



การจำลองการไหลของอากาศของกังหันลมแกนแนวตั้งแบบโรเตอร์เดี่ยว

AIRFLOW SIMULATION OF A SINGLE ROTOR VERTICAL AXIS WIND TURBINE

เศกสิทธิ์ คงจันทร์

SAKSIT KONGJAN

อานนท์ เรืองฉาง

ARNON RUENGCHANG

ชานน หมื่นบวร

CHANON MUENBAWORN

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจำลองการไหลของอากาศของกังหันลมแกนแนวตั้งแบบโรเตอร์เดี่ยว  
AIRFLOW SIMULATION OF A SINGLE ROTOR VERTICAL AXIS WIND TURBINE

เศกสิทธิ์ คงจันทร์  
SAKSIT KONGJAN  
อานนท์ เรืองฉาง  
ARNON RUENGCHANG  
ชานน หมื่นบวร  
CHANON MUENBAWORN

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

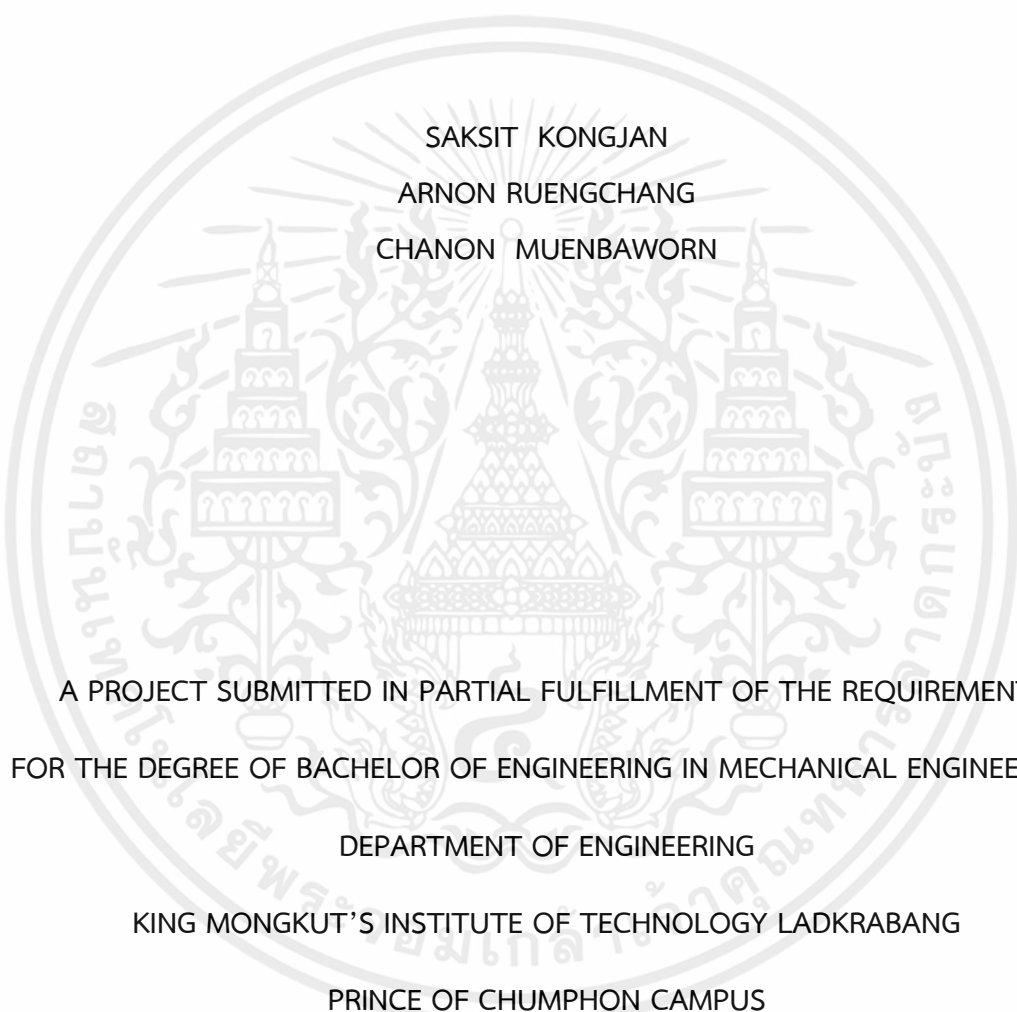
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# AIRFLOW SIMULATION OF A SINGLE ROTOR VERTICAL AXIS WIND TURBINE



SAKSIT KONGJAN  
ARNON RUENGCHANG  
CHANON MUENBAWORN

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

DEPARTMENT OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

PRINCE OF CHUMPHON CAMPUS

2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**COPYRIGHT 2021**

**DEPARTMENT OF ENGINEERING**

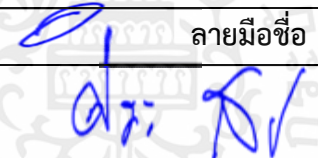
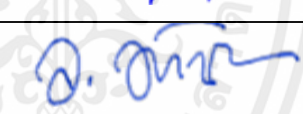


**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**PRINCE OF CHUMPHON CAMPUS**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร  
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ การจำลองการไหลของอากาศของกังหันลมแกนแนวตั้งแบบโรเตอร์เดี่ยว  
Project Title AIRFLOW SIMULATION OF A SINGLE ROTOR VERTICAL AXIS WIND TURBINE  
ชื่อนักศึกษา นายเศกสิทธิ์ คงจันทร์ รหัสประจำตัว 60512100  
นายอานนท์ เรืองฉาง รหัสประจำตัว 60512109  
นายชานน หมั่นบวร รหัสประจำตัว 61512004  
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล  
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.วชร กาลาสี  
ปริญญาานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปริญญาานิพนธ์			ลายมือชื่อ
รศ.ดร.ศิระ	สายสร	ประธานการสอบ	
ผศ.วรรษชล	วิฒนะ	กรรมการสอบ	
อาจารย์อดิเรก	สุริยวงค์	กรรมการสอบ	
ผศ.วชร	กาลาสี	อาจารย์ที่ปรึกษา	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 13 กรกฎาคม พ.ศ. 2564

สถานที่สอบ ณ ห้องประชุมออนไลน์

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ กุศล)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ กรกฎาคม พ.ศ. 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การจำลองกังหันลมแกนแนวตั้งแบบโรเตอร์เดี่ยว	
ชื่อนักศึกษา	นายเศกสิทธิ์ คงจันทร์	รหัสประจำตัว 60512100
	นายอานนท์ เรืองฉาง	รหัสประจำตัว 60512109
	นายชานน หมื่นบวร	รหัสประจำตัว 61512004
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.วชร กาลาสี	
ปริญญานิพนธ์		

### บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อ ศึกษาความเร็วลมที่ส่งผลต่อจำนวนใบพัดที่ต่างกัน และ ประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่อ้างอิงจากระยะความเร็วลมเฉลี่ยจากข้อมูลกรมฝนหลวงของสนามบิน ชุมพร ณ ความเร็วลมที่ 1 เมตร/วินาที และ 1.5 เมตร/วินาที โดยใช้กังหันลมแกนแนวตั้งขนาด 1.2 เมตร ที่ได้จำลองในสภาพการไหลในโปรแกรม Solid works ซึ่งได้ผลว่ากังหันลมแกนแนวตั้งขนาด 1.2 เมตร ที่ความเร็วลม 1.5 เมตร/วินาที จะมีค่ากำลังจากลม 2.97 kW และกำลังจากกังหันลมเท่ากับ 0.445 kW ซึ่งจะมีค่ากำลังจากลมและกำลังจากกังหันลมที่มากกว่าที่ความเร็วลม 1 เมตร/วินาที และใน จำนวนใบพัดที่มากกว่าแต่รูปทรงของใบพัดเหมือนกันนั้นที่ความเร็วลม 1.5 m/s จะมีค่า Torque ใน แกน Z และค่า Force ในแกน X ที่มากกว่าความเร็วลม 1m/s

คำสำคัญ: กังหันลมแกนแนวตั้ง, การจำลองสภาพการไหล, ความเร็วลม

**Project** AIRFLOW SIMULATION OF A SINGLE ROTOR VERTICAL AXIS WIND  
**Student** Mr. Seksit Kongjan **Student ID** 60512100  
Mr. Arnon Reungchang **Student ID** 60512109  
Mr. Chanon Muenbaworn **Student ID** 61512004

**Degree** Bachelor of Engineering  
**Program** Mechanical Engineering  
**Project Advisor** Asst.Prof. Wachara Kalasee

## ABSTRACT

This thesis is prepared for Study how wind speed affects different number of blades. and the efficiency of electricity generation based on average wind speed from the Royal Rainmaking Department of Chumphon Airport at wind speeds of 1 m/s and 1.5 m/s by using a 1.2-meter vertical axis wind turbine that was simulated in the flow in the program Solid works, which results that a vertical axis wind turbine of 1.2 meters with a wind speed of 1.5 meters / sec will have a wind power of 2.97 kW and a wind power of 0.445 kW, which will have wind power and More power from a wind turbine at a wind speed of 1 m/s, and with a larger number of blades but the same blade shape at 1.5 m/s wind speed, the torque in the Z-axis and the Force in the X-axis are greater than the speed. wind 1m/s

**Keywords:** Vertical axis wind turbine, simulating flow conditions, wind speed

## กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำโครงการขอขอบคุณ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ผศ. วรช กาลาสี ที่คอยให้คำปรึกษาและช่วยเหลือด้านต่างๆ ทำให้เป็นประโยชน์ต่อการทำงาน นอกจากนี้ทางคณะผู้จัดทำก็ต้องขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านและบุคลากรในสถาบัน ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำและสนับสนุนในการดำเนินงาน

ขอขอบพระคุณบิดามารดาที่สนับสนุนทุนทรัพย์ตลอดมาในการศึกษา เพื่อนๆทุกท่านที่ให้การช่วยเหลือในการทำงานและให้กำลังใจเสมอมา



เศกสิทธิ์ คงจันทร์  
อานนท์ เรืองฉาง  
ชานน หมั่นบวร  
กรกฎาคม 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	VI
สารบัญรูป	IV
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	1
1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับ	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.6 แผนการดำเนินงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการ	11
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้	11
3.2 วิธีดำเนินการใน Solid work Flow simulation	12
3.3 คำนวณหาค่าลึงจากอากาศและกำลังงานจากใบพัด	22

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผล	24
4.1 ผลการทดลองแบบ 2 ไบพัต	24
4.2 ผลการทดลองแบบ 3 ไบพัต	27
4.3 ผลการทดลองแบบ 4 ไบพัต	30
4.4 ผลเปรียบเทียบของโมเดลที่จำนวนไบพัตต่างกัน	33
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	35
5.1 สรุปผล	35
5.2 ข้อเสนอแนะ	35
อ้างอิง	36
ภาคผนวก	37
ภาคผนวก ก ข้อมูลความเร็วลมและแบบกังหันลม	38
ประวัติผู้เขียน	41

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 แผนผังการดำเนินงานการจำลองการไหลของอากาศของกังหันลมแกนแนวตั้ง	2
2.1 ตารางความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละเดือนของ อำเภอปะทิว	4
2.2 ลักษณะการเคลื่อนที่ของมวลอากาศ[9]	5
2.3 กราฟค่าสัมประสิทธิ์ของกังหันแต่ละชนิดต่างๆ[9]	6
3.1 กังหันลมแบบแกนแนวตั้ง	5
3.2 เวย์ร์เนี่ยคาลิปเปอร์	5
3.3 ตลับเมตร	12
3.4 โคนิโอมิเตอร์	12
3.5 รูปชิ้นงานที่ต้องการวิเคราะห์	12
3.6 การ lids เพื่อปิดทางเข้า-ออกของชิ้นงาน	13
3.7 รูปชิ้นงานเมื่อ lids ทางเข้าและทางออกแล้ว	13
3.8 หน้าต่างตั้งชื่องาน	14
3.9 การเปลี่ยนหน่วยอุณหภูมิ	14
3.10 การตั้งค่าแรงโน้มถ่วง	15
3.11 การเลือกของไหลที่ต้องการจำลอง	15
3.12 การเลือกผนัง	16
3.13 การใส่ความเร็วลม	16
3.14 การตั้งค่า Boundary conditions	17
3.16 การเลือกค่า Force และ ค่า Torque	18
3.17 การตั้งค่า Global Mesh	18
3.18 การปรับค่า Manual และปรับค่าละเอียด	19
3.19 การปรับค่าMesh	19
3.20 การRun ชิ้นงาน	20

