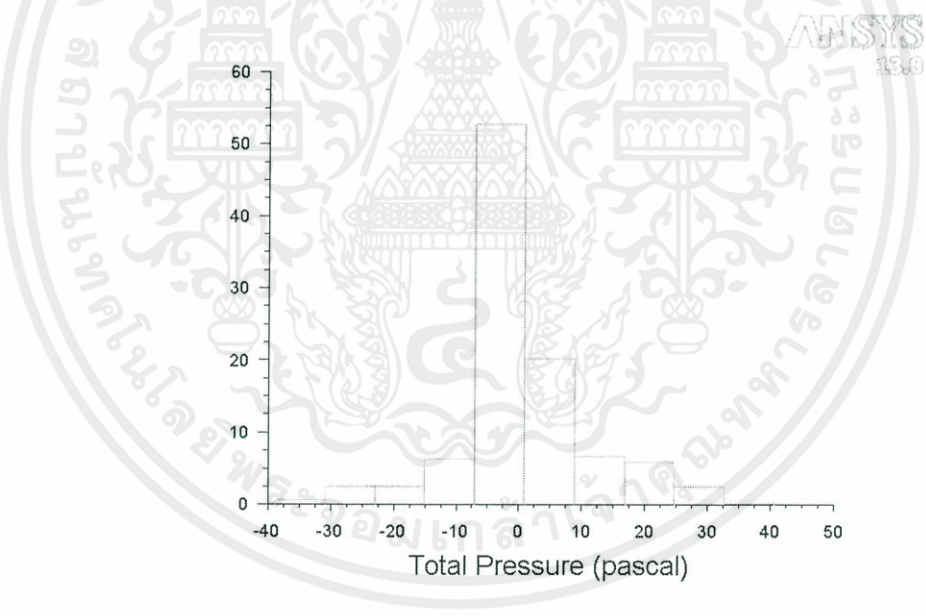


รูปที่ 4.292 แสดง Histogram ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

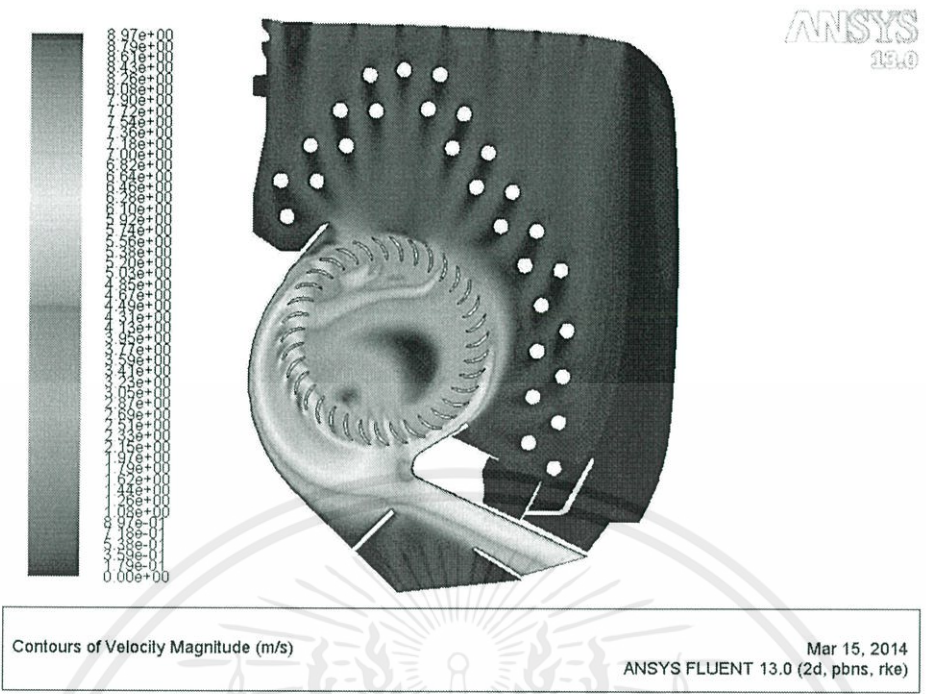


รูปที่ 4.293 แสดง Contours ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

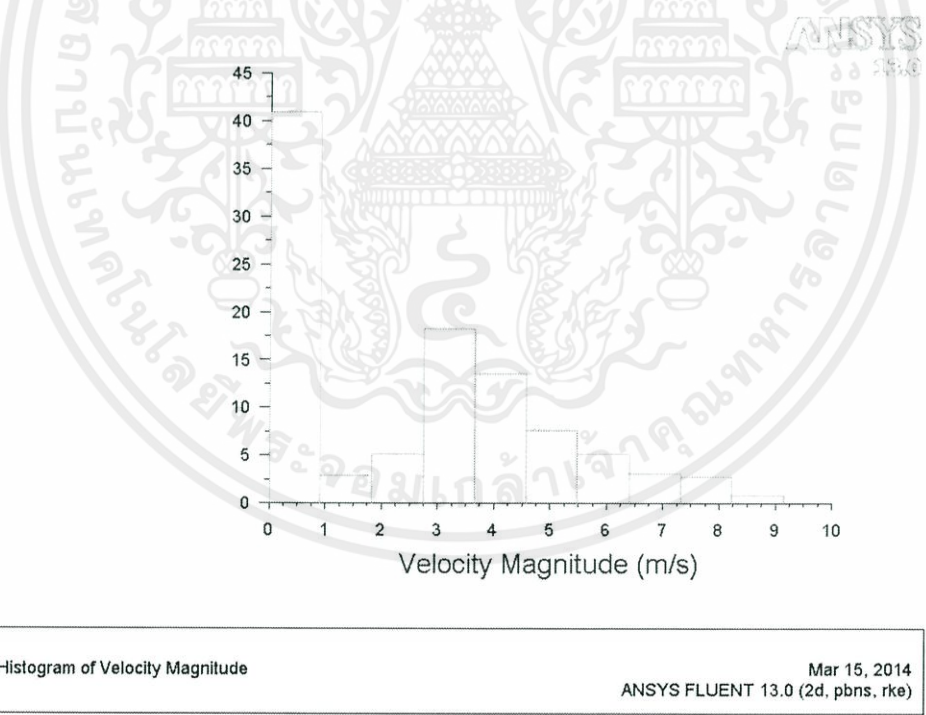


รูปที่ 4.294 แสดง Histogram ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

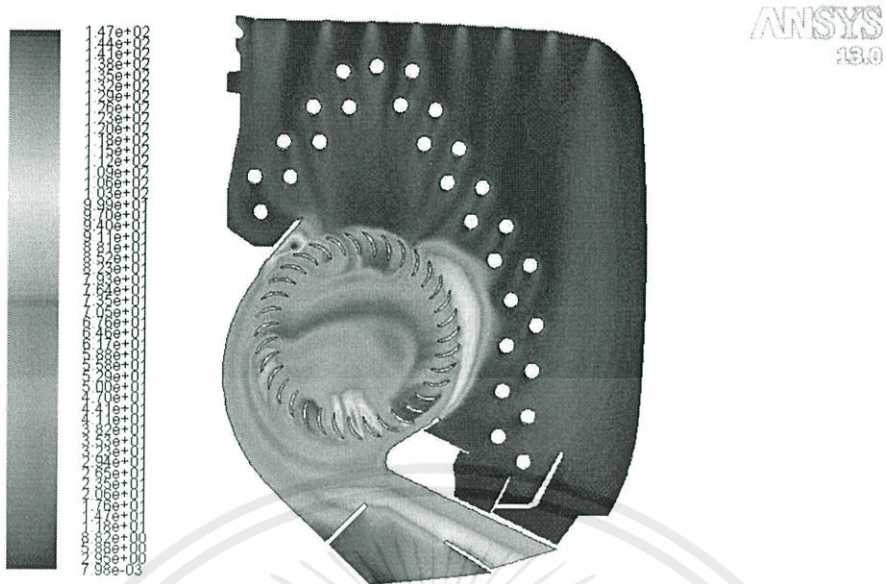


รูปที่ 4.295 แสดง Contours ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



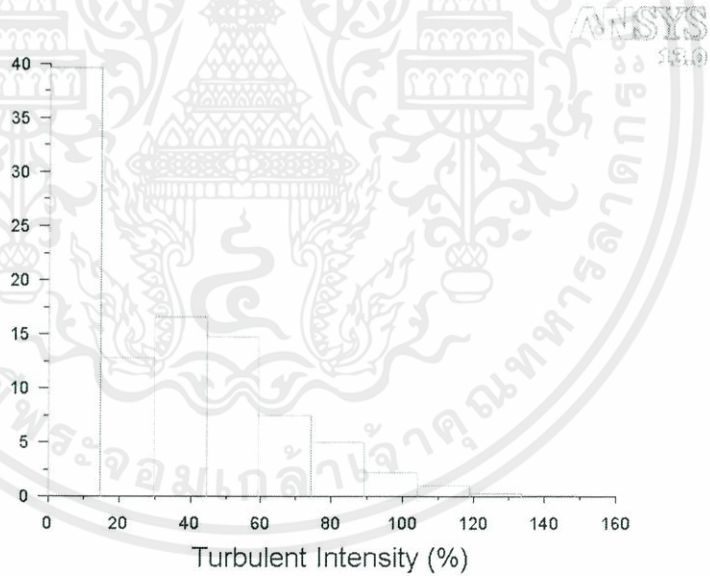
รูปที่ 4.296 แสดง Histogram ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Turbulent Intensity (%) Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

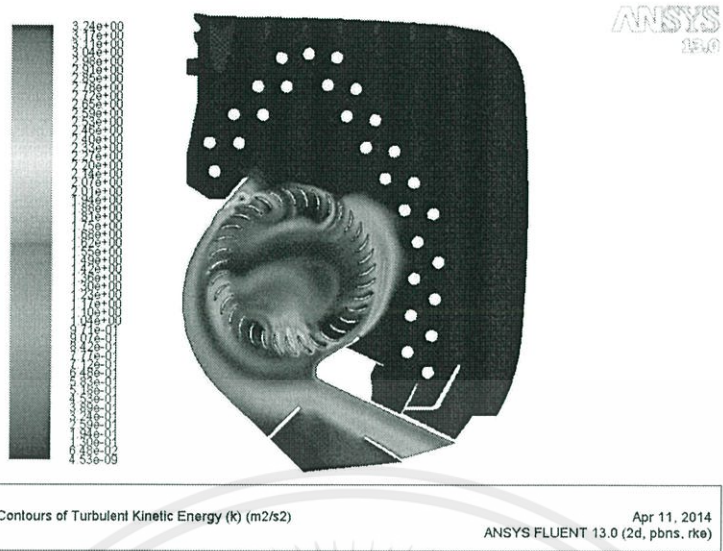
รูปที่ 4.297 แสดง Contours ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



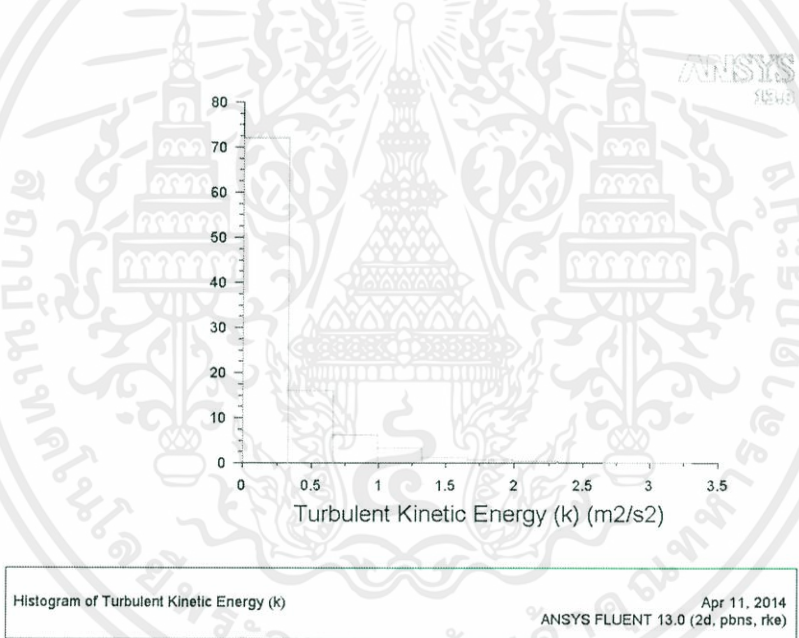
Histogram of Turbulent Intensity Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.298 แสดง Histogram ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.299 แสดง Contours ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ



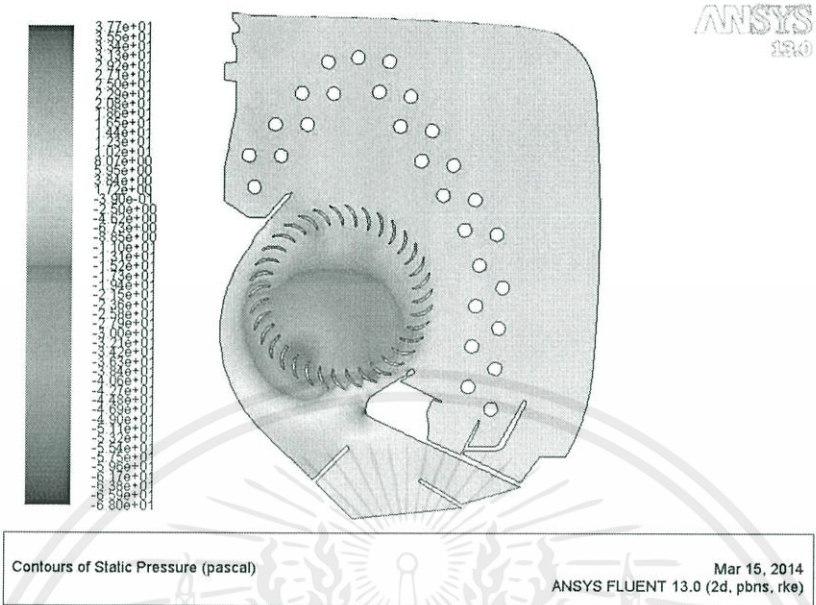
รูปที่ 4.300 แสดง Histogram ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบต่ำ