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.21 ตั้งค่าการ Run งาน	20
3.22 การใส่ Load และตั้งค่า Flow Trajectories	21
3.23 ชี้นงานเมื่อเซตค่าเสร็จ	21
4.1 การจำลองแบบ 2 ใบพัดที่ความเร็วลม 1 m/s	12
4.2 การแบ่ง section แบบจำลองในแกน X แบบ 2 ใบพัดที่ความเร็วลม 1 m/s	12
4.3 การจำลองแบบ 2 ใบพัดที่ความเร็วลม 1.5 m/s	25
4.4 การแบ่ง section แบบจำลองในแกน X แบบ 2 ใบพัดที่ความเร็วลม 1.5 m/s	25
4.5 ค่า Force ของแบบ 2 ใบพัด	26
4.6 Torque ของแบบ 2 ใบพัด	26
4.7 การจำลองแบบ 3 ใบพัดที่ความเร็วลม 1 m/s	27
4.8 การแบ่ง section แบบจำลองในแกน X แบบ 3 ใบพัดที่ความเร็วลม 1. m/s	27
4.10 การแบ่ง section แบบจำลองในแกน X แบบ 3 ใบพัดที่ความเร็วลม 1.5 m/s	28
4.11 Force ของแบบ 3 ใบพัด	29
4.12 Force ของแบบ 3 ใบพัด	29
4.13 การจำลองแบบ 4 ใบพัดที่ความเร็วลม 1 m/s	30
4.14 การแบ่ง section แบบจำลองในแกน X แบบ 3 ใบพัดที่ความเร็วลม 1 m/s	30
4.15 การจำลองแบบ 4 ใบพัดที่ความเร็วลม 1.5 m/s	31
4.16 การแบ่ง section แบบจำลองในแกน X แบบ 3 ใบพัดที่ความเร็วลม 1.5 m/s	31
4.17 Force ของแบบ 4 ใบพัด	32
4.18 Torque ของแบบ 4 ใบพัด	32
4.19 Force โมเดลทั้ง 3 แบบที่ความเร็วลม 1 m/s	33
4.20 Force โมเดลทั้ง 3 แบบที่ความเร็วลม 1.5 m/s	33
4.21 Torque โมเดลทั้ง 3 แบบที่ความเร็วลม 1 m/s	34
4.22 Torque โมเดลทั้ง 3 แบบที่ความเร็วลม 1.5 m/s	34

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญ

การใช้ประโยชน์จากพลังงานลมมีมาตั้งแต่ต้นคริสต์ศตวรรษที่ 20 ได้เริ่มมีการใช้ พลังงานลมเปลี่ยนรูป เป็นพลังงานกลเพื่อการสูบน้ำและการสีข้าว ต่อมาในช่วงเริ่มต้นของยุคอุตสาหกรรมใหม่การใช้งานพลังงานจากลมถูก แทนที่ด้วยพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ในช่วงต้นปี ค.ศ. 1970 เกิดวิกฤตการณ์ น้ำมันทั่วโลก ความสนใจในพลังงานจึง กลับมาอีกครั้งโดยมีเป้าหมายหลักคือการนำพลังงานลมมาใช้เพื่อการ ผลิตไฟฟ้า ร่วมกับแหล่งพลังงานฟอสซิลเพื่อความ มั่นคงของระบบ พลังงานลมจึงกลับมา เป็นแหล่งพลังงานทดแทนหลักอีกแหล่งหนึ่ง ในช่วงสิบปีหลังของคริสต์ศตวรรษที่ 20 การติดตั้งกังหันลม ผลิตไฟฟ้า (wind turbines) ทั่วโลกเพิ่มขึ้นประมาณสองเท่าของทุกๆสามปี ค่าไฟฟ้าจากพลังงานลม ลดต่ำลง ประมาณ 1 ใน 6 ตั้งแต่ช่วงต้นปี ค.ศ. 1980 และมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง ในช่วงเวลาเดียวกัน เทคโนโลยีพลังงานลมมี โดยทางพื้นที่ทางภาคใต้ของประเทศไทยนั้น เป็นพื้นที่ที่ติดชายฝั่งทะเลเป็นส่วนใหญ่ และในพื้นที่ที่ติดชายทะเลนั้นมีกระแสลมที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งกังหันลม เพื่อใช้ในการผลิตพลังงานจากแหล่งพลังงานทางเลือกและปราศจากมลพิษที่จะส่งผลกระทบต่อผู้คนและสิ่งแวดล้อมโดยรวม

### 1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1. สร้างโมเดลการจำลองใบพัดชนิดแกนแนวตั้ง เพื่อศึกษาความเร็วลมที่ส่งผลต่อจำนวนใบพัดที่ต่างกัน

1.2.2. ศึกษาศักยภาพกำลังจากใบพัดและกำลังงานจากลมของกังหันชนิดแกนแนวตั้งแบบ 2 ใบพัด 3 ใบพัด และ 4 ใบพัด

### 1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1.3.1. เปรียบเทียบแบบจำลองกังหันลมชนิดแกนแนวตั้งแบบ 2, 3 และ 4 ใบพัด

1.3.2. ใช้กังหันลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 เมตร

1.3.3. ใช้ความเร็วลมเฉลี่ยจากกรมฝนหลวงของสนามบินชุมพรในปี 2020 โดยใช้ความเร็วลมเฉลี่ยที่

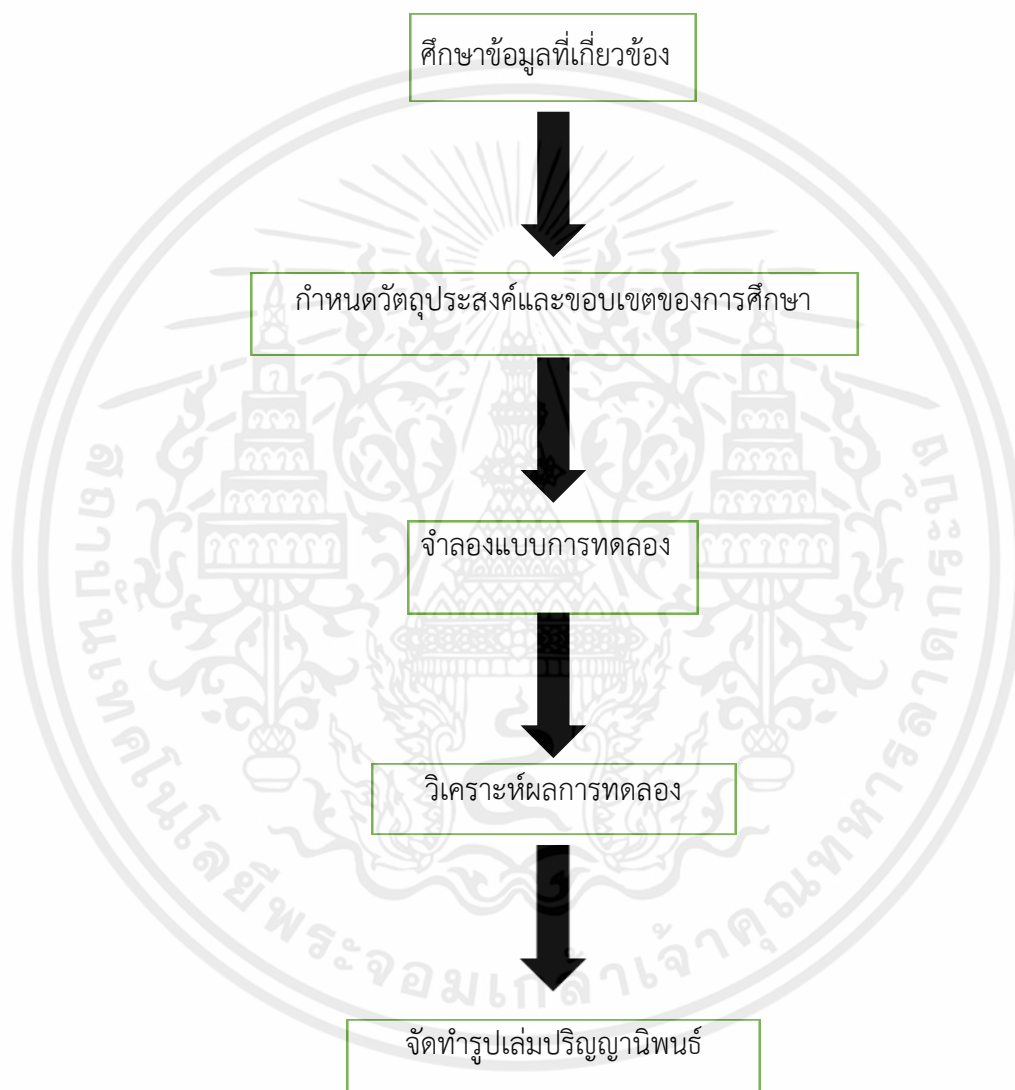
1 m/s และ 1.5 m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับ

- 1.4.1. สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริง
- 1.4.2. เพื่อทราบถึงการไหลของกระแสลมผ่านตัวโมเดลแต่ละแบบ

## 1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน



รูปที่ 1.1 แผนผังการดำเนินงานการจำลองการไหลของอากาศของกังหันลมแกนแนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.6 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนดำเนินการโครงการ

แผนการดำเนินงาน	เวลาดำเนินการ										
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ศ.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	
	2563	2563	2563	2563	2563	2564	2564	2564	2564	2564	2564
ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	←→										
กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของการศึกษา	←→										
จำลองแบบการทดลอง	←→										
วิเคราะห์ผลการทดลอง	←→										
จัดทำรูปเล่มปริยญาานิพนธ์	←→										

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

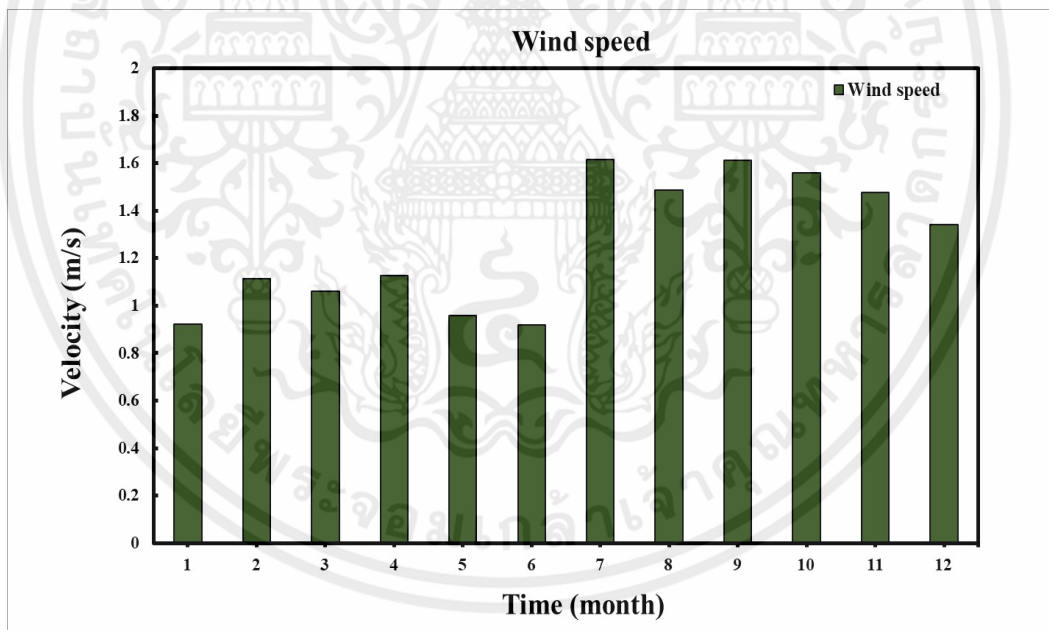
## บทที่ 2

# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 พลังงานลม (Wind speed) พลังงานที่เกิดจากการเคลื่อนตัวของมวลอากาศที่มีความแตกต่างทางด้านอุณหภูมิ ความกดอากาศ และแรงจากการหมุนของโลก[9]

โดยทางพื้นที่ทางภาคใต้ของประเทศไทยนั้น เป็นพื้นที่ที่ติดชายฝั่งทะเลเป็นส่วนใหญ่ และในพื้นที่ที่ติดชายทะเลนั้นมีกระแสลมที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งกังหันลม เพื่อใช้ในการผลิตพลังงานจากแหล่งพลังงานทางเลือกและปราศจากมลพิษที่จะส่งผลกระทบต่อผู้คนและสิ่งแวดล้อมโดยรอบ โดยที่อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพรนั้นจะมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยดังใน รูปที่ 2.1 ซึ่งเป็นความเร็วลมย้อนหลังของปี 2020



รูปที่ 2.1 ตารางความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละเดือนของ อำเภอปะทิว

ดังนั้นกำลังงานจากลม เป็นพลังงานจากการเคลื่อนที่ของวัตถุขึ้นอยู่กับสองตัวแปร คือ มวล และความเร็ว ถ้ามวลอากาศคงที่ ดังนั้นพลังงานจะแปรผันตามความเร็วของลม สามารถเขียนสมการพลังงานในรูปพลังงานจลน์(Kinetic Energy) ได้ว่า[9]

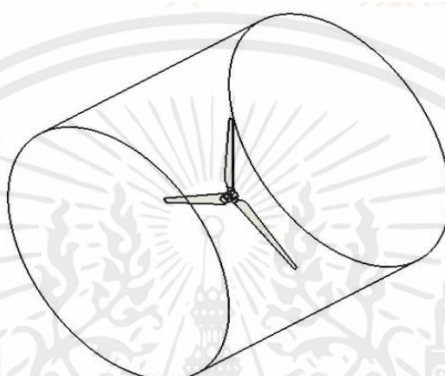
$$E_K = \frac{1}{2} m_a V^2 \quad (2.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่  $E_K$  คือ พลังงานจลน์ (จูล)

$m_a$  คือ มวลของอากาศ (กิโลกรัม)

$V_\infty$  คือ ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)



รูปที่ 2.2 ลักษณะการเคลื่อนที่ของมวลอากาศ[9]

ด้วยความเร็ว ( $V_\infty$ ) ไหลผ่านหน้าตัดของ ( $A$ ) และเคลื่อนที่เป็นระยะทาง ( $d$ ) ดังนั้นมวลของอากาศสามารถหาได้จากความหนาแน่นของอากาศ ( $\rho_a$ ) คูณด้วยปริมาตร ( $A \times d$ )