ตารางที่ 4.38 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 10 ที่ความเร็วรอบต่ำ

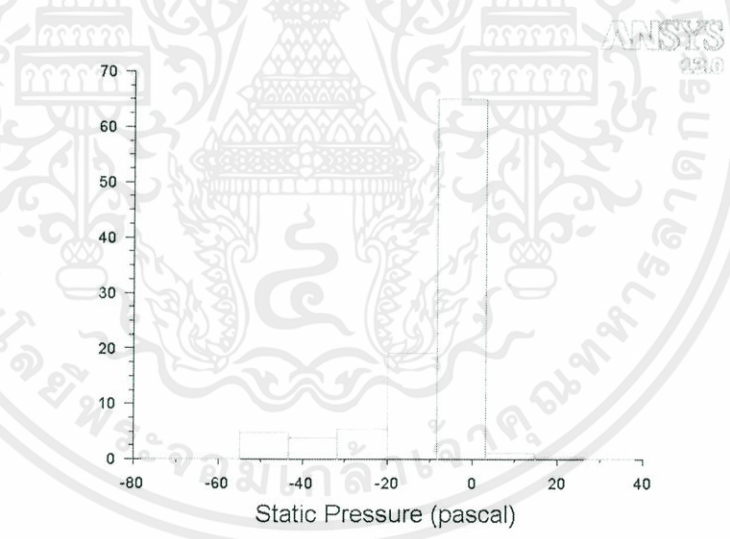
Static Pressure (Pa)	Total Pressure (Pa)	Velocity Magnitude (m/s)	Turbulent Intensity (%)	Turbulent Kinetic Energy (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )
-6.6465	0.181124	2.660561	34.20079	0.321617

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2.9.2 แบบที่ 10 ที่ความเร็วรอบปานกลาง (108.33 rad/s)

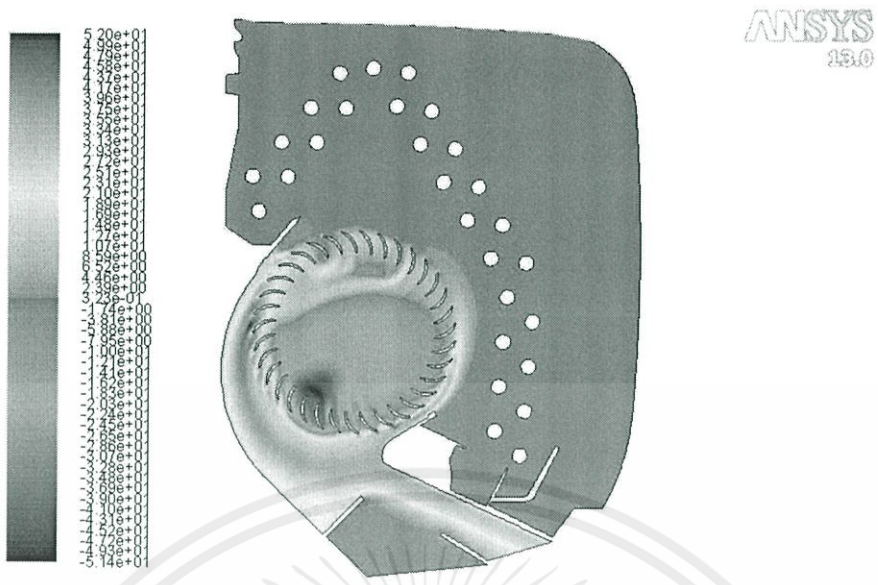


รูปที่ 4.301 แสดง Contours ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง



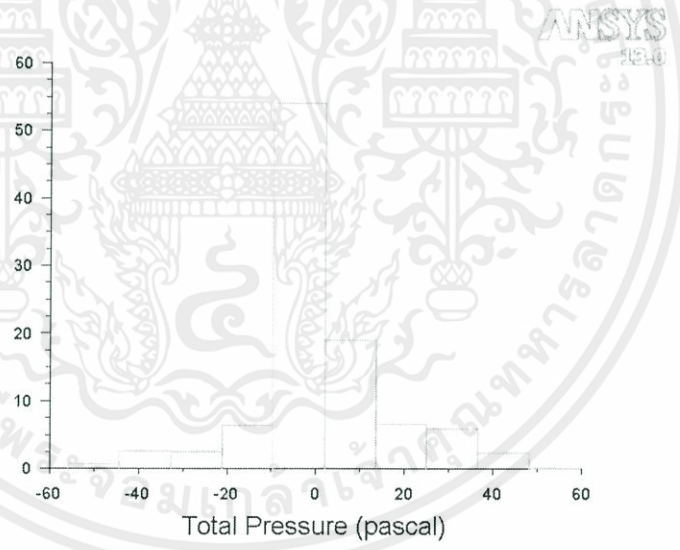
รูปที่ 4.302 แสดง Histogram ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Total Pressure (pascal) Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

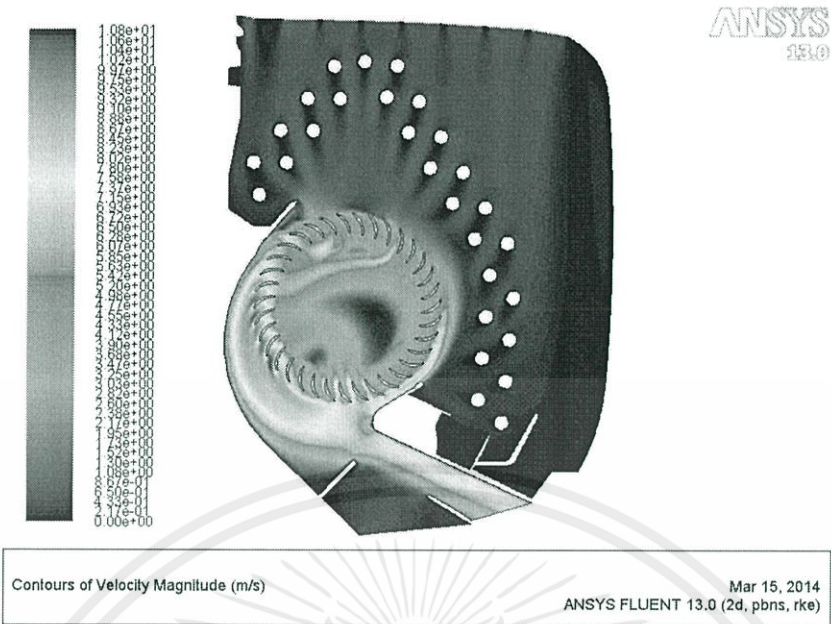
รูปที่ 4.303 แสดง Contours ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง



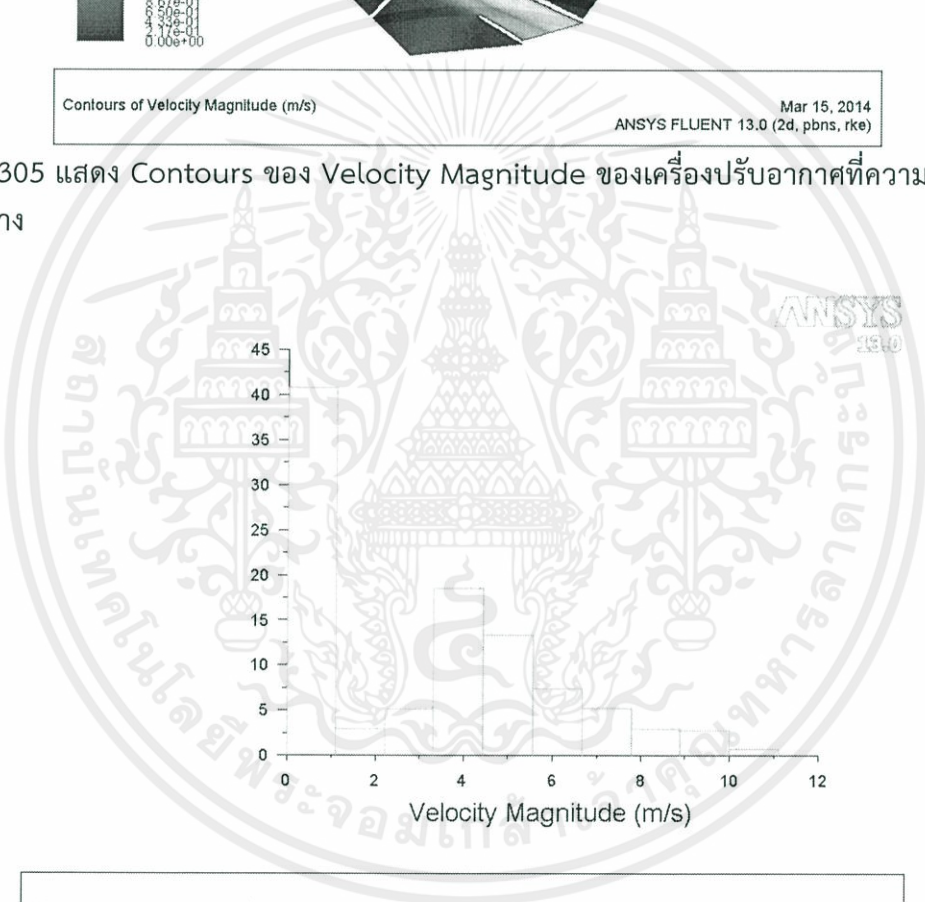
Histogram of Total Pressure Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.304 แสดง Histogram ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

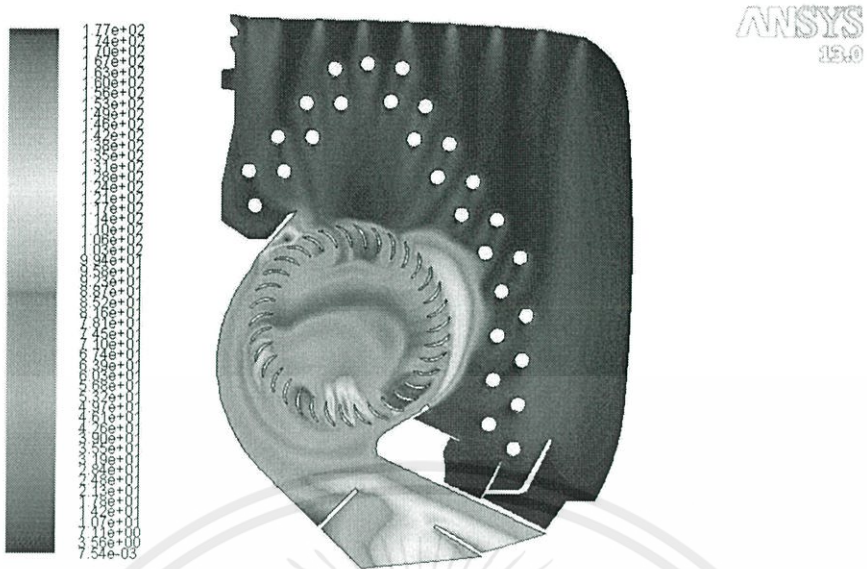


รูปที่ 4.305 แสดง Contours ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง



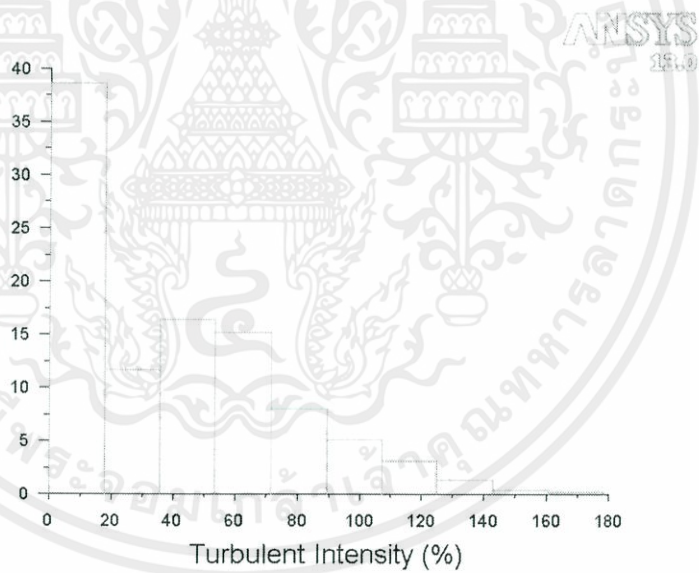
รูปที่ 4.306 แสดง Histogram ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Turbulent Intensity (%) Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

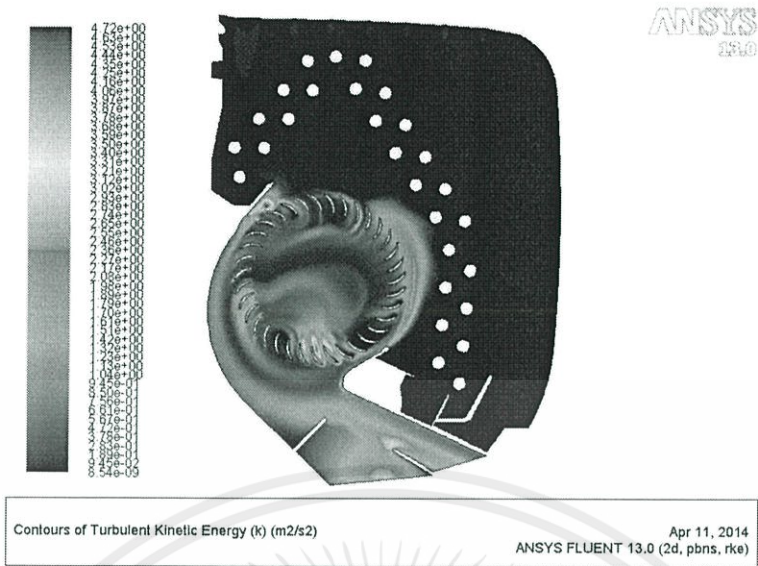
รูปที่ 4.307 แสดง Contours ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง



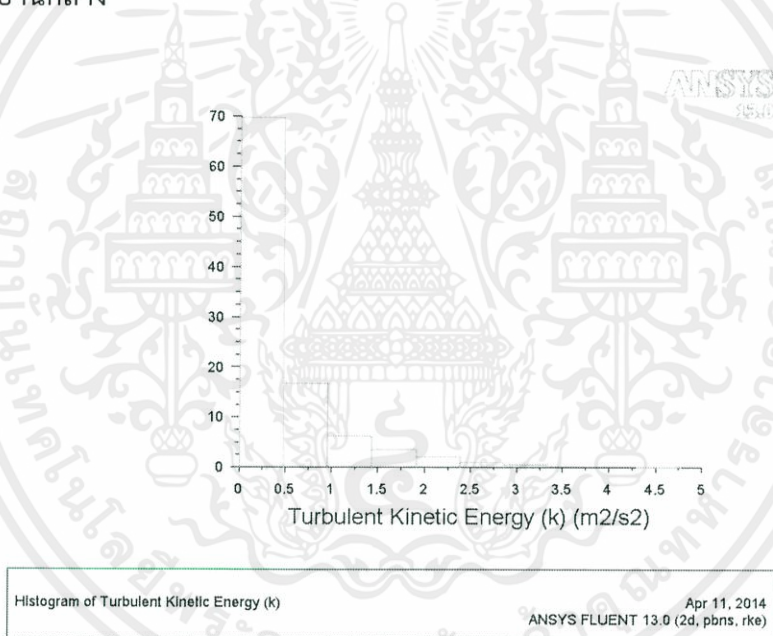
Histogram of Turbulent Intensity Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.308 แสดง Histogram ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.309 แสดง Contours ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง



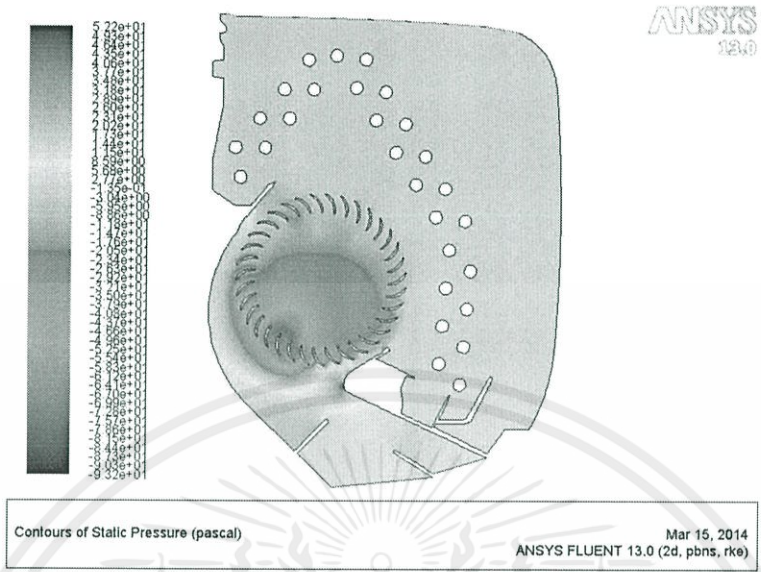
รูปที่ 4.310 แสดง Histogram ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบปานกลาง

ตารางที่ 4.39 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 10 ที่ความเร็วรอบปานกลาง

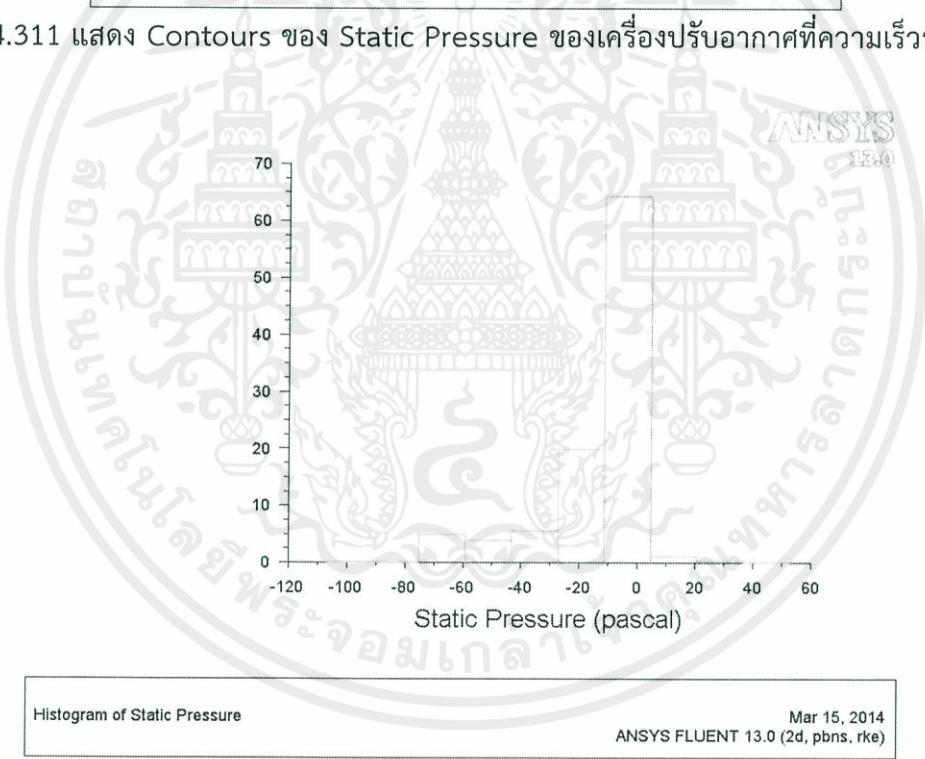
Static Pressure (Pa)	Total Pressure (Pa)	Velocity Magnitude (m/s)	Turbulent Intensity (%)	Turbulent Kinetic Energy (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )
-9.55724	0.536724	3.228578	41.81297	0.518446

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่สามารถนำเอกสารฉบับนี้ไปใช้ในการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2.9.3 แบบที่ 10 ที่ความเร็วรอบสูง (126.65 rad/s)

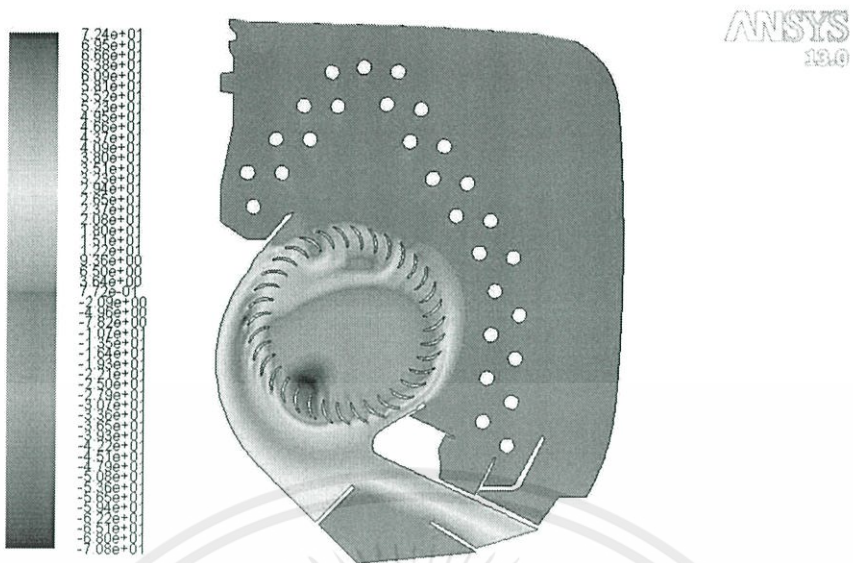


รูปที่ 4.311 แสดง Contours ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง



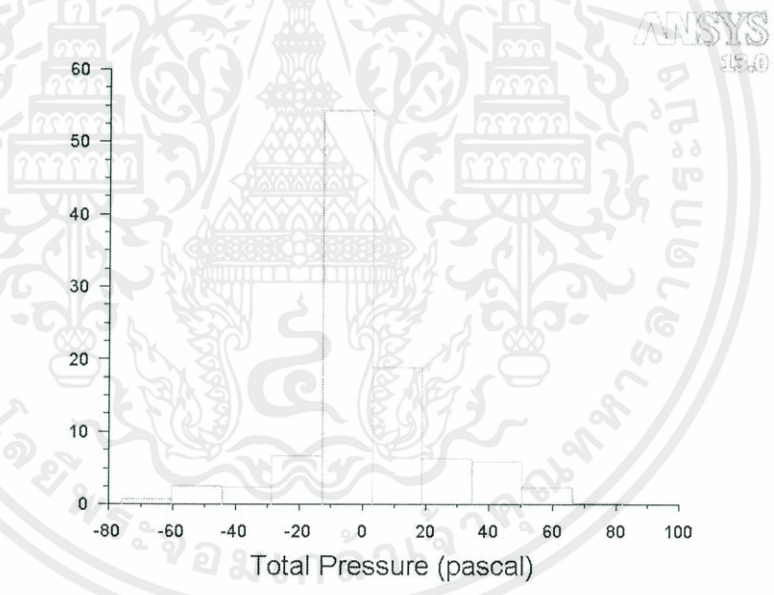
รูปที่ 4.312 แสดง Histogram ของ Static Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Total Pressure (pascal) Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

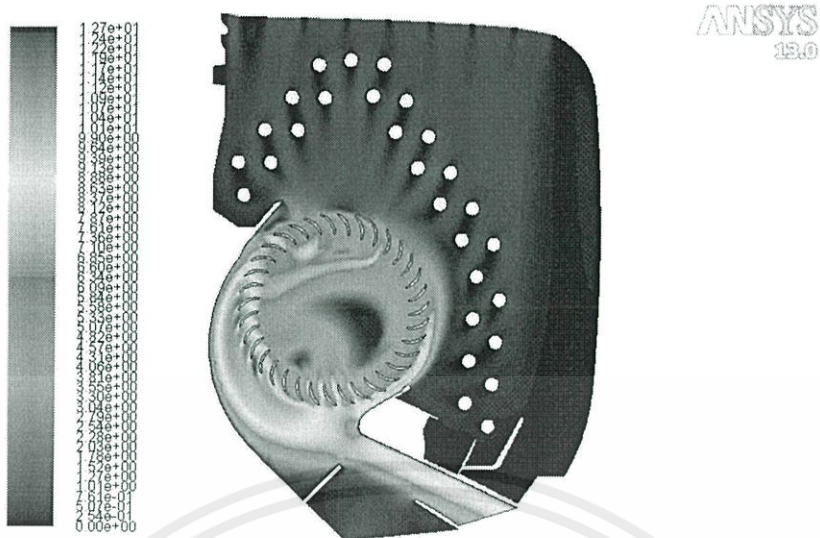
รูปที่ 4.313 แสดง Contours ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง



Histogram of Total Pressure Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

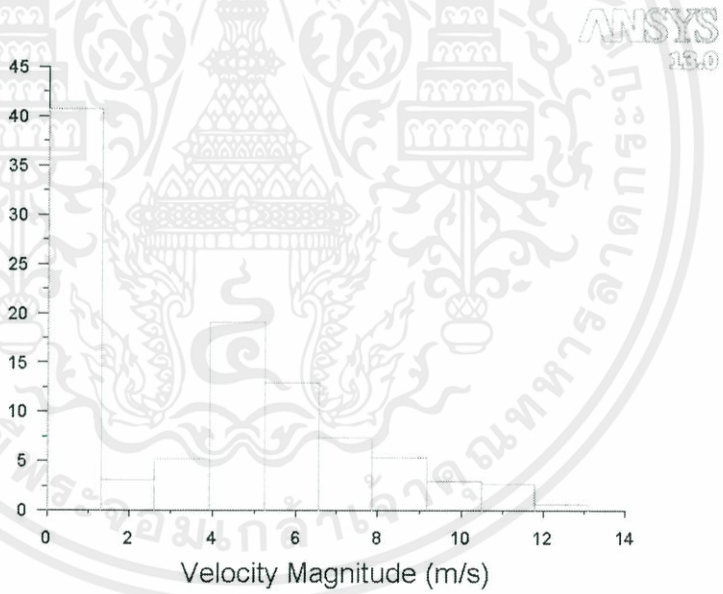
รูปที่ 4.314 แสดง Histogram ของ Total Pressure ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contours of Velocity Magnitude (m/s) Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

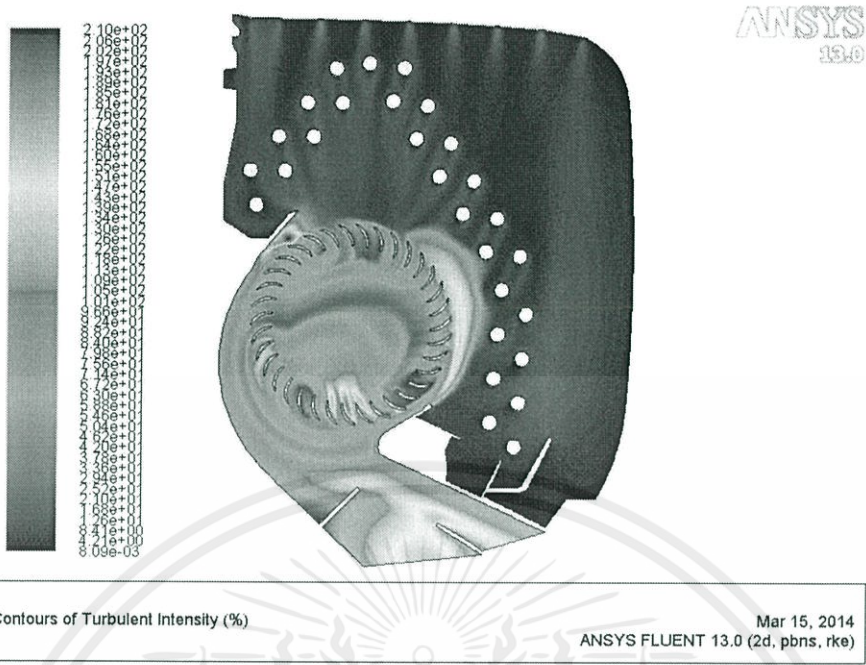
รูปที่ 4.315 แสดง Contours ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง



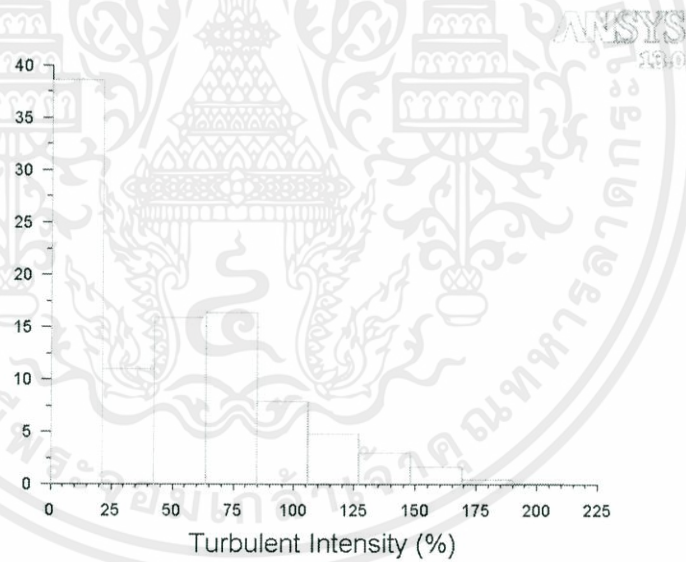
Histogram of Velocity Magnitude Mar 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, pbns, rke)

รูปที่ 4.316 แสดง Contours ของ Velocity Magnitude ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

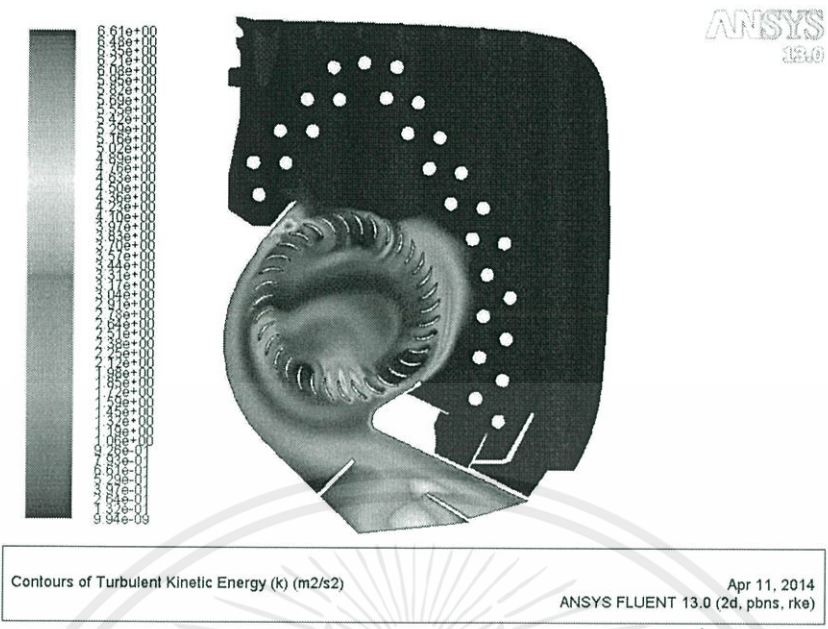


รูปที่ 4.317 แสดง Contours ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

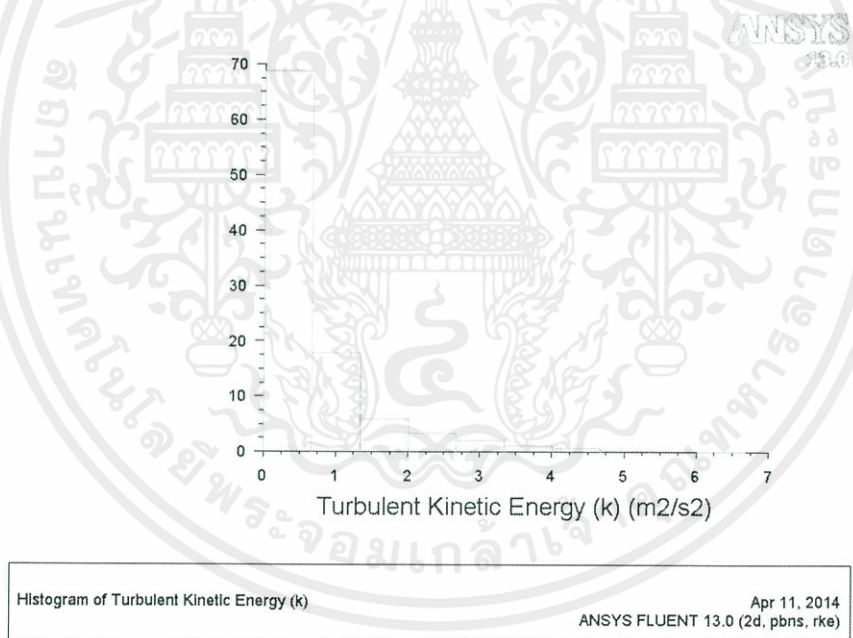


รูปที่ 4.318 แสดง Histogram ของ Turbulent Intensity ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.319 แสดง Contours ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง



รูปที่ 4.320 แสดง Histogram ของ Turbulent Kinetic Energy ของเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบสูง

ตารางที่ 4.40 แสดงค่าเฉลี่ยจากแต่ละ Histogram ของแบบที่ 10 ที่ความเร็วรอบสูง

Static Pressure (Pa)	Total Pressure (Pa)	Velocity Magnitude (m/s)	Turbulent Intensity (%)	Turbulent Kinetic Energy (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )
-12.8562	0.95418	3.792378	49.12289	0.73463

#### 4.5 ผลการทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองในทุกกรณี

ตารางที่ 4.41 ผลความเร็วลมเฉลี่ยที่ช่องทางลมเข้าและออก จากผลการทดลองจริงและแบบจำลอง

แบบที่	รอบการทำงานพัดลม	การทดลองจริง (ทางลมออก)	แบบจำลอง(ทางลมออก)	การทดลองจริง(ทางลมเข้า)	แบบจำลอง(ทางลมเข้า)
1	ต่ำ	5.30	7.48	1.70	3.22
	กลาง	6.70	9.24	2.50	4.01
	สูง	8.80	10.92	3.10	4.73
2	ต่ำ	4.50	7.03	2.00	3.04
	กลาง	5.70	8.53	2.60	3.69
	สูง	7.00	9.77	3.20	4.27
3	ต่ำ	4.70	7.00	2.00	3.02
	กลาง	6.10	8.45	2.70	3.70
	สูง	7.60	9.80	3.20	4.33
4	ต่ำ	4.70	7.02	2.10	3.03
	กลาง	5.90	8.58	2.80	3.72
	สูง	7.20	9.77	3.50	4.26
5	ต่ำ	1.20	1.33	0.40	0.48
	กลาง	1.50	1.61	0.50	0.58
	สูง	1.80	1.89	0.60	0.68
6	ต่ำ	5.20	5.45	2.10	2.26
	กลาง	6.50	6.65	2.50	2.77
	สูง	7.60	7.82	3.10	3.26
7	ต่ำ	1.90	2.76	0.80	1.12
	กลาง	2.60	3.39	0.90	1.35
	สูง	3.40	4.00	1.10	1.59
8	ต่ำ	2.50	2.73	0.60	1.10
	กลาง	3.00	3.26	0.90	1.33
	สูง	3.50	3.75	1.00	1.50
9	ต่ำ	4.90	5.03	1.40	2.07
	กลาง	5.70	6.11	2.20	2.52
	สูง	6.90	7.29	2.70	3.01
10	ต่ำ	1.50	1.66	0.40	0.63
	กลาง	1.80	2.04	0.50	0.76
	สูง	2.20	2.41	0.60	0.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ใช้สำหรับกรวิจัยในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ลีโอนี่ห้ามมิให้คัดลอก เผยแพร่ และต้องแจ้งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.41 แสดงให้เห็นว่าความคลาดเคลื่อนของผลความเร็วลมจากแบบจำลองที่ใช้มีค่าน้อยและอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ทุกกรณี

#### 4.6 การหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อค่าความดังเสียง

ตารางที่ 4.42 สรุปข้อมูลที่เก็บค่าได้จากการทดลองจริงและแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

Case	SPL (dB)	SPL (dBA)	SPL (dBC)	Static Pressure (Pa)	Total Pressure (Pa)	Velocity (m/s)	Turbulence Intensity (%)	Turbulent Kinetic Energy (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )
แบบที่ 1 รอบต่ำ	93.78590 94	66.51500 72	92.06894 23	-22.814	-1.8133	4.442902	57.40934	0.730535
แบบที่ 1 รอบกลาง	94.18387 78	67.37180 99	92.62702 03	-37.3984	0.131693	5.676385	69.509	1.091549
แบบที่ 1 รอบสูง	93.13902 33	66.39497 31	91.60587 47	-45.5135	-2.72022	6.744003	81.25796	1.869444
แบบที่ 2 รอบต่ำ	79.08807 49	52.38974 2	76.58747 78	-22.8505	-3.50278	4.44812	56.89902	0.744843
แบบที่ 2 รอบกลาง	82.18383 35	55.59410 81	80.16112 14	-32.2263	-6.33114	5.374536	67.7509	1.053057
แบบที่ 2 รอบสูง	81.26313 27	52.32826 09	77.73848 98	-41.2421	-8.25468	6.219224	79.85606	1.516362
แบบที่ 3 รอบต่ำ	85.79555 9	52.85782 85	82.84850 56	- 22.71101 578	- 2.979434 722	4.4225192 32	57.05704 271	0.746432
แบบที่ 3 รอบกลาง	85.62019 9	52.73088 2	82.47493 15	- 32.28523 59	- 6.561065 725	5.3754414 02	68.42493 236	1.065977
แบบที่ 3 รอบสูง	85.47575	56.35984 53	83.19215 77	- 42.14948 362	- 10.36507 265	6.2795706 79	81.58103 883	1.562266
แบบที่ 4 รอบต่ำ	78.51947 6	52.50377 29	76.04389 41	-22.686	-3.1071	4.441112	57.08349	0.747908
แบบที่ 4 รอบกลาง	88.23323 29	56.33013 78	85.18225 28	-33.0278	-6.96806	5.399906	68.41333	1.07702
แบบที่ 4 รอบสูง	91.33323 98	57.18800 66	88.04002 25	-40.709	-8.47545	6.235542	80.29781	1.523728

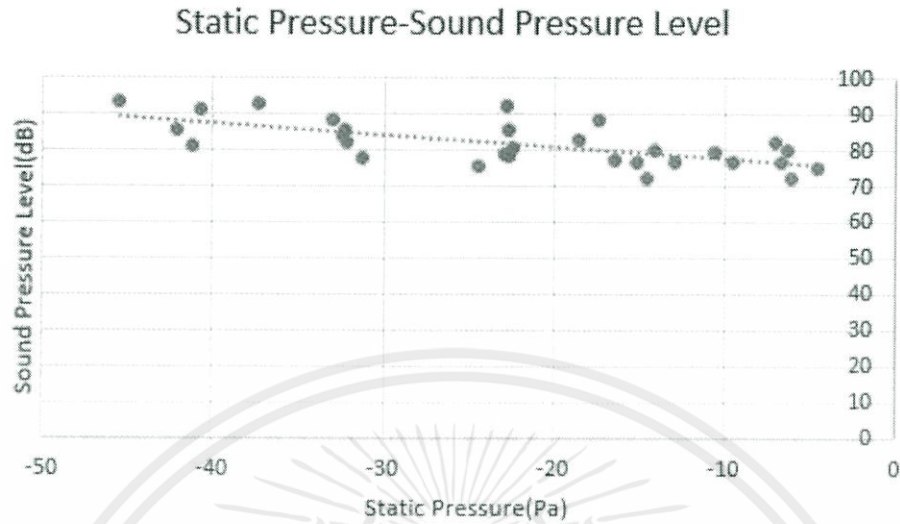
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.41(ต่อ)

Case	SPL(dB)	SPL (dBA)	SPL (dBC)	Static Pressure (Pa)	Total Pressure (Pa)	Velocity (m/s)	Turbulence Intensity (%)	Turbulent Kinetic Energy(m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )
แบบที่ 5 รอบต่ำ	74.9797 402	48.1132 124	73.4271 391	-4.52755	-0.83533	1.5529 07	29.21384	0.318765
แบบที่ 5 รอบกลาง	82.0563 45	50.3969 862	79.2528 612	-7.03672	-1.34391	1.8817 58	34.51166	0.465999
แบบที่ 5 รอบสูง	79.3646 491	52.2302 505	77.2759 367	-10.5697	-1.63743	2.1956 16	41.84622	0.654176
แบบที่ 6 รอบต่ำ	72.1287 18	49.7955 906	70.9998 286	-14.5175	-3.81216	3.9621 24	49.8638	0.553039
แบบที่ 6 รอบกลาง	80.7591 555	52.9942 606	78.6364 751	-22.4446	-4.83891	4.7918 27	59.86576	0.78998
แบบที่ 6 รอบสูง	77.9624 349	52.7062 778	70.0365 616	-31.2253	-5.98126	5.6326 88	69.45516	1.065515
แบบที่ 7 รอบต่ำ	80.1599 854	51.2108 129	77.8041 001	-6.34356	3.147721	3.0760 11	37.852	0.396984
แบบที่ 7 รอบกลาง	80.1313 451	54.2617 461	78.4539 917	-14.0721	4.721557	3.7173 81	45.83575	0.567382
แบบที่ 7 รอบสูง	82.9057 584	52.5589 869	80.2729 332	-18.6059	6.774473	4.3429 7	53.87657	0.80093
แบบที่ 8 รอบต่ำ	72.4957 485	50.7572 343	72.0727 161	-6.06232	3.60012	3.0437 17	37.4878	0.396267
แบบที่ 8 รอบกลาง	76.7563 931	47.1891 41	73.6035 662	-15.1491	1.57408	3.6302 69	45.15042	0.581561
แบบที่ 8 รอบสูง	77.1478 409	51.9598 96	74.9176 527	-16.4674	-3.81216	4.2081 56	50.72298	0.741085
แบบที่ 9 รอบต่ำ	88.1213 773	53.7535 678	85.0460 175	-17.4147	-2.56302	3.8626 16	47.65621	0.514322
แบบที่ 9 รอบกลาง	75.7610 133	53.8899 958	75.4623 346	-24.4539	-3.38211	4.3327 91	57.81691	0.765918
แบบที่ 9 รอบสูง	83.9318 902	56.3246 673	81.6302 6	-32.3613	-1.71177	5.5514 56	66.84233	1.046474
แบบที่ 10 รอบต่ำ	76.9384 376	48.2642 15	74.5054 188	-6.64654	0.181124	2.6605 61	34.20079	0.321617
แบบที่ 10 รอบกลาง	76.6547 906	49.9522 233	74.7337 057	-9.55724	0.536724	3.2285 78	41.81297	0.518446
แบบที่ 10 รอบสูง	76.7686 592	54.3410 979	75.9011 711	-12.8562	0.95418	3.7923 78	49.12289	0.73463