และกำลังจากลม (Power air) คืองานที่ลมทำได้ต่อหนึ่งหน่วยเวลาตามสมการที่ (2.2) [9]

$$P_a = \frac{1}{2} \rho_a A V_\infty^3 \quad (2.2)$$

โดยที่  $P_a$  คือ กำลังงานที่ได้จากลม (วัตต์)

$\rho_a$  คือความหนาแน่นอากาศ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

$A$  คือ พื้นที่หน้าตัด (ตารางเมตร)

$V_\infty$  คือความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)

### 2.1.2 สัมประสิทธิ์กำลังของกำลังลม

การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์กำลังของกังหันลมเรียกว่าค่า  $C_P$  (Power coefficient) โดยได้จากการเปรียบเทียบระหว่างกำลังงานที่ได้จากกังหันลมหรือกำลังงานที่กังหันลมผลิตได้  $P_w$  (Power wind

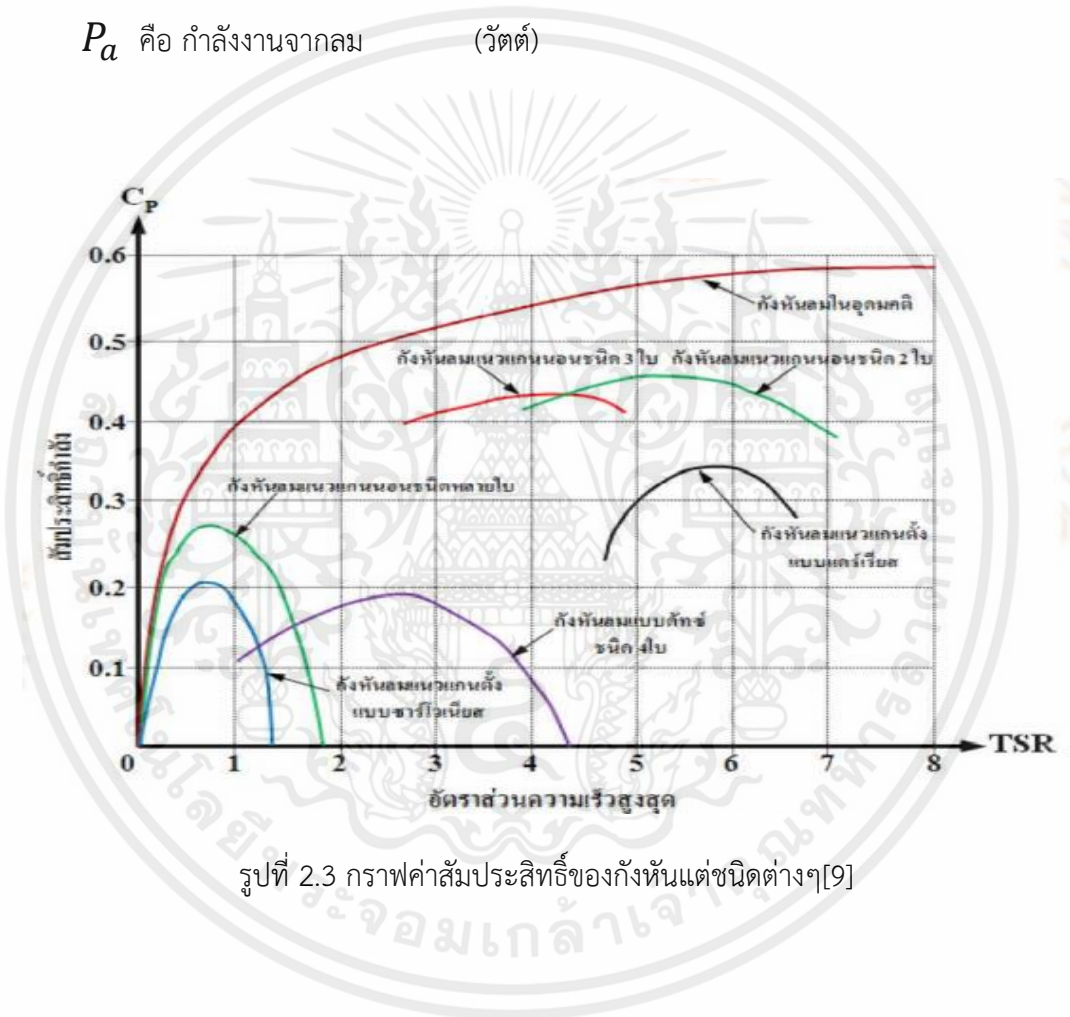
turbine) เปรียบเทียบกับกำลังงานจากลมที่สมควรจะได้จริงจากลมที่มีการไหลอิสระ  $P_a$  (Power air) ถ้าวิเคราะห์ทางกล คือกำลังงานเท่ากับพลังงานที่ผลิตได้ต่อพลังงานที่ป้อนเข้าระบบ[9]

$$C_P = \frac{P_W}{P_a} = \frac{P_W}{\frac{1}{2}\rho_a AV^3} \quad (2.3)$$

โดยที่  $C_P$  คือ สัมประสิทธิ์กำลังงานของกังหันลม

$P_W$  คือ กำลังงานที่ได้จากกังหันลม (วัตต์)

$P_a$  คือ กำลังงานจากลม (วัตต์)



รูปที่ 2.3 กราฟค่าสัมประสิทธิ์ของกังหันแต่ละชนิดต่างๆ[9]

## 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ภาณุวัฒน์ และคณะ.[1] งานวิจัยนี้กล่าวว่าการนำพลังงานลมที่ได้จากระบบระบายอากาศของเครื่องปรับอากาศนำมาผลิตกระแสไฟฟ้าอุปสรรคในการทดลองพบว่าพลังงานลมที่ได้จากระบบระบายอากาศของเครื่องปรับอากาศ เมื่อมาผลักดันใบพัดของชุดกังหันลมทำให้มีจำนวนรอบในการหมุนต่ำให้ความสามารถในการรับลมของใบพัดทำงานไม่เต็มที่ ถ้าเราต้องการที่จะได้กระแสไฟฟ้าในปริมาณ

จำนวนที่มาก เราควร ออกแบบให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้นเหมาะสมกับชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีความเร็วในการหมุน ของรอบที่ต่ำ โดยทำการเพิ่มจำนวนรอบในการพันขดลวดให้มากขึ้นกว่าเดิม

Promdee and Photong [2] งานวิจัยนี้นำเสนอการการผลิตกำลังงานไฟฟ้าด้วย กังหันลมชาโวเนียบแบบช่องลมคู่ เมื่อมีการรับลมสวน ทางที่เกิดขึ้นจากการจำลองโดยใช้พัดลม ผลการทดลอง พบว่ากังหันลมชาโวเนียบที่นำเสนอ มีความสามารถในการรับลมในลักษณะลมสวนทางที่มีระยะห่างจากตัวกังหันได้ดีที่สุดที่ตำแหน่ง 45 เซนติเมตร ซึ่งเป็น ตำแหน่งที่ผลิตแรงดันไฟฟ้าสูงสุดได้ 6.332 – 9.516 โวลต์ และเมื่อติดตั้งช่องลมคู่ผลการทดลองพบว่าที่มุม 30 องศา เป็นตำแหน่งที่กังหันสามารถผลิตแรงดันได้ สูงสุด 7.31 – 10.98 โวลต์ ที่ความเร็วลม 4.68 – 6.41 เมตรต่อวินาที ผลิตแรงดันเพิ่มขึ้น 5.65% เมื่อเทียบกับ แบบไม่ติดตั้งช่องลม เนื่องจากกระแสลมที่ไหลเข้าช่องลม คู่มีพื้นที่หน้าตัดกว้างกว่าและไหลออกสู่ช่องทางที่แคบลง จึงทำให้กระแสลมที่ไหลออกมีความเร็วลมที่สูงขึ้น เคลื่อนที่เข้าปะทะใบกังหัน และจากการทดลองพบว่าช่อง ลมคู่ยังสามารถช่วยให้กังหันลมรับกระแสลมที่มีระยะห่างจากตัวกังหันได้ดีขึ้นในตำแหน่งตำแหน่ง 45 - 60 เซนติเมตร ผลิตแรงดันไฟฟ้าได้สูงขึ้นเฉลี่ย 45-68% เนื่องจากลักษณะของช่องลมที่ออกแบบมีพื้นที่รับลม มากกว่าพื้นที่รับลมของกังหันลมชาโวเนียบจึงทำให้ สามารถเพิ่มโอกาสในการรับลมได้มากขึ้น อีกทั้งช่องลมคู่ ยังให้คุณภาพสัญญาณแรงดันไฟฟ้า กระแสตรงโดยมี ะลอกคลื่นดีที่สุด 1.32% ซึ่งต่ำกว่ากังหันแบบอื่นๆ เนื่องจากว่าช่องลมคู่นั้นจะช่วยลดแรงต้านการหมุนที่เกิด จากกระแสลมไหลเข้าสู่ใบด้านนูนของกังหันลม ซึ่งจะทำให้กังหันลมมีความเร็วรอบที่ส่งมา เสมอ ส่งผลต่อลักษณะ ของสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ได้มีความคงที่มากขึ้นและมี ค่าระลอกคลื่นที่ต่ำ ลักษณะลมชั่วขณะที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของ ยานพาหนะจริงที่ความเร็ว 90 – 100 กิโลเมตรต่อ ชั่วโมง เก็บข้อมูลลมชั่วขณะในระดับความสูง 10-90 เซนติเมตรพบว่า โดยเฉลี่ยแล้วจะมีช่วงระยะเวลาที่เกิด ลมชั่วขณะ 5.82 วินาที ความเร็วลมชั่วขณะสูงสุดเฉลี่ย อยู่ที่ 2.28 เมตรต่อวินาที ที่เวลา 2.91 วินาที และเมื่อได้ ทำการจำลองลักษณะลมชั่วขณะโดยใช้พัดลม 2 ชุด พบว่า ระดับความเร็วลมของพัดลม 4.68 เมตรต่อวินาที ให้ลักษณะลมที่มีลักษณะใกล้เคียงกับลักษณะลมชั่วขณะ ที่เกิดขึ้นจริงมากที่สุดโดยมีความคาดเคลื่อนระยะเวลา เกิดลมและความเร็วลมเพียง 1.74 - 2.33% และ 2.4 3.5% เมื่อนำลักษณะลมที่จำลองขึ้นมาทดลองผลิต กำลังไฟฟ้าจากกังหันลมชาโวเนียบแบบช่องลมคู่พบว่า เมื่อมีการรับลมสวนทางที่ความเร็วลมชั่วขณะ 6.41 เมตร ต่อวินาที สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าชั่วขณะได้มากกว่าการ รับลมฝั่งซ้ายและฝั่งขวาเฉลี่ย 84% โดยผลติก าลงไฟฟ้า ชั่วขณะสูงสุดเฉลี่ย 324 มิลลิวัตต์ เนื่องจากการรับลม สวนทางเป็นการรับลมสองทิศทางจึงทำ ให้ได้กำลังลม มากกว่าการรับลมทิศทางเดียวฝั่งซ้ายและฝั่งขวา

Ketjoya and Sasitharanuwatb [3] บทความฉบับนี้ได้นำเสนอเทคโนโลยีพลังงานลม ว่ามีประวัติความเป็นมาอย่างไร เทคโนโลยีในปัจจุบัน ศักยภาพ ของพลังงานลมในประเทศไทย ทฤษฎี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลังงานลม เทคโนโลยีกังหันลมผลิตไฟฟ้าแบบต่างๆ ส่วนประกอบหลัก จุดเด่นและจุดด้อย ของเทคโนโลยีแบบต่างๆ และผลกระทบของการใช้งานกังหันลมผลิตไฟฟ้า ซึ่งสิ่งที่นำเสนอในบทความนี้น่าจะเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์ ต่อประเทศ และทำให้ทุกคนหันมาให้ความสำคัญกับพลังงานจากลมมากขึ้น การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีกังหันลมผลิตไฟฟ้านั้น ถึงแม้ว่าจะผ่านไปกว่า 100 ปีแล้ว แต่การที่จะให้เทคโนโลยีนี้สามารถเข้ามาทดแทนเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าอื่นๆ ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันทั้งหมดคงเป็นไปได้ เพราะในอนาคตรูปแบบการใช้พลังงานจะหลากหลายมากขึ้น การใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล จะลดลงเนื่องจากส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สัดส่วนการใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน อาทิ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ พลังงานชีวมวล หรือแม้แต่พลังงานลมจะสูงขึ้น สำหรับประเทศไทยนั้นยังมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีพลังงานลมน้อยมาก จำเป็นอย่างยิ่ง ที่เราจะต้องหันมาให้ความสนใจในเทคโนโลยีพลังงานลม ถึงแม้ว่าจะมีศักยภาพไม่สูงนักหากเปรียบเทียบกับในต่างประเทศ แต่ก็สามารถ นำมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าในขนาดพิกัดระดับกิโลวัตต์ได้ หากเราเริ่มวิจัยและพัฒนาตั้งแต่วันนี้ ในอนาคตประเทศเราจะได้มี เทคโนโลยีด้านพลังงานลมเป็นของตัวเอง ไม่ต้องพึ่งพาจากต่างประเทศทั้งหมดเหมือนเช่นเทคโนโลยีอื่นๆ อย่างในปัจจุบัน

เลื่องชวณท์ และ ศรีทองกุล [4] กังหันลมแนวแกนตั้งเป็นรูปแบบที่ลดความซับซ้อนประสิทธิภาพอาจจะต่ำกว่าแบบแนวแกนนอน แต่สามารถแก้ไขได้ด้วยการ เลือกใช้แบบผสมประสานระหว่างใบแบบ ซาโวเนียและดาร์เรียวส์ร่วมกันเพื่อให้สามารถเริ่มหมุนได้เร็วและมีแรงบิดสูง วัสดุที่เลือกใช้ ควรเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา เพื่อผลิตแรงบิดจากกระแสลม สามารถส่งกำลังงานไปสู่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า PMSG ให้ได้มากที่สุด ไม่ต้อง สูญเสียแรงบิดไปกับน้ำหนักของใบกังหันเนื่องจากน้ำหนักแรงดึงดูดโลก อย่างไรก็ตาม น้ำหนักที่เบาของใบและการออกแบบเพื่อสร้าง แรงบิดที่สูง ก็ยังไม่เพียงพอต้องพัฒนาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า PMSG ร่วมด้วย โดยการลดแรงดึงเส้นแรงแม่เหล็กเริ่มต้น โดยการใช้เทคนิค การบิดร่องแม่เหล็ก โดยทั่วไปการมูมบิดร่องแม่เหล็ก อยู่ในช่วง 10-30 องศา ขึ้นอยู่กับ จำนวนขั้วแม่เหล็ก จำนวนขดลวด ขนาดของ ขดลวด จำนวนรอบในการพันขดลวด ความแรงของเส้นแรงแม่เหล็ก ระยะความห่างระหว่างโรเตอร์และสเตเตอร์ เป็นต้น เนื่องจากการ ออกแบบกังหันลมแนวแกนตั้ง และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า PMSG ประกอบในกังหันลมแต่ละตัวผลิตไฟฟ้าได้ 320 W รวมพลังงานไฟฟ้าที่ ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จำนวน 32 ตัว โดยการใช้ระบบอินเวอร์เตอร์จ่ายไฟฟ้าให้กับบ้านเรือน ซึ่งได้ออกแบบให้ทำงานร่วมกับแผง พลังงานแสงอาทิตย์นอกจากนี้ ระบบของอินเวอร์เตอร์สามารถส่งข้อมูลการผลิตพลังงานเข้าสู่เครือข่ายอินเทอร์เน็ตและระบบโทรศัพท์มือถือ เสากังหันลมเป็นระบบที่สามารถปรับเคลื่อนขึ้นลงได้ด้วยระบบรอกไฟฟ้า ทำให้ลดการใช้รถเครน สามารถลดค่าใช้จ่ายประมาณ 7,000 บาทต่อการซ่อมบำรุงแต่ละครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chaichana1 and Chaitep [5] การศึกษานี้เป็นการศึกษาที่มีจุดประสงค์เพื่อพิจารณาผลของตำแหน่งสูงสุดของส่วนโค้งของใบพัดกังหัน แบบโค้งที่ติดตั้งกับกังหันลมแกนตั้งเพลาพร้อมหมุนสวนทางกัน โดยทำการทดสอบในอุโมงค์ลมความเร็วต่ำ แบบเปิด ทั้งนี้ผลการศึกษาสรุบได้ว่าตำแหน่งสูงสุดของส่วนโค้ง หรือสันของใบพัดกังหันแบบโค้งที่เหมาะสมที่สุด คือ คือ ที่ตำแหน่ง 50% (ใบพัดแบบสมมาตร) ภายใต้ผลที่สนับสนุนคือ 1.ความเร็วลมที่ทำให้กังหันลมเริ่มทำงานได้น้อยที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 1.85 เมตร/วินาที ซึ่งมีค่าน้อยกว่า กรณี ที่ตำแหน่งหนาสุดของส่วนโค้งของใบพัดกังหันที่ 25% และ 75% ของความกว้างของใบกังหันประมาณ 8-10% 2. สัมประสิทธิ์กำลัง และ สัมประสิทธิ์แรงบิดของกรณีสันของใบพัดกังหันที่ตำแหน่ง 50% มีค่าสูงสุด เฉลี่ยเท่ากับ 6.2% และ 31.8% ตามลำดับ ทั้งนี้ผลสรุปของการศึกษานี้เป็นเพียงส่วนหนึ่งของปัจจัยที่มีผลต่อกังหันลมโดยเฉพาะกังหันลมชนิด นี้ ซึ่งยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่ต้องทำการศึกษาต่อเนื่องต่อไป เช่น อิทธิพลของมุมใบพัด อิทธิพลของแรงเสียดทานของ ส่วนประกอบต่างๆ เป็นต้น ซึ่งในรายงานวิจัยนี้ยังไม่นำมาพิจารณา และเมื่อนำไปใช้งานจริงก็ต้องพิจารณาปัจจัยองค์ประกอบ หรือธรรมชาติของลมประกอบด้วย

ธรรมแท้ [6] โครงการวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบและผลิตกังหันลมชนิด 1 ใบพัด เพื่อใช้ในการส่องสว่างบริเวณพื้นที่อ่าง สู่ระ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทน และคงความต่อเนื่องของการเป็น Green University จากการวิจัย สามารถสรุปผลได้ดังนี้ออกแบบและผลิตกังหันลมชนิด 1 ใบ สำเร็จสมบูรณ์ สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าเพื่อใช้ส่องสว่างได้ สามารถผลิตไฟฟ้าได้โดยกังหันลมชนิด 1 ใบ ให้กำลังที่ความเร็วลมสูง ซึ่งต่างจากกังหันลม ชนิด 3 ใบ ที่ให้กำลังที่ความเร็วลมต่ำ กังหันลมชนิด 1 ใบ มีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่ากังหันลม 3 ใบ กังหันลมชนิด 1 ใบ ต้องการลมแรงและต่อเนื่อง และเริ่มหมุนด้วยตัวเองที่ความเร็วลมสูง ดังนั้น สำหรับกังหันลมชนิด 1 ใบ จึงอาจไม่เหมาะกับการใช้งานบริเวณอ่างสู่ระซึ่งมีลมต่ำและไม่ต่อเนื่อง

Meller and St [7-8] วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อปรับปรุงและวิธีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมโดยใช้โครงสร้างที่อากาศที่เบา ซึ่งสามารถปรับระดับความสูงในการปฏิบัติงานหรือปรับให้เข้ากับความเร็วลมที่แตกต่างกันไป และยังมีต้นทุนในการผลิตและบำรุงรักษาที่ต่ำ โดยระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมในชั้นบรรยากาศจะมีกังหันอย่างน้อยสองตัวที่หมุนได้อิสระติดตั้งกับเพลา และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอย่างน้อยหนึ่งเครื่อง ขนาดของกำลังไฟฟ้าที่เกิดจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้นสัมพันธ์กับการหมุนของกังหัน

วิเศษโอสถ [9] กล่าวถึงการศึกษากังหันลมชนิดแกนแนวนอนที่มีลักษณะของจำนวนใบพัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบพัด และความเร็วที่ต่างกัน กังหันถูกออกแบบและจำลองในซอฟต์แวร์ Solidworks Flow simulation โดยในการจำลองแบ่งการศึกษากังหันลมแต่ละชนิดออกเป็น 2 แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้แก่แบบโรเตอร์เดี่ยว 3 ใบพัด และโรเตอร์คู่ 6 ใบพัด เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพของกังหันลมที่เกิดจากการปะทะด้วยความเร็วลม 3 m/s 4 m/s และ 5 m/s ผลจากการจำลองแสดงให้เห็นว่า กังหันลมแบบ 6 ใบพัด เป็นโครงสร้างที่มีศักยภาพสูงสุด กังหันลมทั้ง 2 แบบ ถูกสร้างเพื่อทำการทดสอบศักยภาพในการผลิตไฟฟ้า ผลการทดสอบเมื่อเทียบกับ จำนวนใบพัด ความเร็วลม และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง กังหันลม 6 ใบพัด ที่ความเร็วลม 5 m/s เส้นผ่าศูนย์กลาง 66 m. ให้กำลังในการผลิตไฟฟ้า 26.88 kw แต่กังหันลม 3 ใบพัดเดี่ยว ที่ความเร็ว 5 m/s ให้กำลังการผลิตไฟฟ้า 21.63 kw

ฤกษ์ชุมทรัพย์ และคณะ [10] งานวิจัยนี้กล่าวถึงการศึกษากังหันลมแนวตั้ง ความสูง 1 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เมตร ที่มีโครงสร้าง ต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่ ชนิดซาโวนิอุส ชนิด C และชนิด Lenz กังหันลมทั้ง 3 ชนิดถูกออกแบบและจำลองใน ซอฟต์แวร์ SolidWorks® Flow simulation โดยในการจำลองแบ่งการศึกษากังหันลมแต่ละชนิดออกเป็น 4 โมเดล ย่อย ได้แก่ แบบ 2 ใบพัด, 3 ใบพัด, 4 ใบพัด และ 6 ใบพัด เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพของกังหันลมที่เกิดจากการปะทะด้วยความเร็วลม ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่ากังหันลมแบบ 6 ใบพัดเป็นโครงสร้างที่มีศักยภาพสูงที่สุด กังหันลมทั้ง 3 ชนิดจึงถูก สร้างขึ้นเพื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า ผลการทดสอบประสิทธิภาพเมื่อเทียบสัดส่วนกับน้ำหนักของกังหันลมที่สร้างขึ้น แสดงให้เห็นว่ากังหันลมชนิด Lenz เริ่มหมุนที่ความเร็วลมต่ำสุด 0.6 เมตรต่อวินาที และ ผลิตแรงดันไฟฟ้าได้สูงสุด 16.8 โวลต์ ที่ความเร็วลม 8.43 เมตรต่อวินาที แต่กังหันลมชนิดซาโวนิอุสมีศักยภาพ เมื่อเทียบกับน้ำหนักในการผลิตแรงดันไฟฟ้าถึงระดับชาร์จที่ความเร็วลมต่ำสุด 6.87 เมตรต่อวินาที

## บทที่ 3

### อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการ

#### 3.1 อุปกรณ์ที่ใช้

##### 3.1.1 กังหันลมแบบแกนแนวตั้ง ขนาด 1.2 เมตร (vertical axis wind turbine)



รูปที่ 3.1 กังหันลมแบบแกนแนวตั้ง

##### 3.1.2 เวอร์เนียคาลิปเปอร์ (Vernier Caliper)



รูปที่ 3.2 เวอร์เนียคาลิปเปอร์

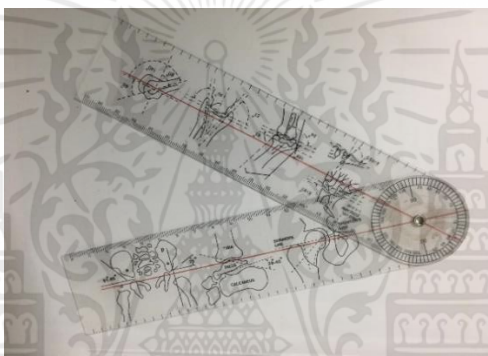
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.3 ตลับเมตร (tape measure)



รูปที่ 3.3 ตลับเมตร

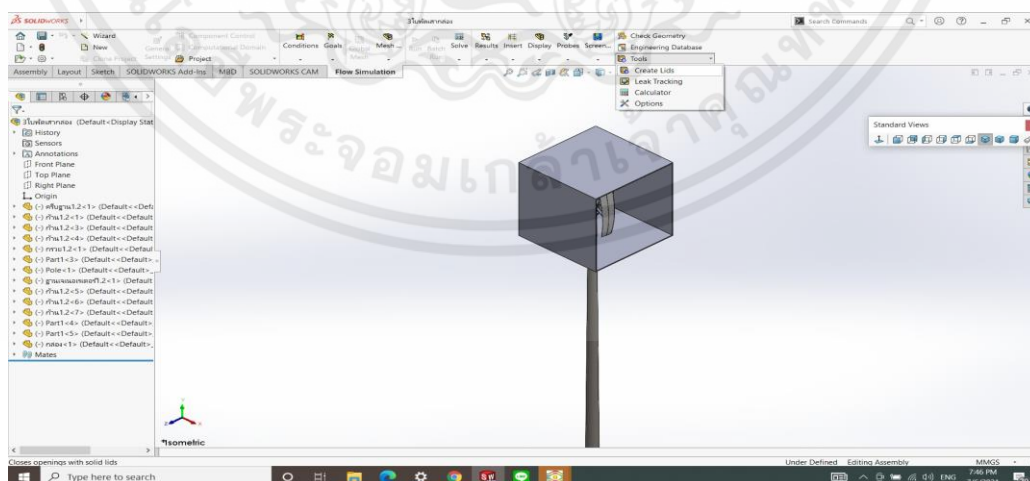
### 3.1.4 โคนิโอมิเตอร์ (Goniometer)