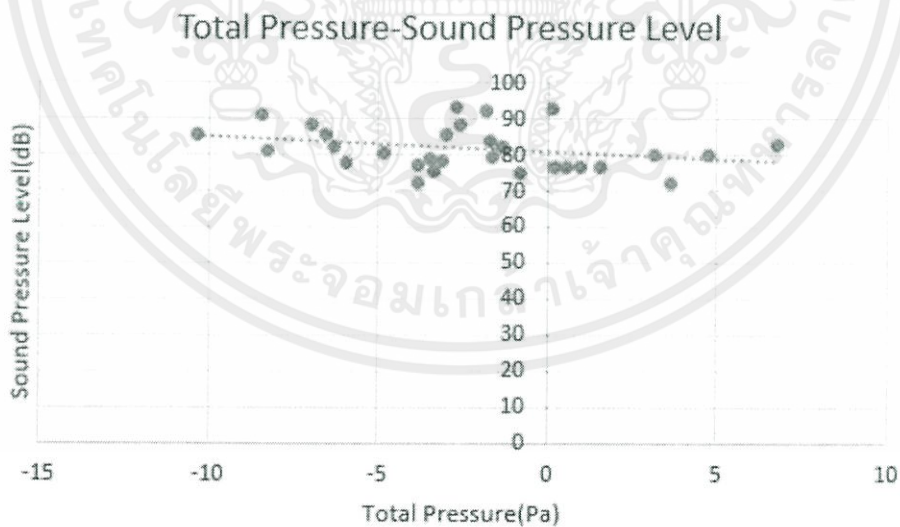
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.6.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดันเสียงกับตัวแปรอื่นๆ



รูปที่ 4.321 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันเสียงจากการทดลองจริงกับค่าความดันสถิตเฉลี่ยจากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

จากรูปที่ 4.321 พบว่าแนวโน้มเรียงตัวกันเป็นเส้นตรงที่มีความชันเป็นลบ จากแนวโน้มแสดงให้เห็นว่าค่าความดันสถิตแปรผกผันกับค่าความดันเสียง



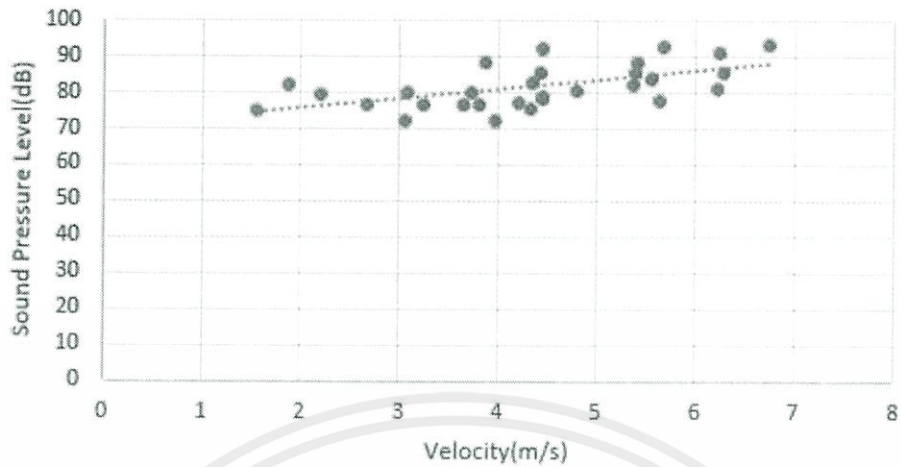
รูปที่ 4.322 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันเสียงจากการทดลองจริงกับค่าความดันรวมเฉลี่ยจากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ลิขสิทธิ์นี้ให้อดแก่บุคคลอื่นและสงวนไว้สำหรับเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีให้นำไปใช้

จากรูปที่ 4.322 พบว่าแนวโน้มเรียงตัวกันเป็นเส้นตรงที่มีความชันเป็นลบ จากแนวโน้มแสดงให้เห็นว่าค่าความดันรวมแปรผกผันกับค่าความดันเสียง

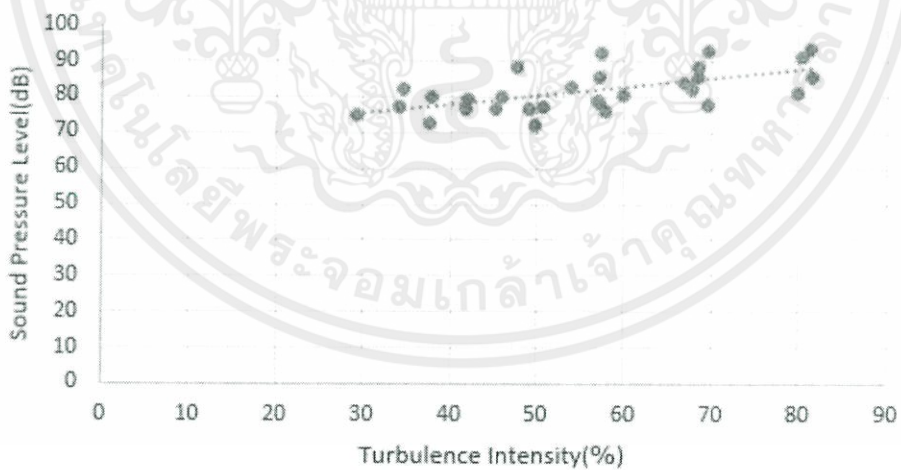
Velocity-Sound Pressure Level



รูปที่ 4.323 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันเสียงจากการทดลองจริงกับความเร็วลมเฉลี่ยจากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

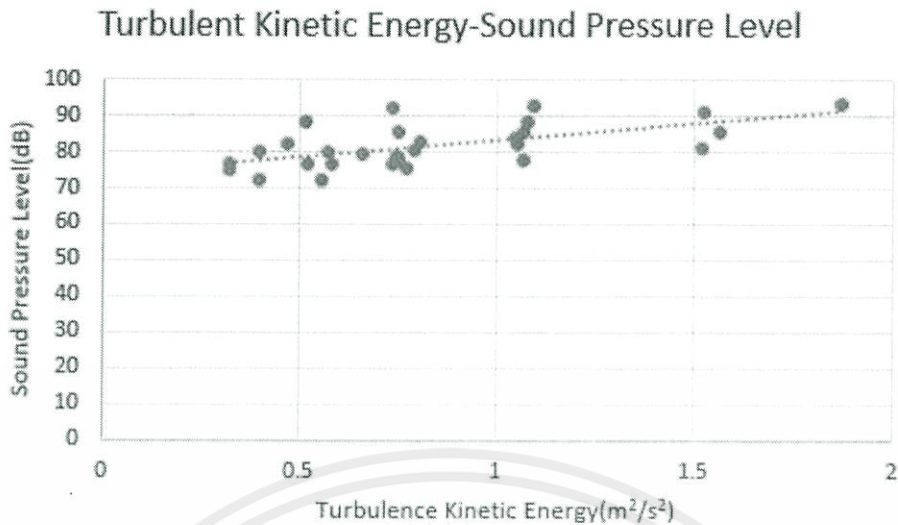
จากรูปที่ 4.323 สังเกตเห็นแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนของความดันเสียงเมื่อความเร็วลมเฉลี่ยภายในชุดคอยล์เย็นเพิ่มขึ้น โดยเรียงตัวกันมีแนวโน้มเป็นเส้นตรงที่มีความชันเป็นบวก แสดงให้เห็นว่าความเร็วลมแปรผันตรงกับค่าความดันเสียง สอดคล้องกับกราฟของความปั่นป่วนด้านล่าง เพราะเมื่อความเร็วลมเพิ่มจะทำให้เกิดความปั่นป่วนเพิ่มมากขึ้นและทำให้เกิดเสียงรบกวนที่ดังขึ้น

Turbulence Intensity-Sound Pressure Level



รูปที่ 4.324 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันเสียงจากการทดลองจริงกับความหนาแน่นของความปั่นป่วนเฉลี่ยของลมจากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

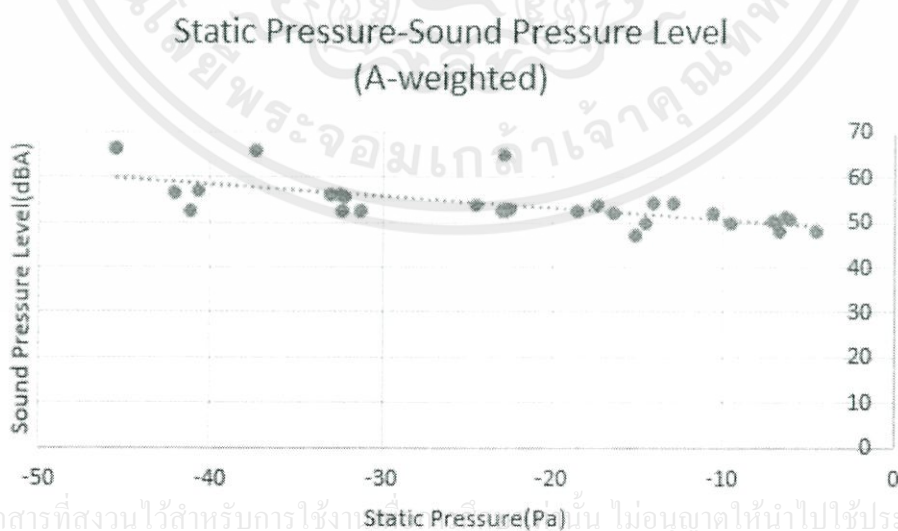
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
จากรูปที่ 4.324 สังเกตเห็นแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนของความดันเสียงเมื่อความหนาแน่นของความปั่นป่วนเฉลี่ยของลมภายในชุดคอยล์เย็นเพิ่มขึ้น โดยเรียงตัวกันมีแนวโน้มเป็นเส้นตรงที่มีความชันเป็นบวก



รูปที่ 4.325 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันเสียงจากการทดลองจริงกับ Turbulent Kinetic Energy เฉลี่ยของลมจากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

จากรูปที่ 4.325 สังเกตเห็นแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนของความดันเสียงเมื่อ Turbulent Kinetic Energy เฉลี่ยของลมภายในชุดคอยล์เย็นเพิ่มขึ้น โดยเรียงตัวกันมีแนวโน้มเป็นเส้นตรงที่ความชันเป็นบวก สอดคล้องกับทฤษฎีของ [7,8] และสมมุติฐานทางการทดลองของเราที่บอกว่าความปั่นป่วนของลมแปรผันตรงกับค่าความดันเสียง

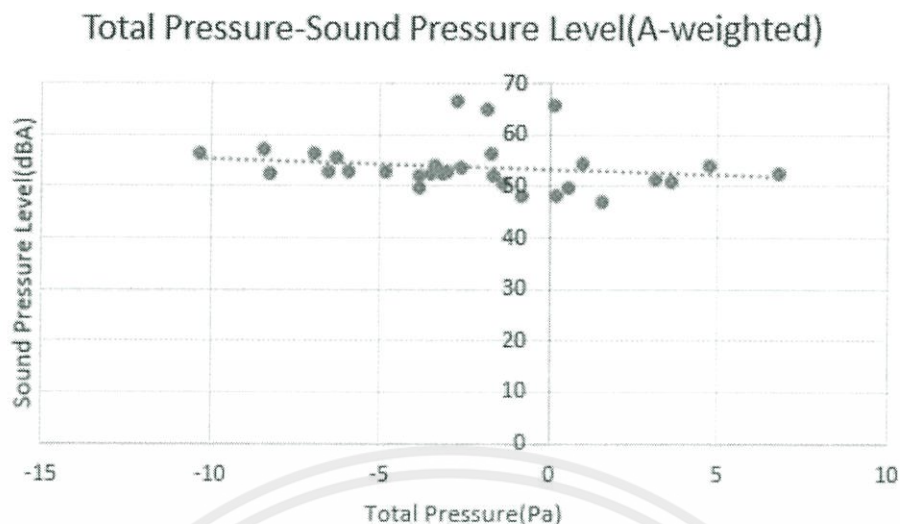
ต่อจากนี้คือกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดันเสียงแบบ A-weight และ C-weight เทียบกับตัวแปรทั้งห้าที่ได้จากแบบจำลองคอมพิวเตอร์ดังเช่นด้านบน ซึ่งมีแนวโน้มเหมือนกันกับกราฟของค่าความดันเสียงธรรมดาเทียบกับตัวแปรทั้งห้าจากแบบจำลองคอมพิวเตอร์ข้างต้นทุกประการ



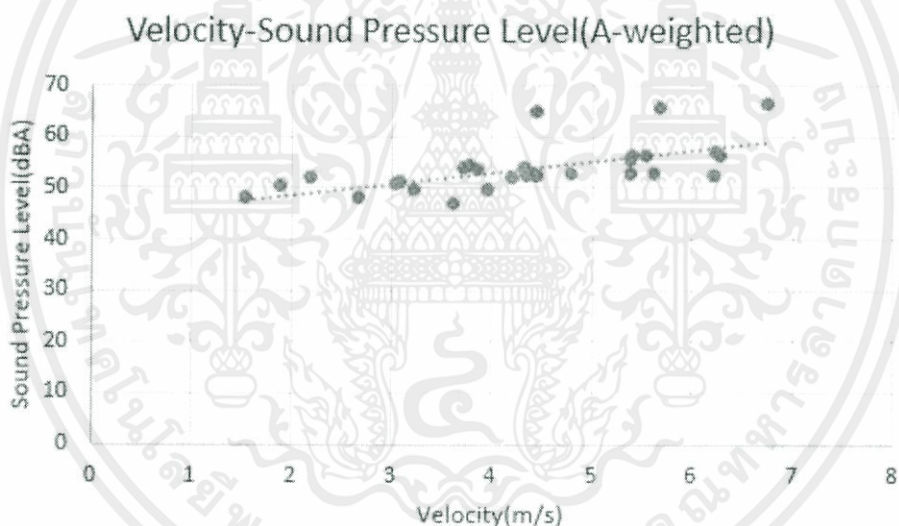
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน "ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ จะถือเป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รูปที่ 4.326 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันเสียงแบบ A จากการทดลองจริงกับค่าความดันสถิตเฉลี่ยจากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

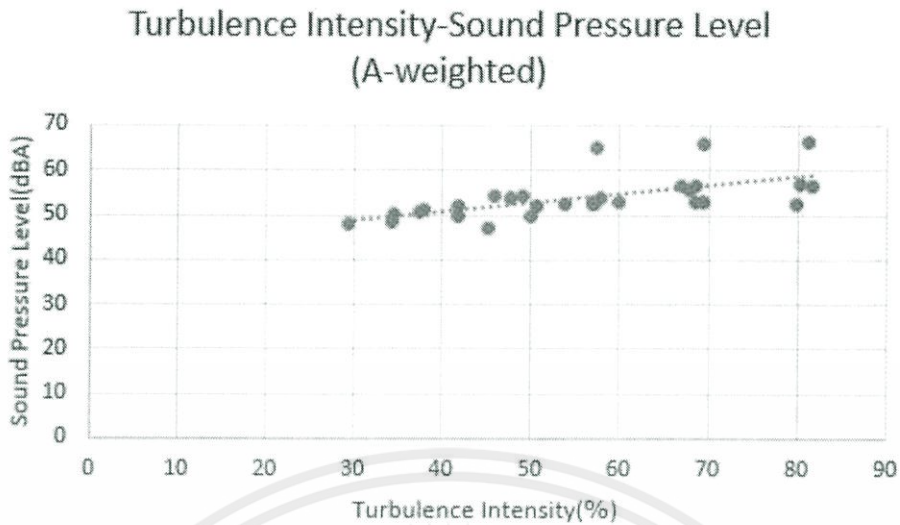


รูปที่ 4.327 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันเสียงแบบ A จากการทดลองจริงกับค่าความดันรวมเฉลี่ยจากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

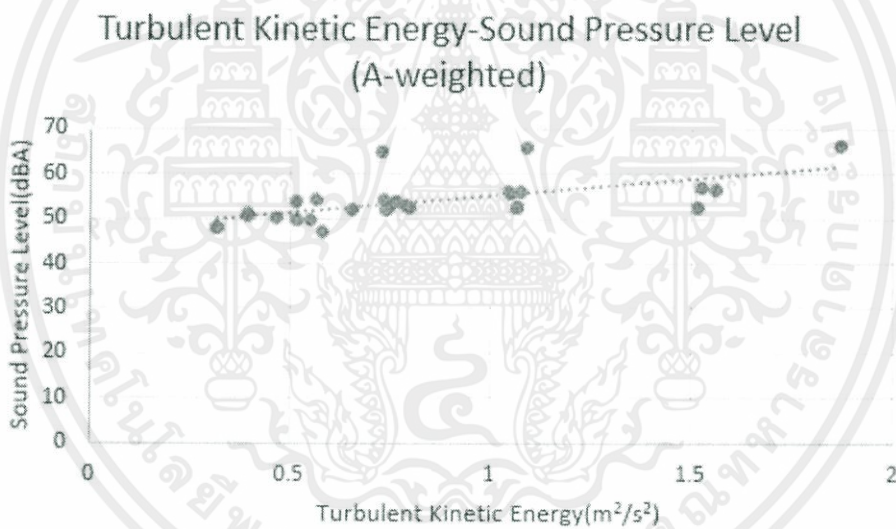


รูปที่ 4.328 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันเสียงแบบ A จากการทดลองจริงกับความเร็วลมเฉลี่ยจากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

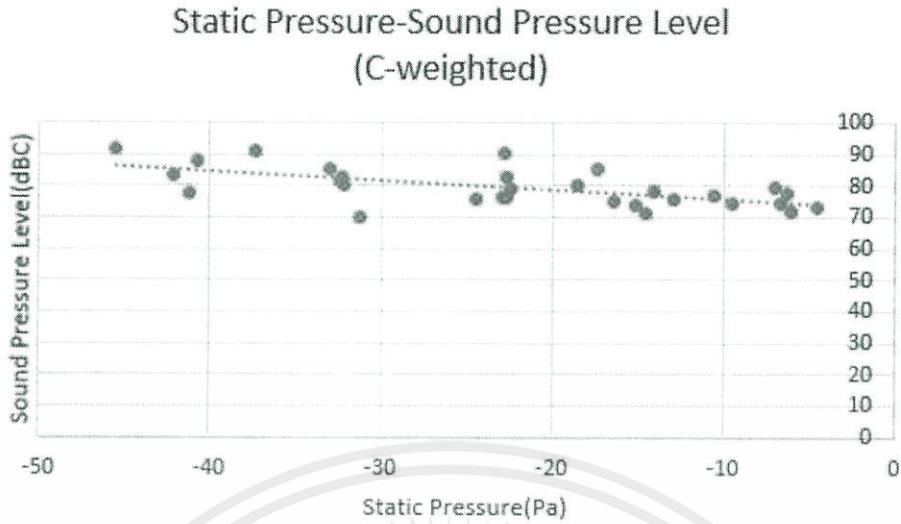


รูปที่ 4.329 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันเสียงแบบ A จากการทดลองจริงกับความหนาแน่นของความปั่นป่วนเฉลี่ยของลมจากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

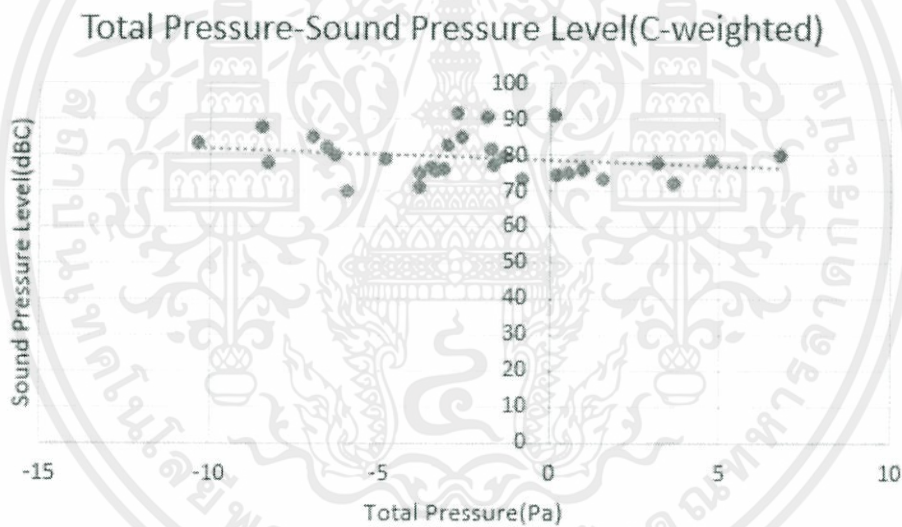


รูปที่ 4.330 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันเสียงแบบ A จากการทดลองจริงกับ Turbulent Kinetic Energy เฉลี่ยของลมจากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

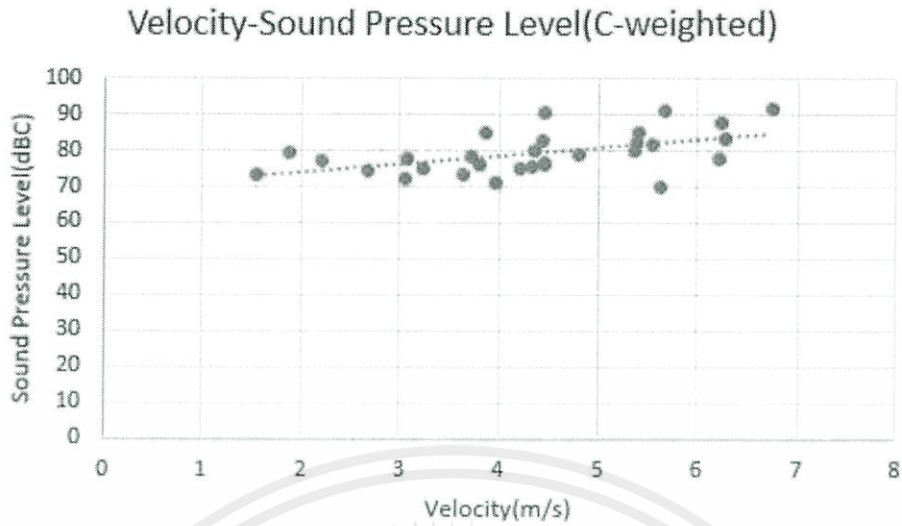


รูปที่ 4.331 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันเสียงแบบ C จากการทดลองจริงกับค่าความดันสถิตเฉลี่ยจากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

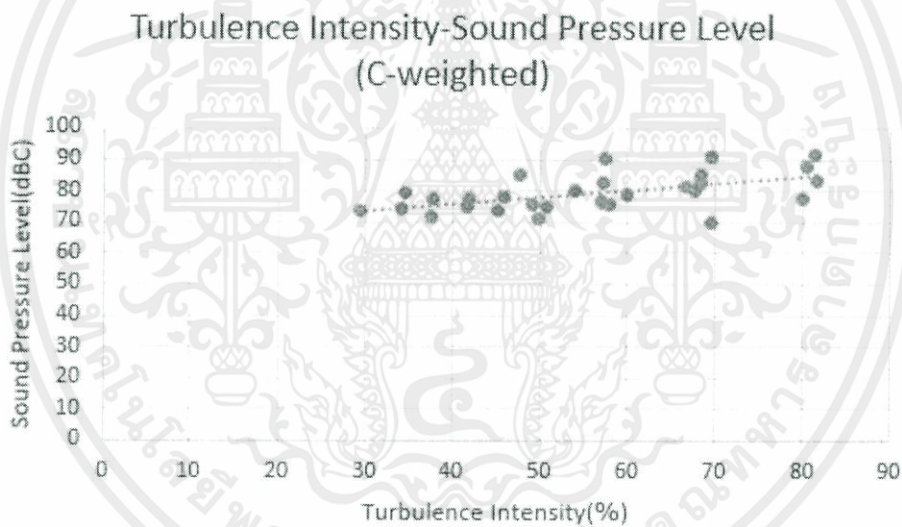


รูปที่ 4.332 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันเสียงแบบ C จากการทดลองจริงกับค่าความดันรวมเฉลี่ยจากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

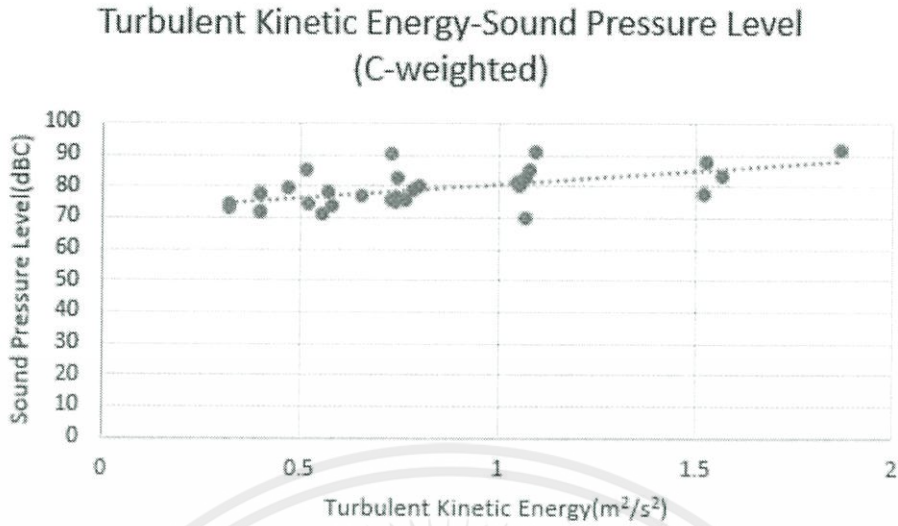


รูปที่ 4.333 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันเสียงแบบ C จากการทดลองจริงกับความเร็วมเฉลี่ยจากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์



รูปที่ 4.334 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันเสียงแบบ C จากการทดลองจริงกับความหนาแน่นของความปั่นป่วนเฉลี่ยของลมจากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.335 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันเสียงแบบ C จากการทดลองจริงกับ Turbulent Kinetic Energy เฉลี่ยของลมจากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการที่บริษัท ชัมซุง จำกัด ได้นำเครื่องปรับอากาศขนาด 9000 บีทียู มาให้ทดลองและหาวิธีการลดเสียงในเครื่องปรับอากาศนั้น ในการศึกษาเบื้องต้นได้หาจุดที่เป็นแหล่งกำเนิดเสียงโดยการศึกษาวិธีการวัดเสียงตามแบบมาตรฐานที่ถูกต้องจาก ISO 3744 และเทียบกับห้องวัดเสียงมาตรฐานจากสถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ นำมาเป็นแนวทางในการสร้างห้องเก็บเสียงที่ใช้ห้องไร้เสียงสะท้อนร่วมกับไมโครโฟนและเครื่องวิเคราะห์สัญญาณ แต่เนื่องจากงบประมาณที่จำกัดทางคณะผู้จัดทำจึงได้ใช้ไมโครโฟนเพียง 1 ตัว และวางตำแหน่งห่างจากเครื่องปรับอากาศ 0.15 เมตร เพียงตำแหน่งเดียว แทนที่จะวางที่ตำแหน่งห่างจากเครื่องปรับอากาศ 1 เมตร ตามมาตรฐาน เป็นเพราะไมโครโฟนที่ใช้ไม่สามารถเก็บค่าได้ที่ระยะ 1 เมตร