รูปที่ 3.4 โคนิโอมิเตอร์

### 3.2 วิธีดำเนินการใน Solid work Flow simulation

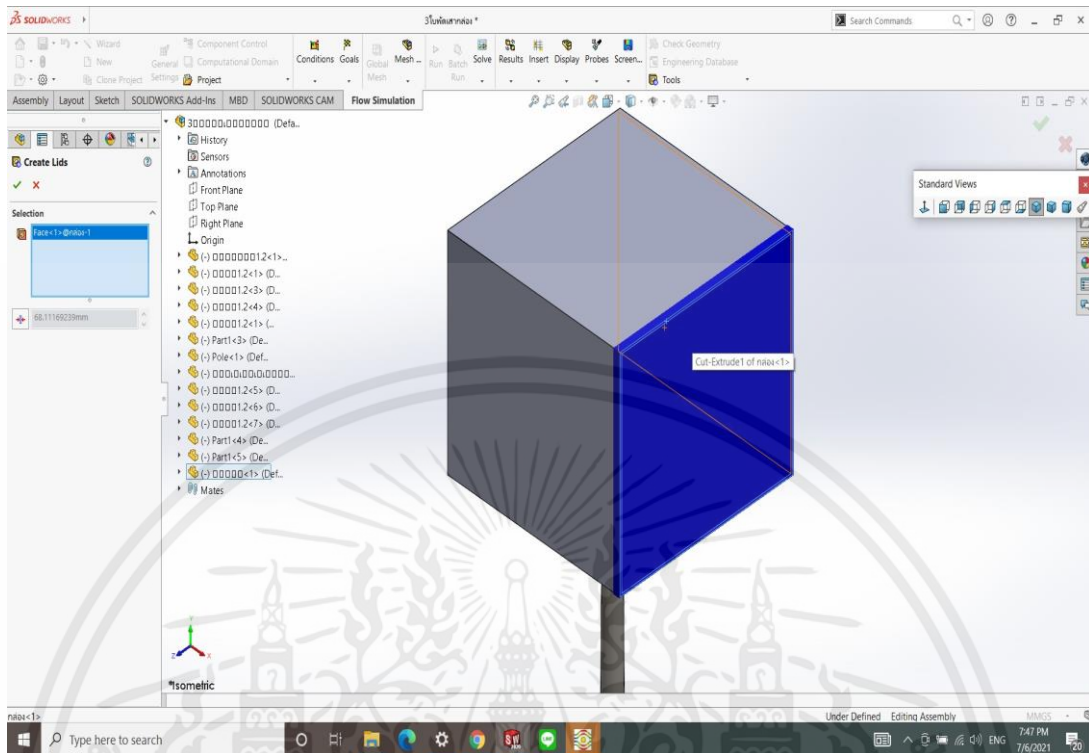
#### 3.2.1 เปิดตัวชิ้นงานที่เราต้องการจำลองออกมา



รูปที่ 3.5 รูปชิ้นงานที่ต้องการวิเคราะห์

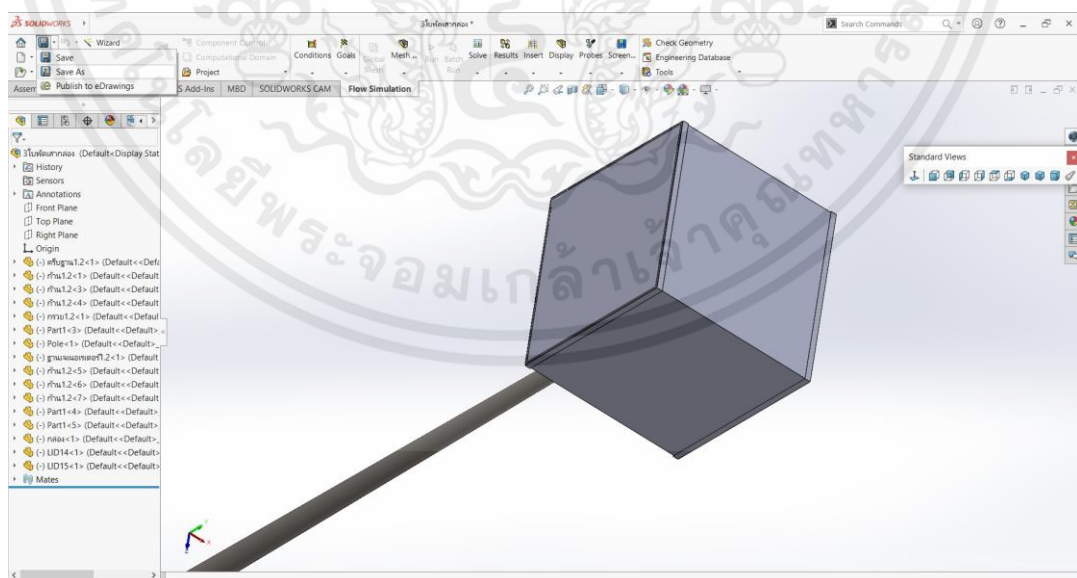
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.2 ใช้คำสั่ง Lids แล้วเลือกตรงผนังที่จะให้อากาศเข้าและออก



รูปที่ 3.6 การ lids เพื่อปิดทางเข้า-ออกของชิ้นงาน

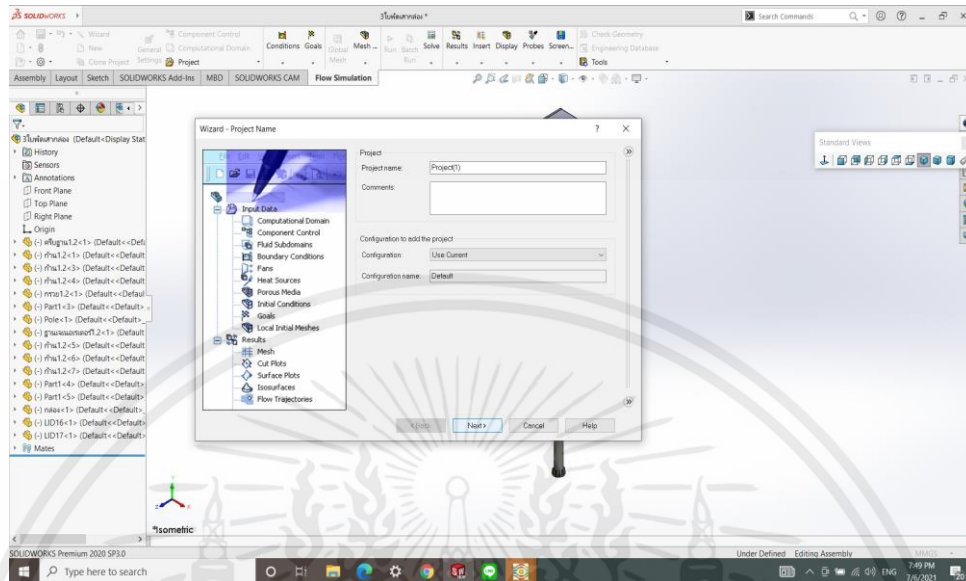
### 3.2.3 เมื่อกดเลือกทางเข้าและทางออกจะได้ตามลักษณะนี้



รูปที่ 3.7 รูปชิ้นงานเมื่อ lids ทางเข้าและทางออกแล้ว

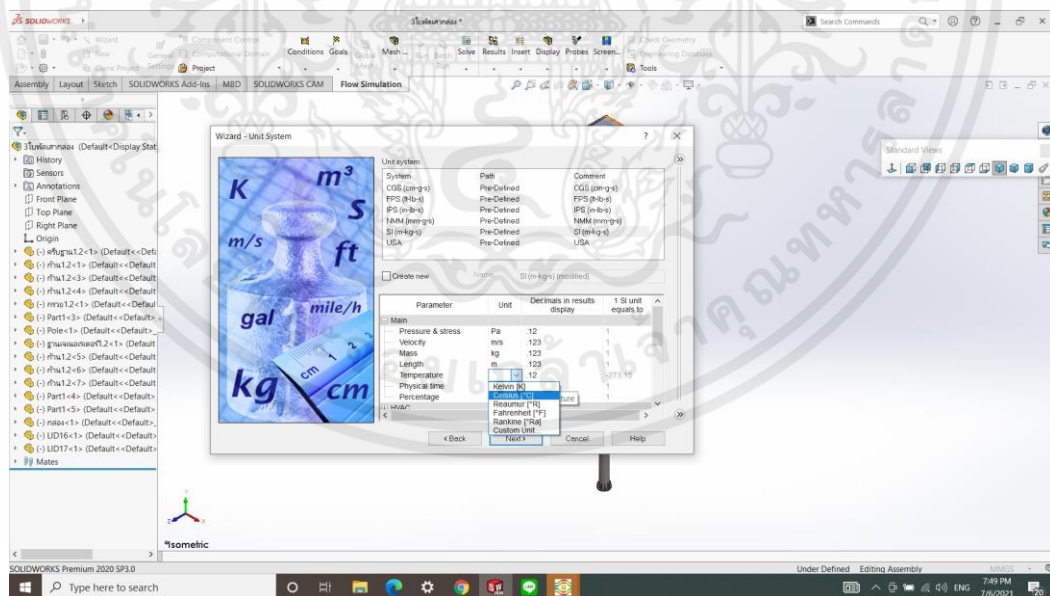
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 จากนั้นกดคำสั่ง wizard ตามภาพ จะปรากฏหน้าต่างนี้ เพื่อตั้งชื่อไฟล์ แล้วกดNext



รูปที่ 3.8 หน้าต่างตั้งชื่องาน

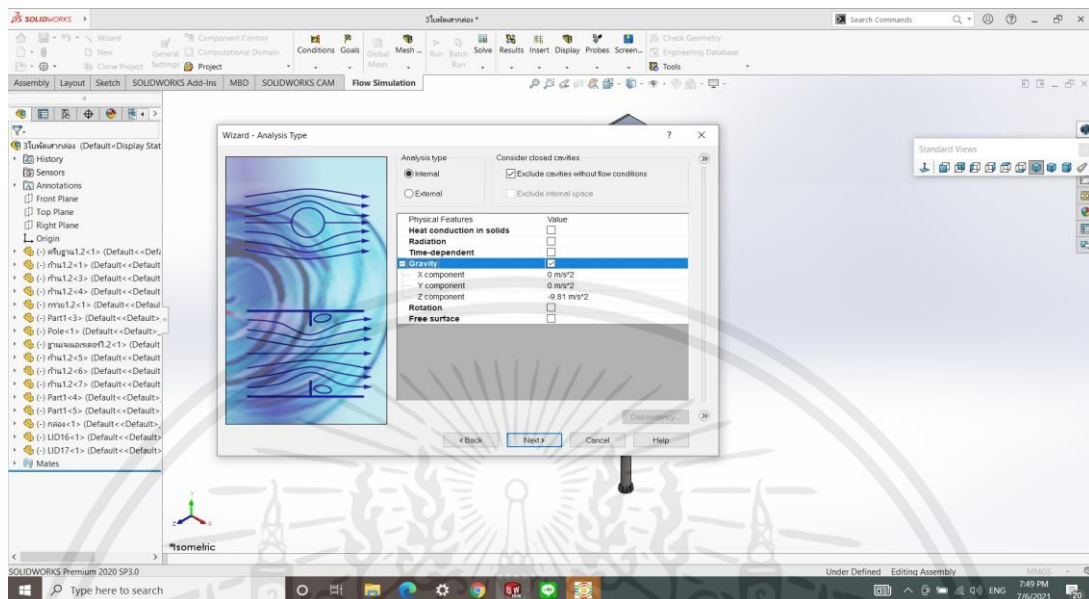
3.1.5 เลือกหน่วยที่ต้องการใช้ แล้วเปลี่ยนค่าอุณหภูมิเป็น องศา แล้วกด Next



รูปที่ 3.9 การเปลี่ยนหน่วยอุณหภูมิ

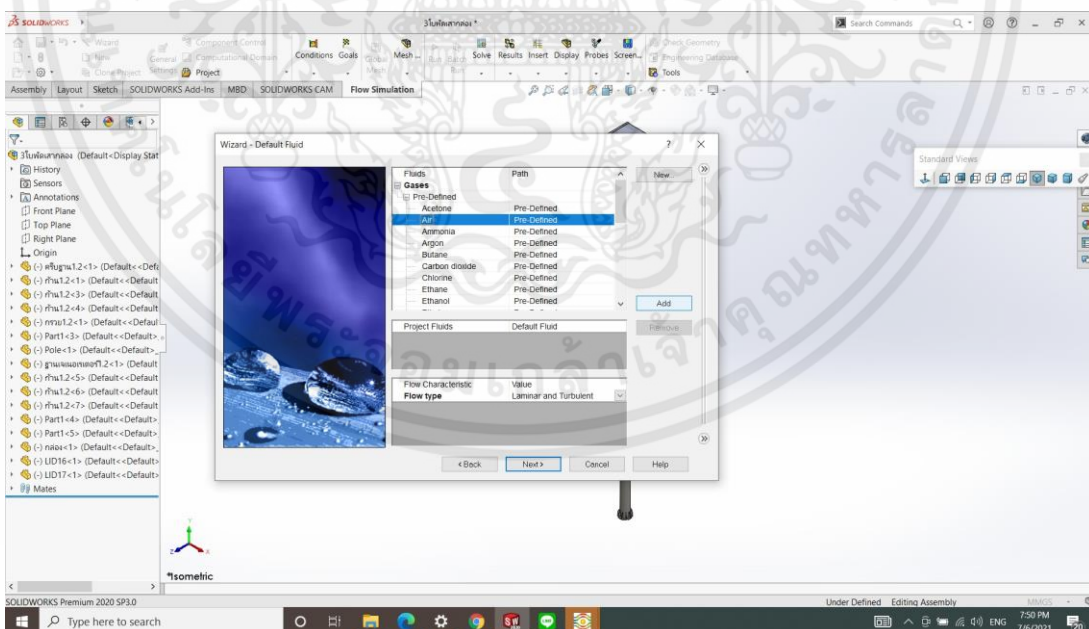
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.6 เลือกตั้งค่าตามภาพนี้ แล้วกด Next