ขั้นตอนแรกที่ทำการศึกษาทดลองวัดเสียงคือ การทดลองวัดเสียงเพื่อหาเสียงรบกวนที่เกิดขึ้นจากการทำงานของเครื่องปรับอากาศ และนำค่าเสียงรบกวนที่ได้มาใช้เทียบกับผลจากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อการเกิดเสียงรบกวน โดยจะทำการวัดเครื่องปรับอากาศที่ถูกปรับแต่งช่องลมภายในให้มีรูปร่างแตกต่างกันทั้งหมด 10 แบบ และวัดที่ 3 ความเร็วรอบ คือ ต่ำ(90.01 rad/s) กลาง(108.33 rad/s) และสูง(126.65 rad/s) จากนั้นนำค่าความดันเสียง(sound pressure level)ที่ได้มาหักลบกับค่าความดันเสียงพื้นหลัง จะได้เสียงที่เกิดขึ้นจากการทำงานของเครื่องปรับอากาศ จากนั้นนำมาเปลี่ยนหน่วยเป็นความดังเสียง(sound power level) โดยค่าความดังเสียงที่ได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น เราจะเก็บค่านี้ไว้พล็อตร่วมกับตัวแปรต่างๆ ที่ได้จากการทดสอบจากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

ขั้นตอนที่สองคือ การทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เทียบกับการทดลองจริง ก่อนที่เราจะทำการทดลองทางแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ จำเป็นต้องมีการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองที่ใช้ก่อนว่าสามารถเทียบได้กับผลการทดลองจริงหรือไม่ ซึ่งทำโดยการเก็บค่าความเร็วลมที่ปากทางออกจากการทดลองจริง เทียบกับค่าความเร็วลมที่ทางออกที่ตำแหน่งเดียวกันจากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ ผลการเทียบพบว่าค่าความเร็วลมที่ปากทางลมออกของทั้งสองข้อมูลมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ จึงสรุปได้ว่าแบบจำลองมีความน่าเชื่อถือมากพอที่จะใช้ในการทดลองต่อไป

ขั้นตอนที่สามคือ การทดลองโดยใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อเก็บค่าตัวแปร 4 ตัว คือ ความดันสถิต ความดันรวม ความเร็วลมเฉลี่ย และความปั่นป่วนเฉลี่ยที่เกิดขึ้นภายในเครื่องปรับอากาศ โดยจะทำการทดลองทั้งกับแบบจำลองที่ถูกปรับแต่งรูปร่างของช่องลมภายในให้มีรูปร่างแตกต่างกันทั้งหมด 10 แบบ และทดลองที่ 3 ความเร็วรอบ เช่นเดียวกับการทดลองจริง

ขั้นตอนที่สี่คือ การนำผลจากการทดลองจริงและแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์มาพล็อตร่วมกันเพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้ง 4 ตัวว่าตัวใดมีผลโดยตรงต่อการเกิดเสียงรบกวน โดยมีข้อสันนิษฐานเบื้องต้นที่อ้างจากหลักวิชาการว่า ค่าความปั่นป่วน(Turbulent Intensity) คือตัวการของการเกิดเสียงรบกวน แต่จากการพล็อตกราฟปรากฏว่ากราฟไม่สามารถหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ได้ ทั้งนี้เป็นเพราะมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นจากการทดลองจริงมีมากและมาจากหลายสาเหตุ

## 5.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง

1. จากการทดสอบเสียงจากการวัดจริงพบว่า เมื่อพัดลมหมุนด้วยรอบที่สูงขึ้น จะทำให้เกิดความปั่นป่วนมากขึ้น
2. จากการทำการศึกษาออกแบบตัดแปลงที่ช่องอากาศภายในชุดคอยล์เย็นพบว่า ส่วนใหญ่หลังจากตัดแปลงรูปทรงแล้วส่งผลให้เกิดความปั่นป่วนลดลงและทำให้เกิดเสียงรบกวนที่ลดลง จากการวิเคราะห์พบว่าการตัดแปลงที่เราทำขึ้นทุกกรณีเป็นการตัดแปลงในลักษณะของการลดพื้นที่ในช่องทางลมออก จึงสันนิษฐานว่าการลดพื้นที่ช่องทางลมออกมีผลต่อการลดความปั่นป่วนและความดังเสียงจากชุดคอยล์เย็น
3. การทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองโดยการวัดความเร็วลมที่ช่องทางลมออก ให้ผลสรุปว่าแบบจำลองที่ใช้มีความน่าเชื่อถือและใกล้เคียงกับการทดลองจริงมาก
4. จากการภาพจะเห็นว่าจากแนวโน้มของค่าความเร็วลมและความปั่นป่วนของลมมีผลทำให้ความดังเสียงมีค่าเพิ่มขึ้นจึงสรุปได้ว่า ค่าความเร็วลมและความปั่นป่วนของลมคือสาเหตุของการเกิดเสียงรบกวนในชุดคอยล์เย็น

## 5.3 ปัญหาที่พบในการทดลอง

1. โคร่งที่ใช้ตั้งแชนแอร์อาจเกิดการสั่นพ้องและส่งเสียงรบกวน ทำให้ค่าความดันเสียงที่ได้จากการทดลองมีการคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงเล็กน้อย
2. ห้องที่ใช้วัดเสียงไม่ได้มาตรฐานและมีรูโหว่เล็กน้อย ส่งผลให้เสียงจากภายนอกเล็ดลอดเข้ามาในขณะที่ทำการวัดเสียงได้ จึงเป็นผลให้ค่าที่ได้จากการทดลองคลาดเคลื่อนเป็นอย่างมาก
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองบางชิ้นมีการชำรุด การส่งซ่อมต้องใช้เวลาและบางชิ้นไม่สามารถซ่อมได้ ทำให้ผลที่ได้จากการทดลองอาจจะคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง

## 5.4 ข้อเสนอแนะ

1. ควรปรับปรุงห้องวัดเสียงให้มีมิติชัดเจนและมีรูรั่วและได้มาตรฐานมากกว่านี้ เพื่อให้การเก็บค่ามีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
2. ห้องวัดเสียงมีใยแก้วเป็นส่วนประกอบซึ่งมีอันตรายต่อสุขภาพ ผู้ทำการทดลองจึงต้องมีอุปกรณ์ป้องกันที่เหมาะสม
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีความไวต่อสัญญาณรบกวนสูงจึงต้องควบคุมตัวแปรที่อาจทำให้ผลการทดลองเกิดความคลาดเคลื่อนให้ดี
4. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีราคาสูง เสียหายได้ง่าย และหาผู้ชำนาญในการซ่อมได้ยาก จึงต้องใช้ความระมัดระวังในการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ซึ่งในเอกสารนี้ห้ามทำซ้ำโดยไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามนำเนื้อหาไปเผยแพร่ลงเว็บไซต์ของเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] เอกราช บำรุงไทยชัยชาญ. พื้นฐานพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ พ.ศ.2556
- [2] Department of the environment, climate change, energy and water, Australian Government, “Air conditioner noise in residential areas”, Oct 9, 2008.
- [3] Namba S, Kuwano S and Okamoto T, “Sleep disturbance caused by meaningful sounds and the effect of background noise”, *Journal of Sound and Vibration*, 277 (2004), 445–452.
- [4] Lilly JG, “Noise in the classroom”, *ASHRAE Journal*, Feb 2000, 21-26.
- [5] Guckelberger D, “Controlling noise from large rooftop units”, *ASHRAE Journal*, May 2000, 55-62.
- [6] Crocker MJ, Arenas JP and Dyamannavar RE, “Identification of noise sources on a residential split-system air-conditioner using sound intensity measurements”, *Applied Acoustics*, 65 (2004), 545-558.
- [7] Lighthill MJ, “On sound generated aerodynamically. I. general theory”, *Proceeding of Royal Society. London. A*, Mar 1952, vol. 211, no. 1107, 564-587.
- [8] Lighthill MJ, “On sound generated aerodynamically II. turbulence as a source of sound”, *Proceeding of Royal Society. London. A*, Feb 1954, vol. 222, no. 1148, 1-32.
- [9] Velarde-Suarez S, Ballesteros-Tajadura R, Santolaria-Morros C and Pereiras-Garcia B, “Reduction of aerodynamic tonal noise of a forward-curved centrifugal fan by modification of the volute tongue geometry”, *Applied Acoustics*, 69 (2008), 225-232
- [10] Randall f barron, “industrial noise control and acoustics”, *Applied Acoustics*, 69 (2001), 7-66
- [11] Mojtaba Gholamian, “Effect of axial gap between inlet nozzle and impeller on efficiency and flow pattern in centrifugal fans, numerical and experimental analysis”, *Thermal Engineering*, 1(2013), 26-37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

### ขั้นตอนการประยุกต์ใช้โปรแกรม RT Pro Photon 7.00

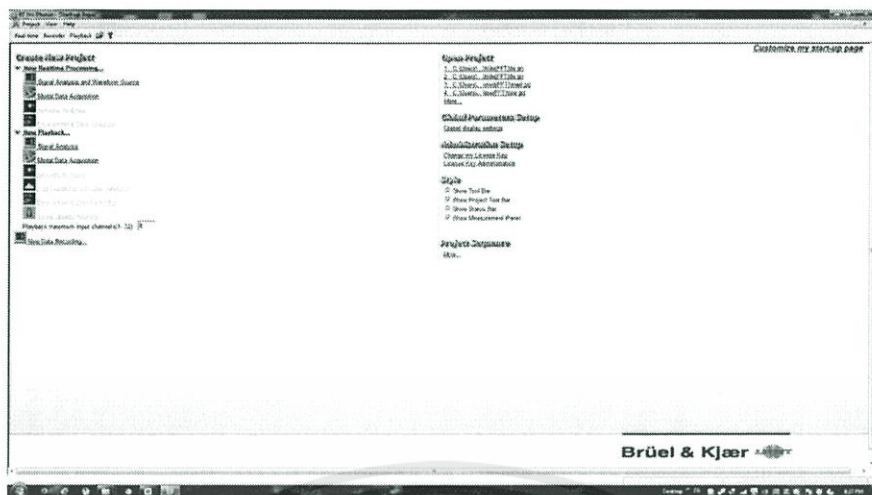
ในหัวข้อนี้จะอธิบายวิธีการใช้งานโปรแกรม RT Pro Photon 7.00 เพื่อวัดค่าระดับความดันเสียงที่กำเนิดจากเครื่องปรับอากาศโดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ก่อนเข้าโปรแกรมต้องเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เข้ากับอุปกรณ์เครื่องมือวัด (Signal Analyzer) ทุกครั้ง จากนั้นจึงเข้าโปรแกรมโดยเลือกที่โปรแกรม RT Pro Photon 7.00 จะเข้าสู่หน้าจอเริ่มต้นโปรแกรม ดังรูปที่ ก.1
2. ในหัวข้อ New Realtime Processing... ให้เลือกที่ Signal Analysis and Waveform Source จะเข้าสู่หน้าต่าง ดังรูปที่ ก.2
3. เลือกเมนู Set up > Engineering unit ในช่อง dBRef ให้ใส่ค่า 2e-005 ดังรูปที่ ก.3
4. เลือกเมนู Set up > Measurement Request ให้กดเลือก ดังรูป ก.4 ต่อมาเลือก Waterfall > Event Waterfall เลือก Octave 1(f) ไปไว้ในฝั่ง Selected Signals ในช่อง Number of Slices ใส่ 10 จากนั้นกดเลือก Time และในช่อง Time Duration ใส่ 10 นาที ดังรูปที่ ก.5
5. เลือกเมนู Set up > Channel Parameter Setting ช่อง Channel 1 ในช่อง MaxVolts ให้เปลี่ยนเป็น 1.0 ช่อง Quantity ให้เปลี่ยนเป็น Pressure ช่อง mv/EU ให้ใส่ตัวเลข 50 ดังรูปที่ ก.6
6. เลือกเมนู Window > 3D Display > Waterfall Window จะปรากฏหน้าต่างใหม่ขึ้นมา จากนั้นคลิกขวาที่หน้าต่างใหม่ เลือก Contents เลือก EWaterfall\_Octave 1(f) ย้ายมาฝั่ง Selected Signals ดังรูปที่ ก.7
7. ด้านขวาของโปรแกรม เลือก Trigger กดเลือก Time Delay จากนั้นในช่อง Time(ms) ใส่ 20000 ดังรูปที่ ก.8
8. ด้านขวาของโปรแกรม เลือก Average ในช่อง Stop At Frame Number ใส่ 14127 ดังรูปที่ ก.9
9. กดปุ่ม Start สีเขียวเพื่อเริ่มการวัด

ในขั้นตอนการเก็บค่า

1. ที่หน้าต่าง Waterfall Octave 1(f) กดคลิกขวา เลือก Export to Excel > All Signals จะได้ค่าที่วัดได้แสดงในโปรแกรม Microsoft Excel

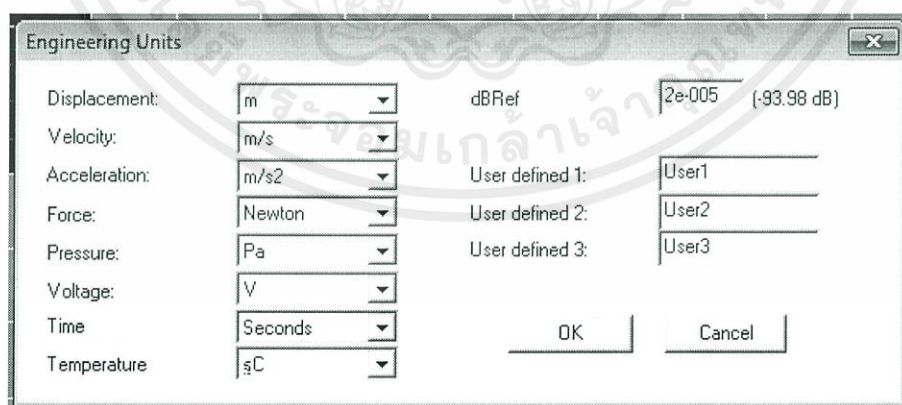
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.1 แสดงหน้าต่างตอนเปิดโปรแกรม

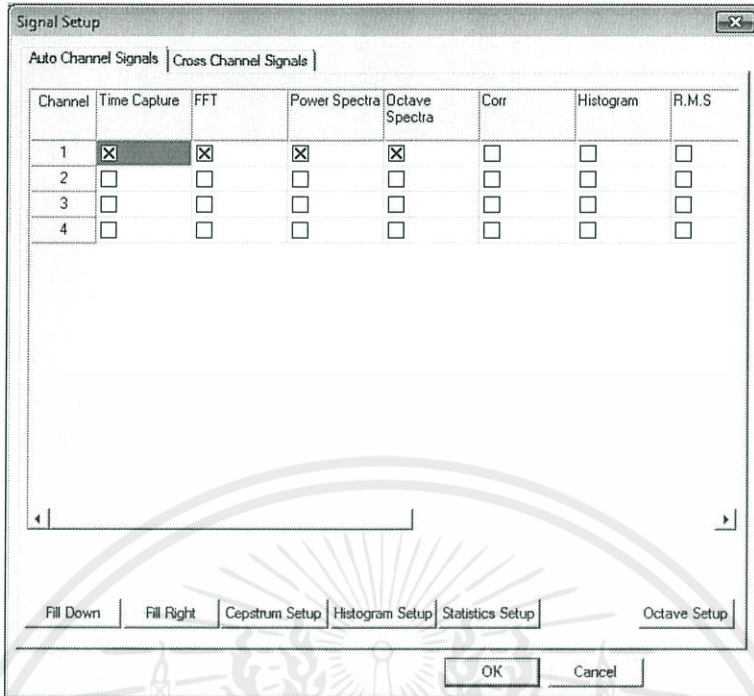


รูปที่ ก.2 แสดงหน้าต่างโปรแกรม

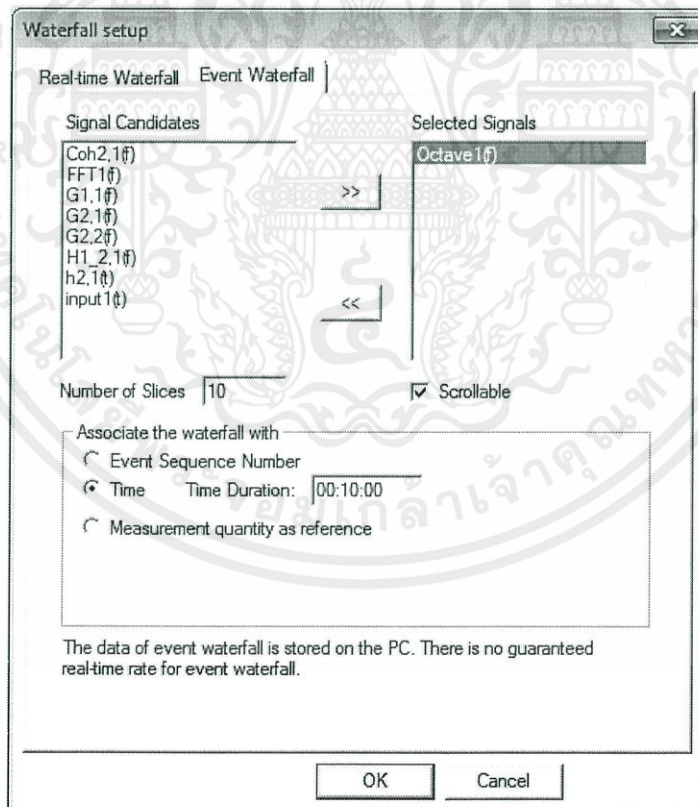


รูปที่ ก.3 แสดง Engineering Units

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

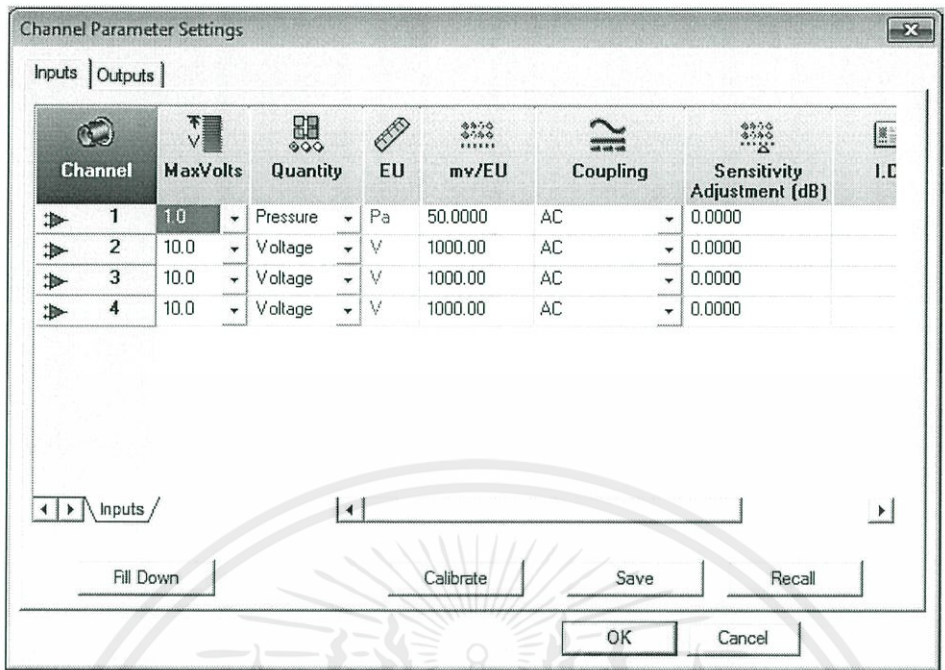


รูปที่ ก.4 แสดง Signal Setup

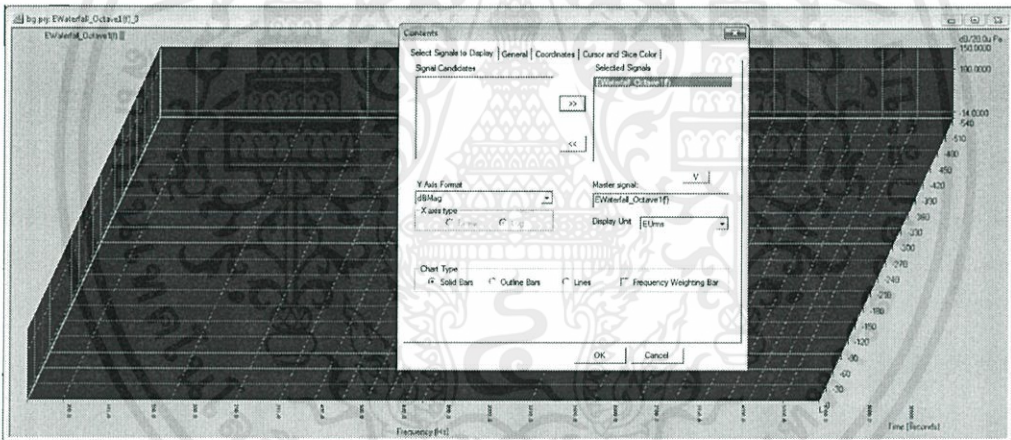


รูปที่ ก.5 แสดง Waterfall setup

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

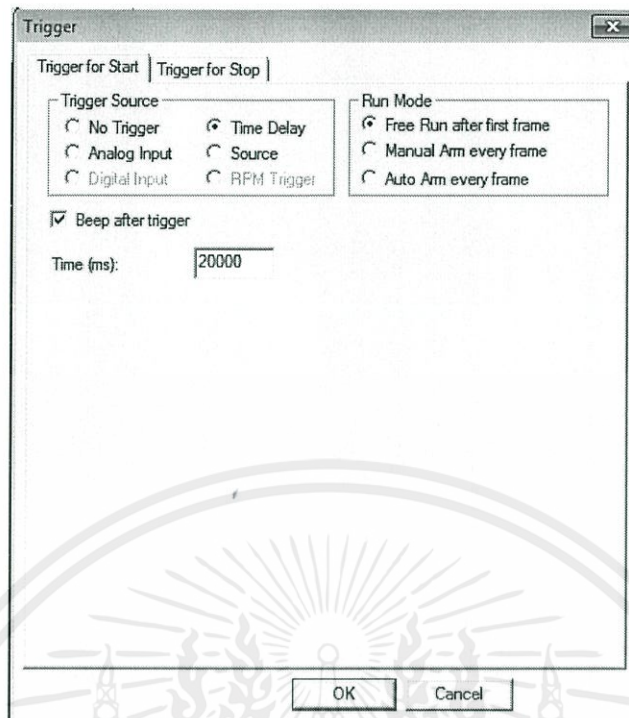


รูปที่ ก.6 แสดง Channel Parameter Setting

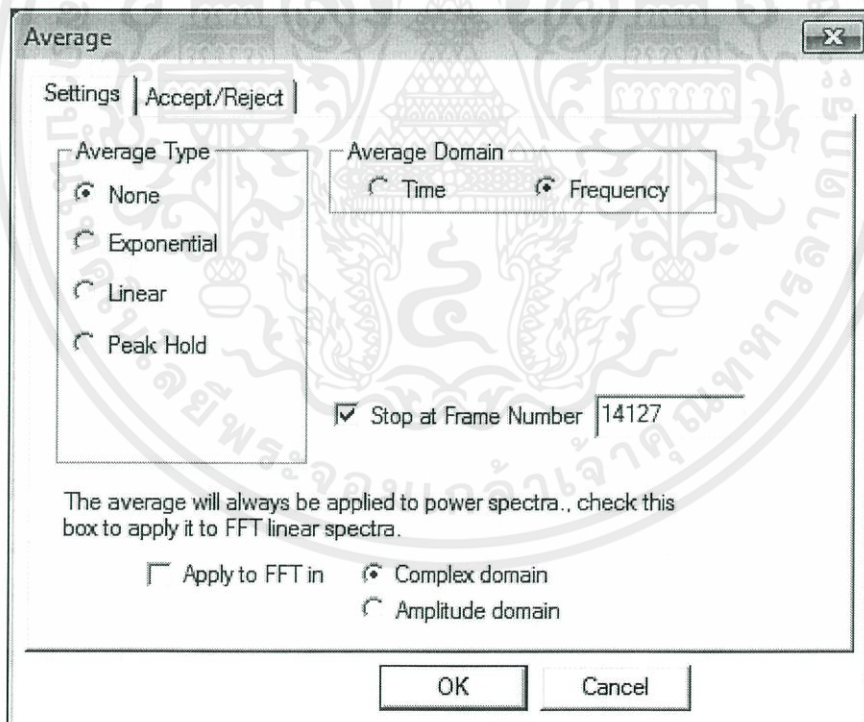


รูปที่ ก.7 แสดง contents

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.8 แสดง Trigger



รูปที่ ก.9 แสดง Average

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

### การประยุกต์ใช้โปรแกรม ANSYS FLUENT 13.0

โปรแกรม ANSYS FLUENT เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ระเบียบวิธีไฟไนต์วอลุ่มที่สามารถแก้ไขปัญหาการไหลของการไหลในรูปแบบต่างๆ เช่น น้ำ ของเหลว อากาศ หรือปัญหาทางความร้อน เป็นต้น โดยกำหนดคุณสมบัติต่างกันไป เช่น เป็นของไหลแบบอัดตัวได้ หรือ เป็นของไหลแบบอัดตัวไม่ได้, เป็นของไหลแบบมีความหนืด หรือ ไม่มีความหนืด, เป็นการไหลแบบราบเรียบ หรือ เป็นการไหลแบบปั่นป่วน เป็นต้น

วิธี Set ค่า

#### 8. ที่ Model เลือกสมการ Viscous

Model เลือก k-epsilon ( 2 eqn)

k-epsilon Model เลือก Realizable

Near-Wall Treatment เลือก Standard Wall Functions

Model Constants

-C2-Epsilon = 1.9

-TKE Prandtl Number = 1

TDR Prandtl Number = 1.2

User-Defined Functions

-Turbulent Viscosity = none

-TKE Prandtl Number = none

-TDR Prandtl Number = none

#### 9. ที่ Cell Zone Condition > Moving > Edit > เลือก Frame Motion > ที่ Rotational Velocity เลือก Speed ตามความเร็วรอบ (rad/s) > Constant

#### 10. ที่ Reference Values > Reference Zone > Moving

#### 11. ที่ Solution Method

Scheme เลือก Coupled

Gradient เลือก Least square cell based

Pressure เลือก PRESTO !

Momentum เลือก Second Order Upwind

Turbulent Kinetic Energy เลือก Second Order Upwind

Turbulent Dissipation Rate เลือก Second Order Upwind

#### 12. ที่ Solution Controls

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ใช้เฉพาะภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่สิ่งนี้แก่บุคคลอื่นใด และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Courant Number = 200

Momentum = 0.5

Pressure = 0.5

Density = 1

Body Forces = 1

Turbulent Kinetic Energy = 0.8

Turbulent Dissipation Rate = 0.8

Turbulent Viscosity = 0.8

13. ที่ Solution Initialization

เลือก Hybrid Initialization

คลิก Initialize

14. ที่ Run Calculation

Number of Iteration = 4500

คลิก Calculate



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้