รูปที่ 3.10 การตั้งค่าแรงโน้มถ่วง

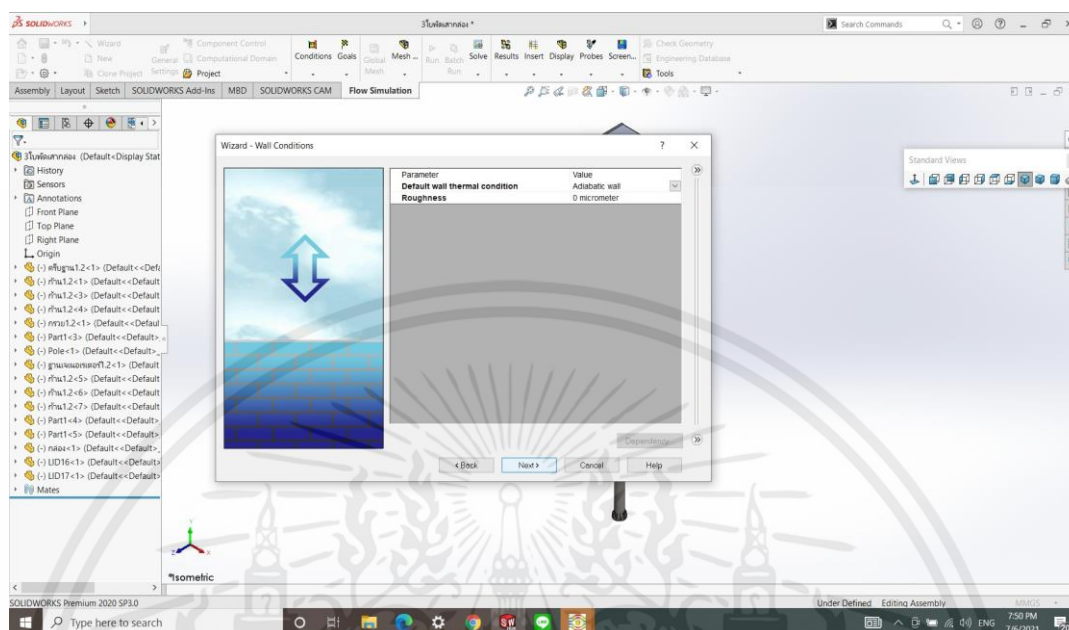
### 3.2.7 ตั้งค่า gases แล้วเลือกเป็น Air แล้วกด add จากนั้นกด Next



รูปที่ 3.11 การเลือกของไหลที่ต้องการจำลอง

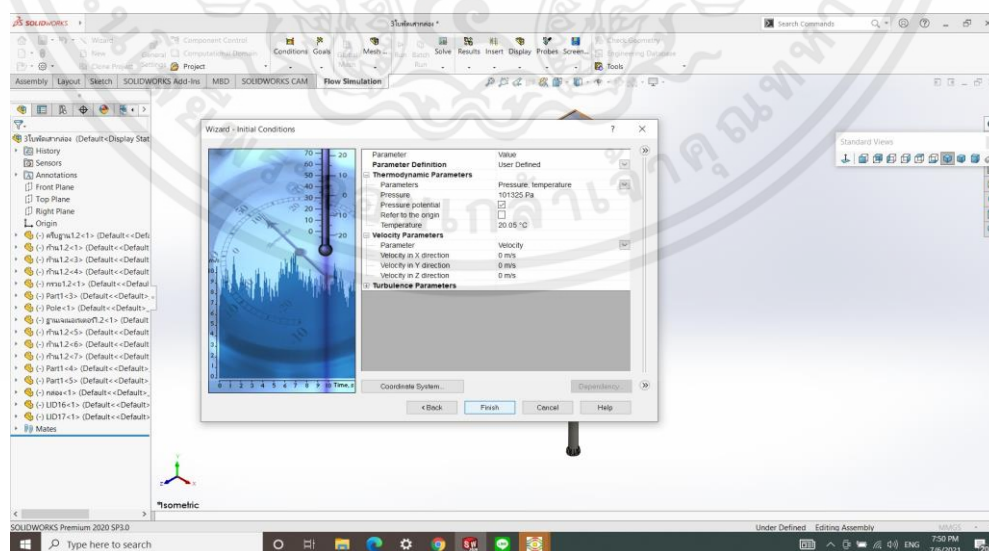
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.8 จากนั้นตั้งค่าเงื่อนไขผนังตามภาพ แล้วกด Next



รูปที่ 3.12 การเลือกผนัง

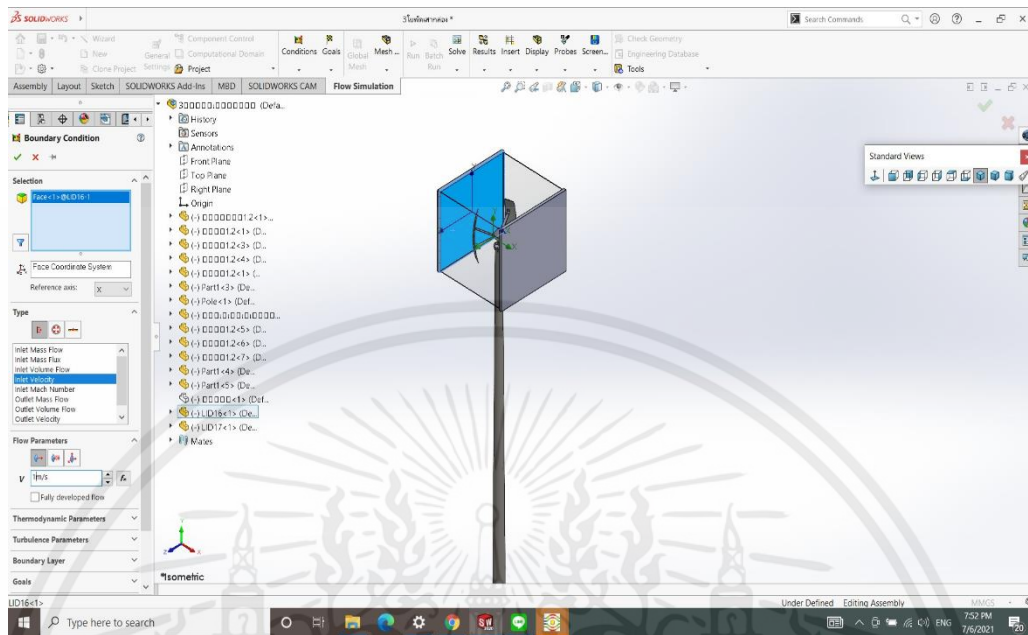
### 3.2.9 เมื่อมาถึงหน้านี้ โปรแกรมจะให้ set ค่าลมที่เราต้องการ ซึ่งกำหนดที่กลุ่มผมใช้เป็นแกนแนวตั้ง จึงเลือก set ค่าที่แนวแกน X



รูปที่ 3.13 การใส่ความเร็วลม

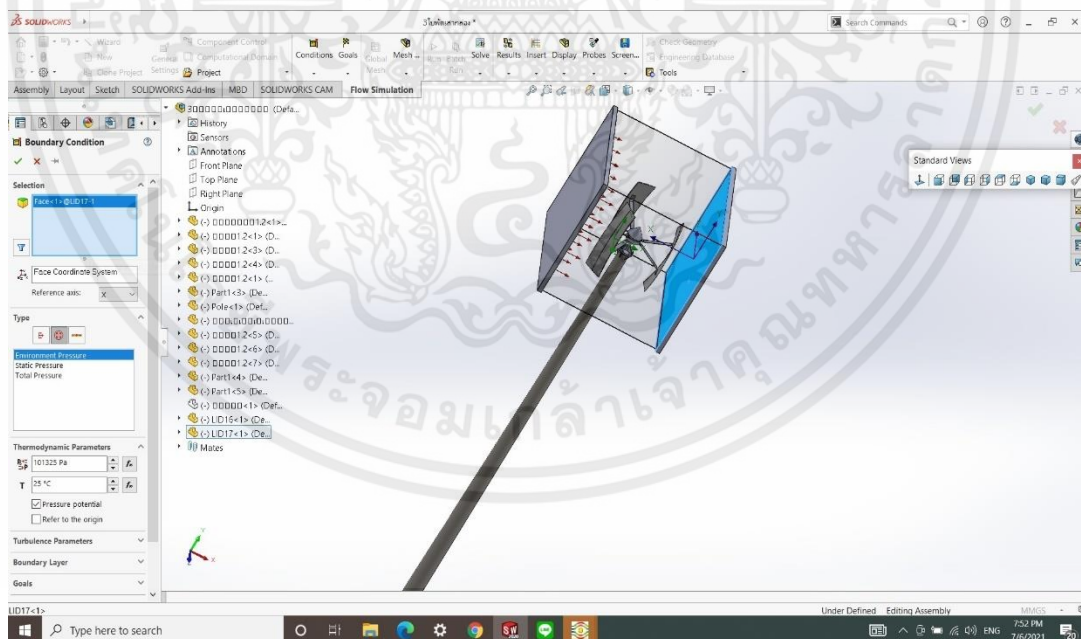
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.10 จากนั้น ให้คลิกขวาที่ Boundary conditions และกด insert Boundary conditions แล้วเลือกผนังทางเข้าของอากาศแล้ว insert velocity และใส่ค่าความเร็วลมที่เราต้องการจำลอง



รูปที่ 3.14 การตั้งค่า Boundary conditions

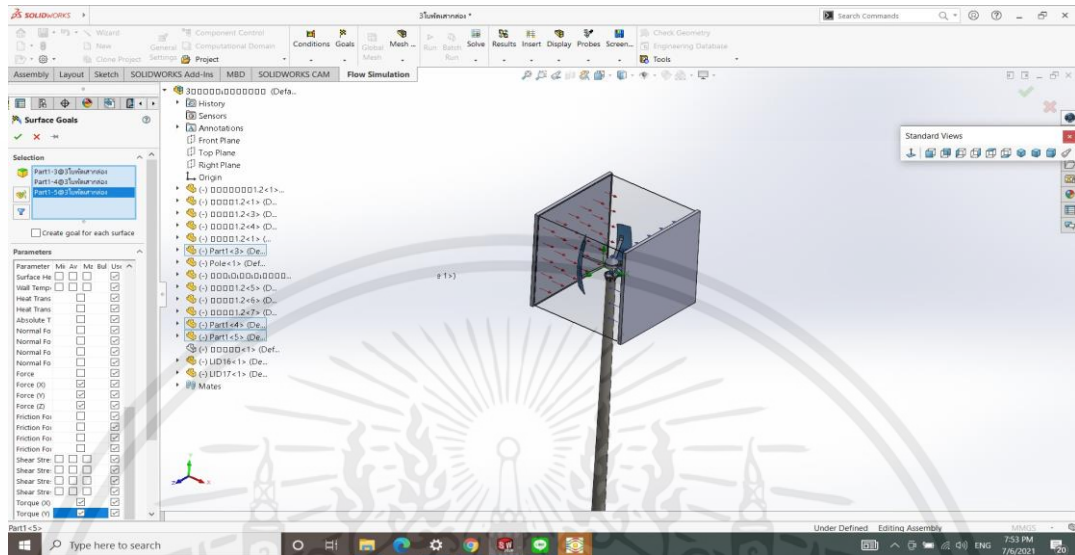
3.2.11 เลือกผนังตรงข้ามเพื่อให้เป็นทางออกของลมดังกล่าว และเลือก Environment pressure



รูปที่ 3.15 การเลือกทางออกของลมและ Environment pressure

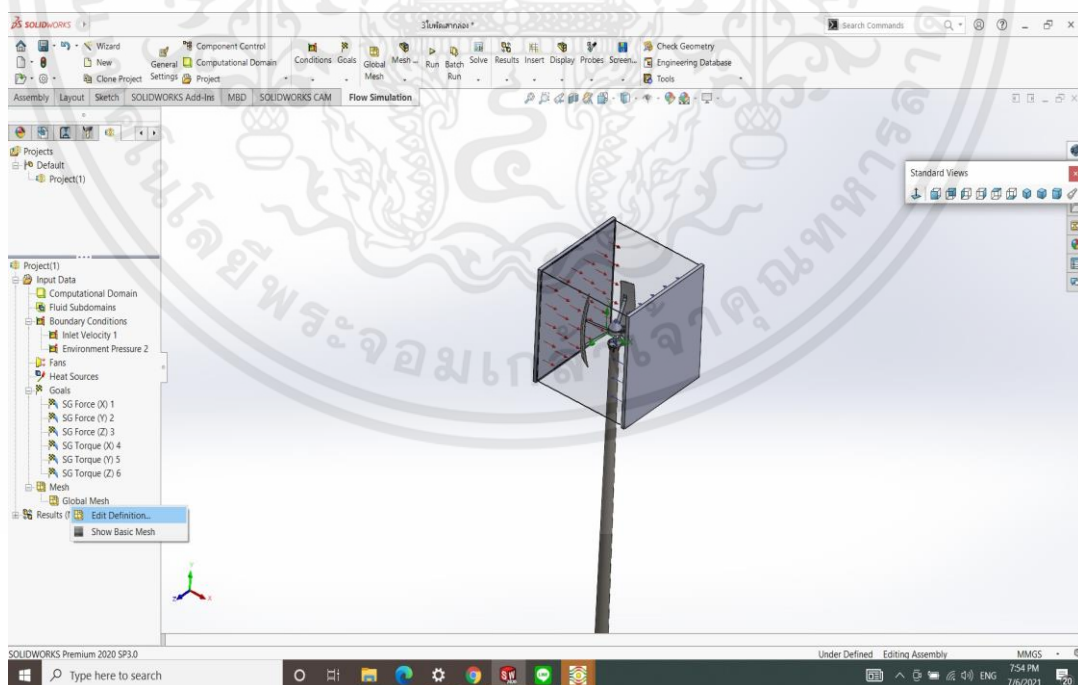
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.12 ต่อมาคลิกขวาที่ Goals แล้วเลือก insert surface goals แล้วเลือกที่ชิ้นงานที่เป็นใบพัดที่ต้องการวิเคราะห์ แล้วเลือกค่า Force X,Y,Z และค่า Torque X,Y,Z



รูปที่ 3.16 การเลือกค่า Force และ ค่า Torque

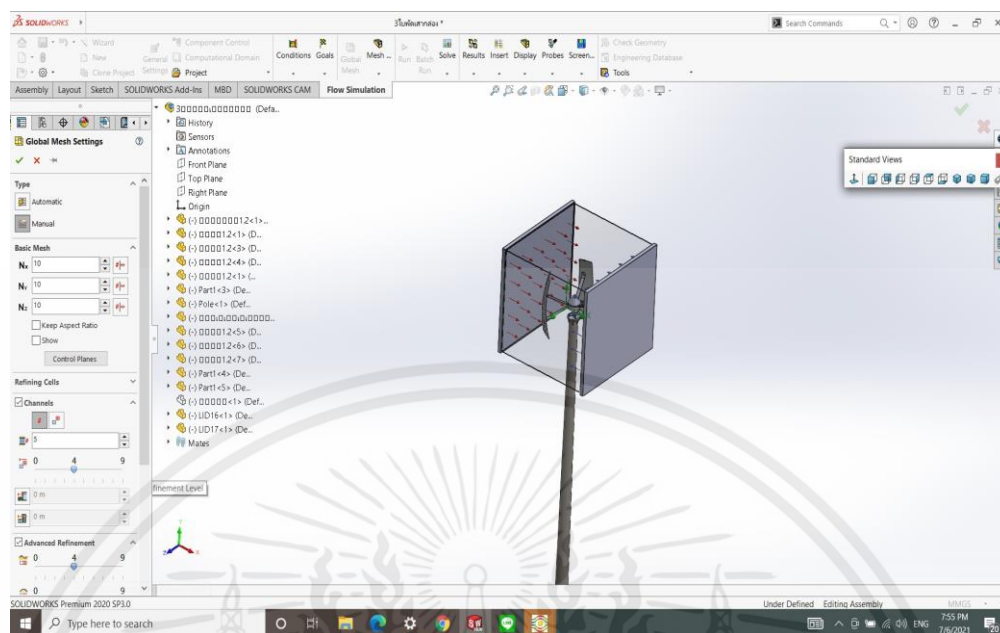
3.2.13 คลิกขวา Global Mesh แล้วกด Edit Definition



รูปที่ 3.17 การตั้งค่า Global Mesh

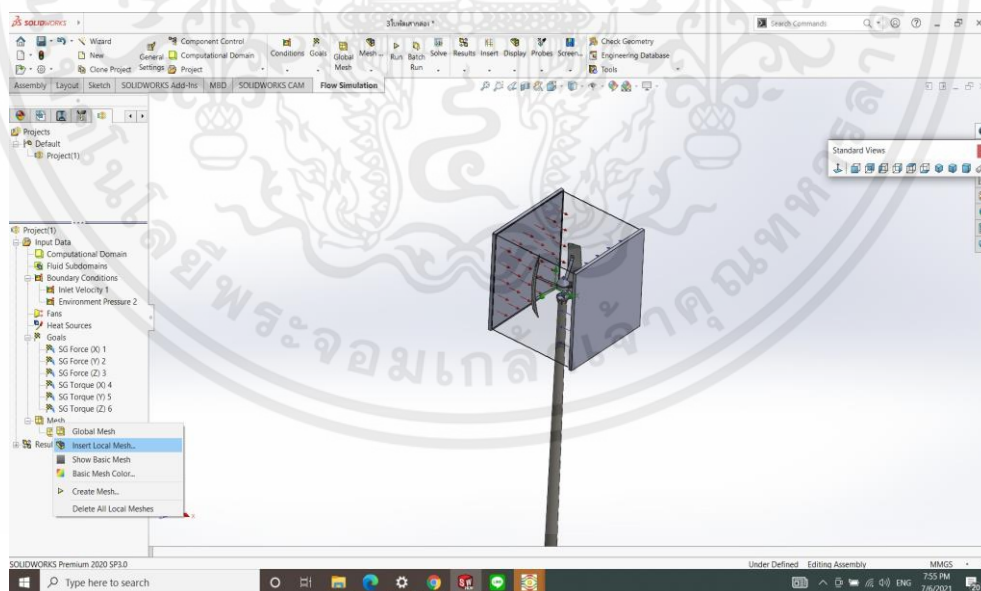
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.14 เลือกค่า Manual และปรับค่าต่างๆ



รูปที่ 3.18 การปรับค่า Manual และปรับค่าละเอียด

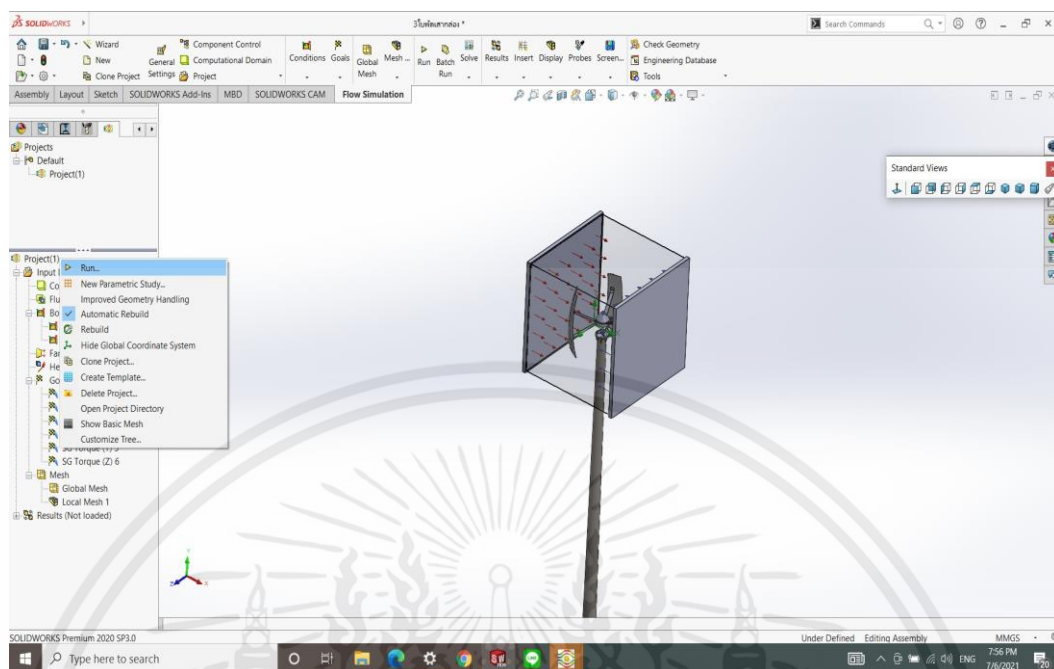
### 3.1.15 คลิกขวา Meshแล้วเลือก insert local mesh



รูปที่ 3.19 การปรับค่าMesh

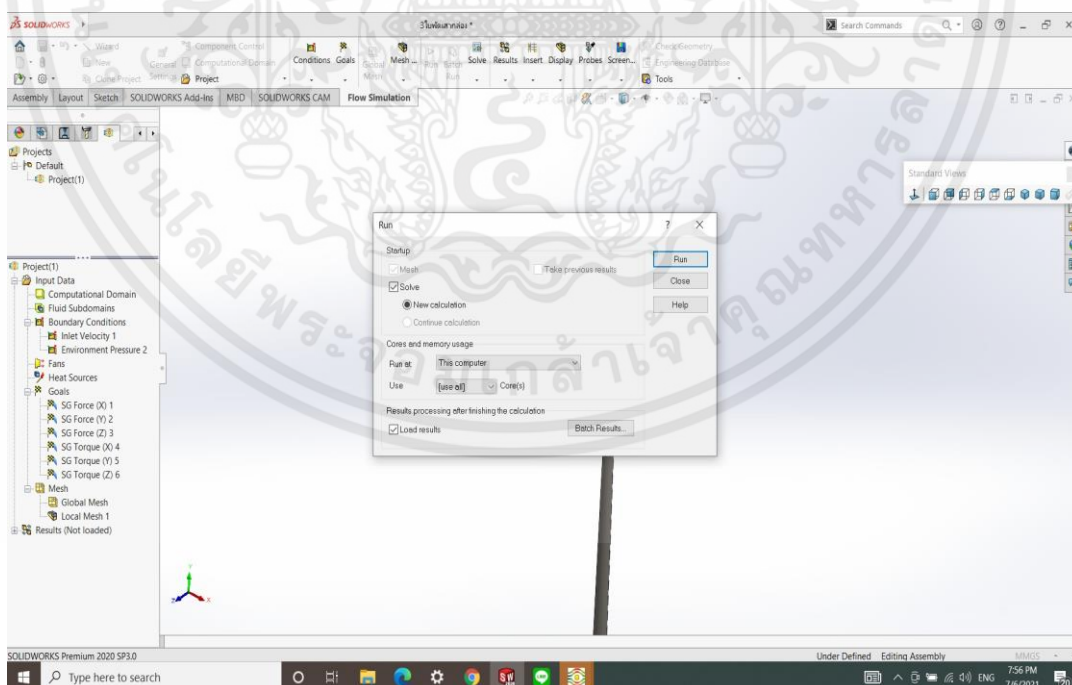
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.16 จากนั้นกดคลิกขวาและกด Run



รูปที่ 3.20 การRun ช้่งงาน

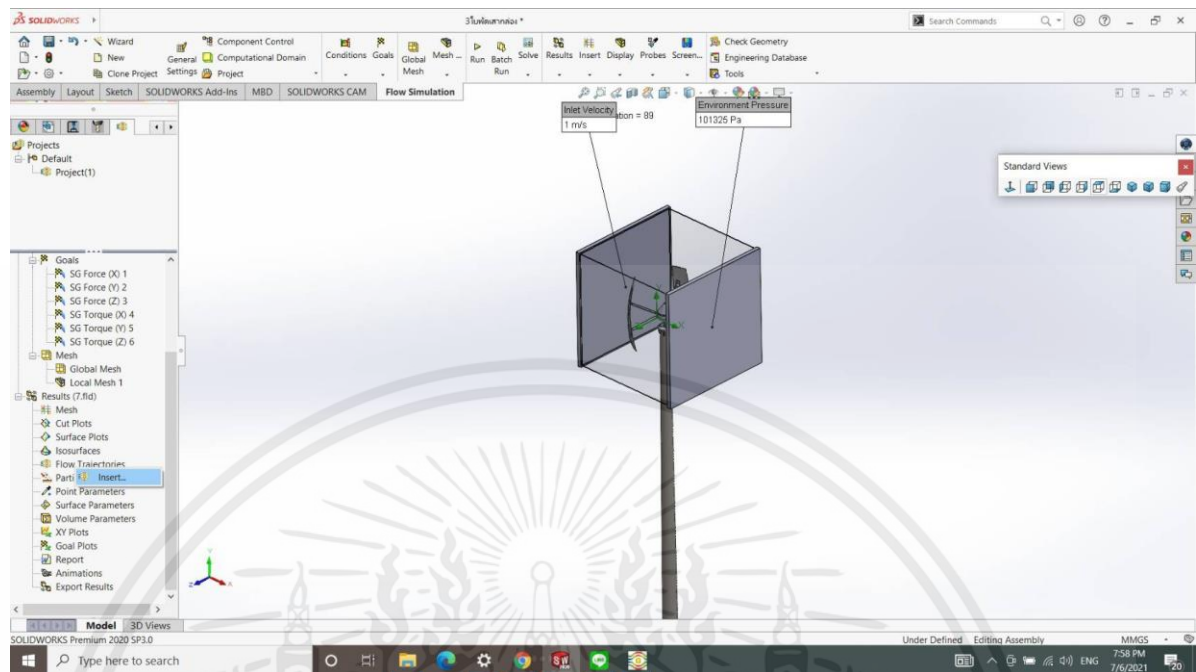
### 3.2.17 เลือกเป็นค่าตามรูป แล้วกดRun



รูปที่ 3.21 ตั้งค่าการ Run งาน

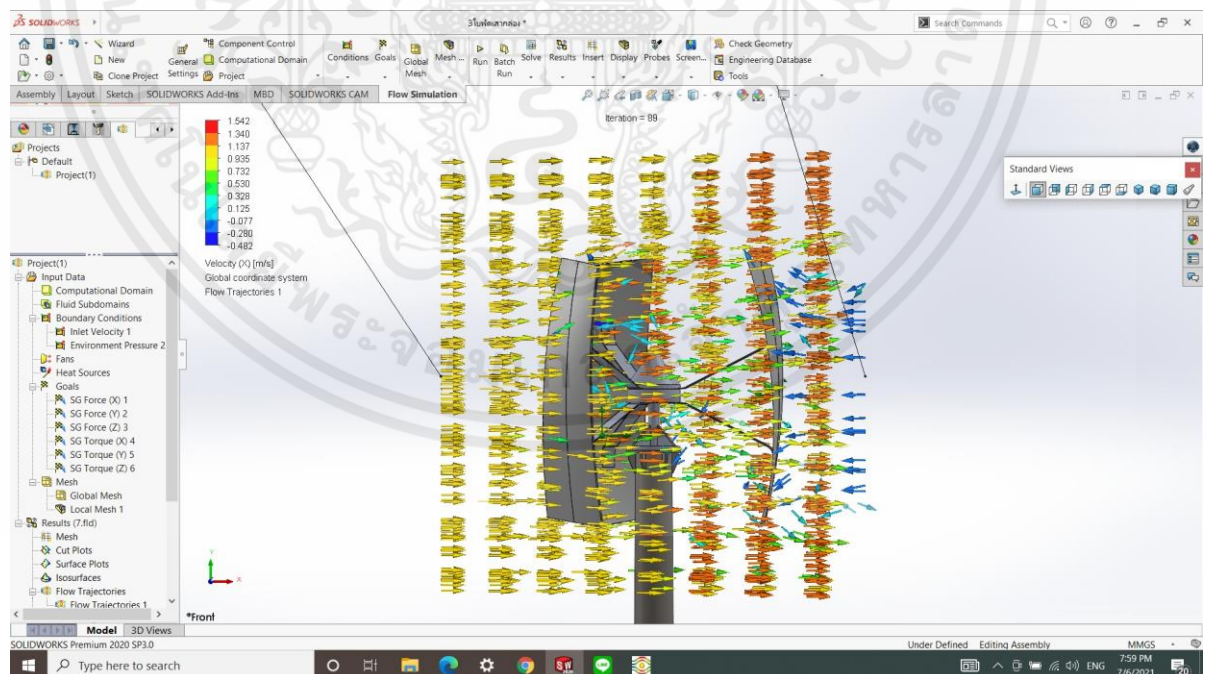
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.18 จากนั้นมาเลือก Load และคลิกขวาที่ Flow Trajectories แล้ว insert แล้วปรับค่าตามต้องการ



รูปที่ 3.22 การใส่ Load และตั้งค่า Flow Trajectories

3.2.19 เมื่อเสร็จทุกขั้นตอนแล้วก็จะได้ตามลักษณะนี้



รูปที่ 3.23 ขึ้นงานเมื่อเซตค่าเสร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 คำนวณหาค่ากำลังจากอากาศและกำลังงานจากใบพัด

กำหนดให้

(ค่า  $C_p$  คือสัมประสิทธิ์กำลังกังหันลมชาโวเนียด) []

$$C_p = 0.15$$

$$V = 1 \text{ m/s} ; V=1.5 \text{ m/s}$$

$$\rho_a \text{ ที่อุณหภูมิ } 25 \text{ องศา} = 1.225 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$A = D \cdot H \text{ โดยให้ } D = 1.2 \text{ m} , H = 1.2 \text{ m}$$

3.3.1 หาค่ากำลังจากลม ที่ความเร็วลม 1 m/s

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร } P_a &= \frac{1}{2} \rho_a A V^3 \\ &= \frac{1}{2} \times 1.225 \times 1.2 \times 1.2 \times 1^3 \\ P_a &= 0.88 \text{ kW} \end{aligned}$$

หาค่ากำลังจากกังหันลม จากสูตร

$$\begin{aligned} C_p &= \frac{P_w}{P_a} \\ P_w &= C_p \cdot P_a \\ &= 0.15 \times 0.88 \\ P_w &= 0.132 \text{ kW} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 หากำลังจากลมที่ความเร็วลม 1.5 m/s

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร } P_a &= \frac{1}{2} \rho_a A V^3 \\ &= \frac{1}{2} \times 1.225 \times 1.2 \times 1.2 \times 1.5^3 \end{aligned}$$

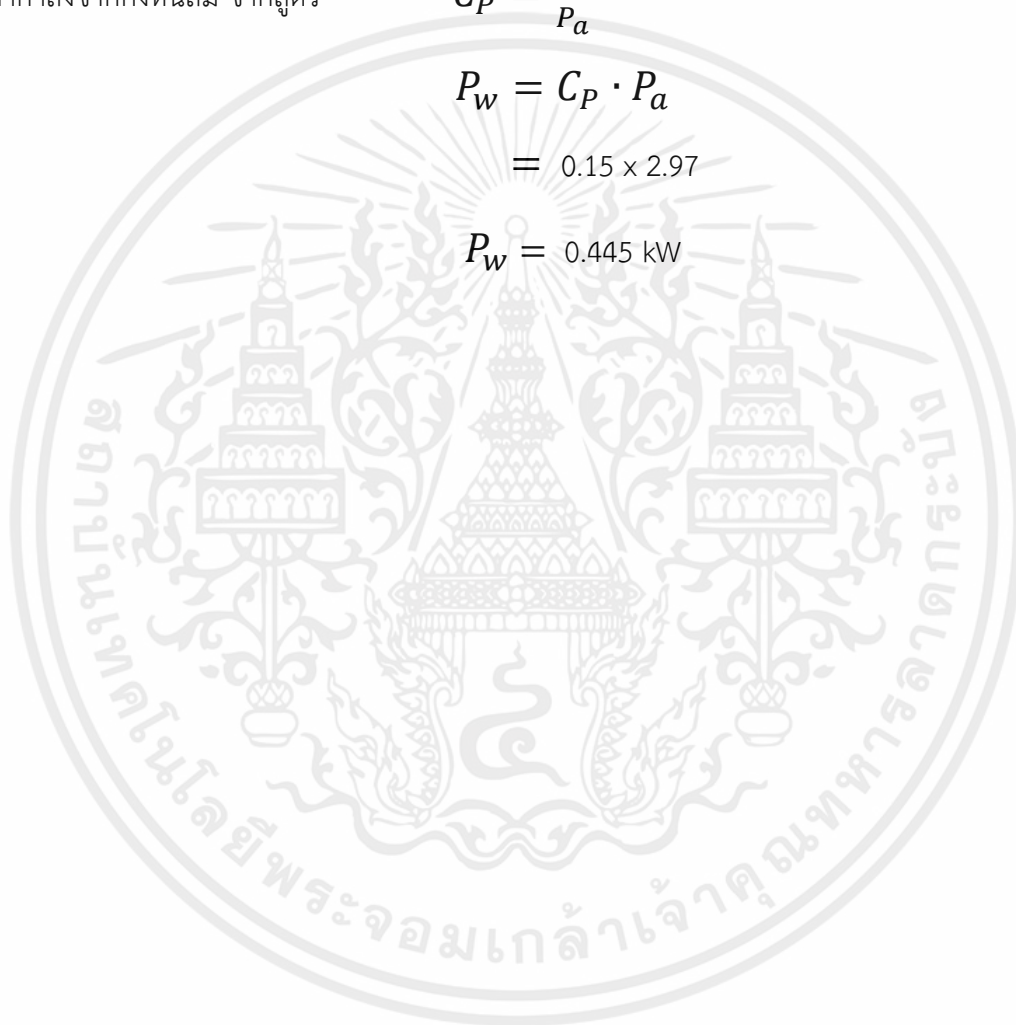
$$P_a = 2.97 \text{ kW}$$

หากำลังจากกังหันลม จากสูตร

$$C_P = \frac{P_w}{P_a}$$

$$\begin{aligned} P_w &= C_P \cdot P_a \\ &= 0.15 \times 2.97 \end{aligned}$$

$$P_w = 0.445 \text{ kW}$$



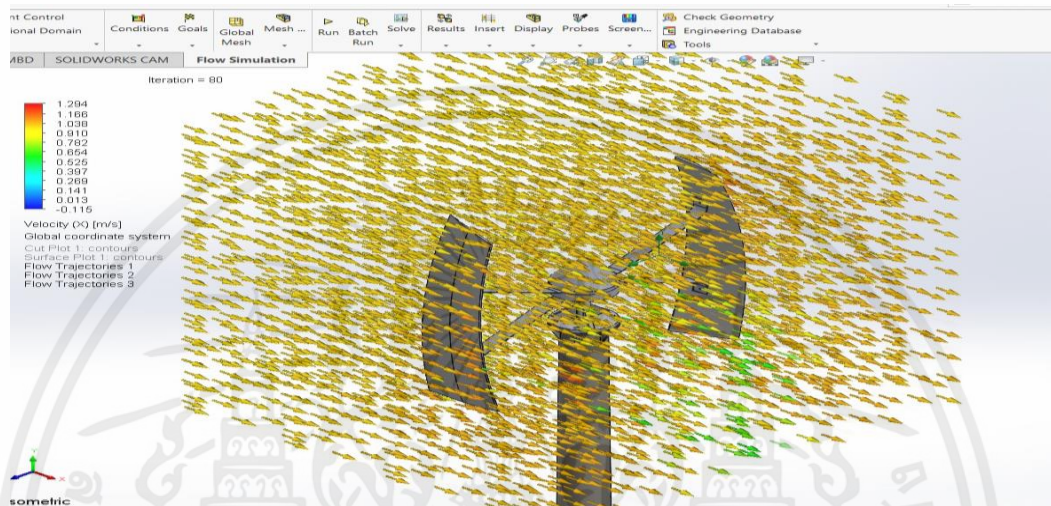
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

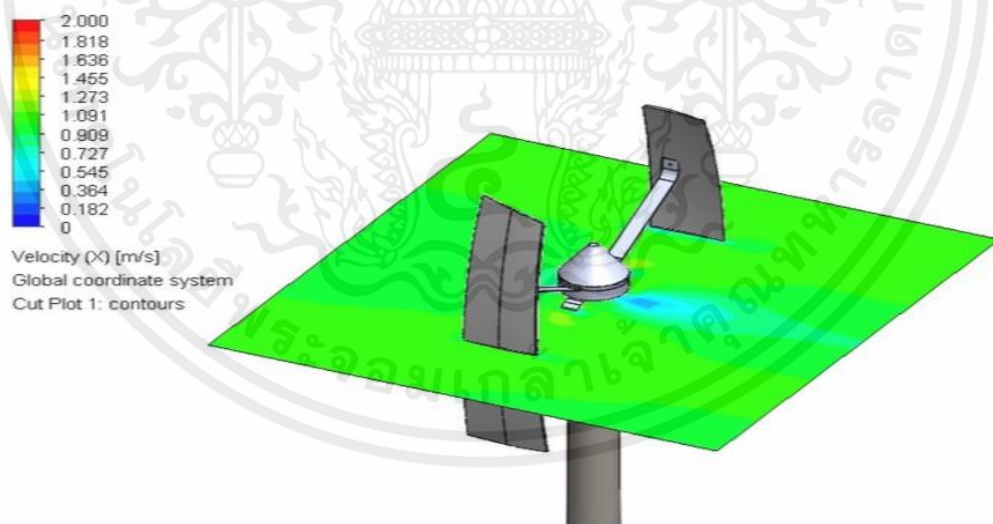
### ผลและวิจารณ์ผล

#### 4.1 ผลการทดลองแบบ 2 ใบพัด

##### 4.1.1 ใบพัดขณะความเร็วลมที่ 1 m/s



รูปที่ 4.1 การจำลองแบบ 2 ใบพัดที่ความเร็วลม 1 m/s

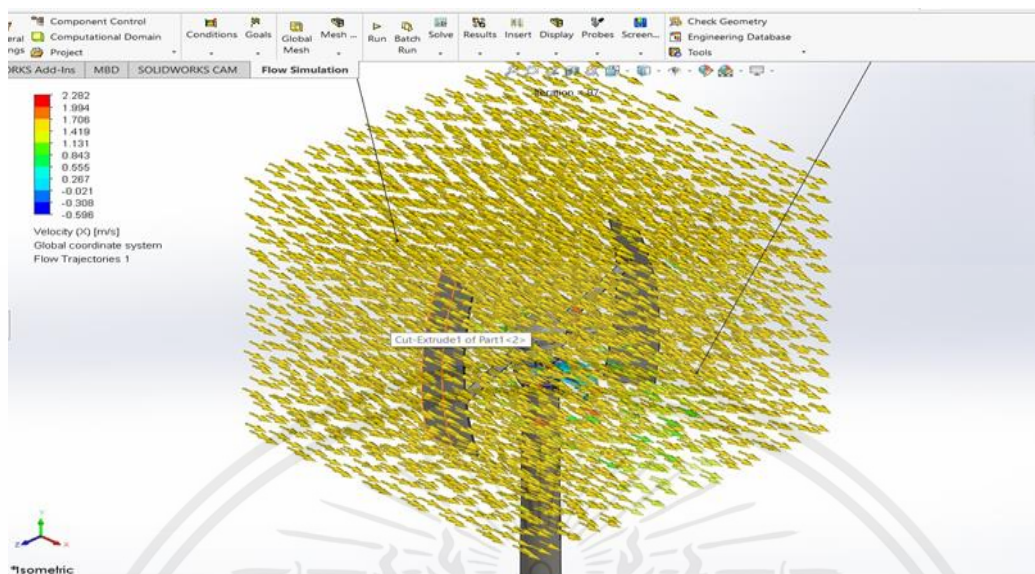


รูปที่ 4.2 การแบ่ง section แบบจำลองในแกน X แบบ 2 ใบพัดที่ความเร็วลม 1 m/s

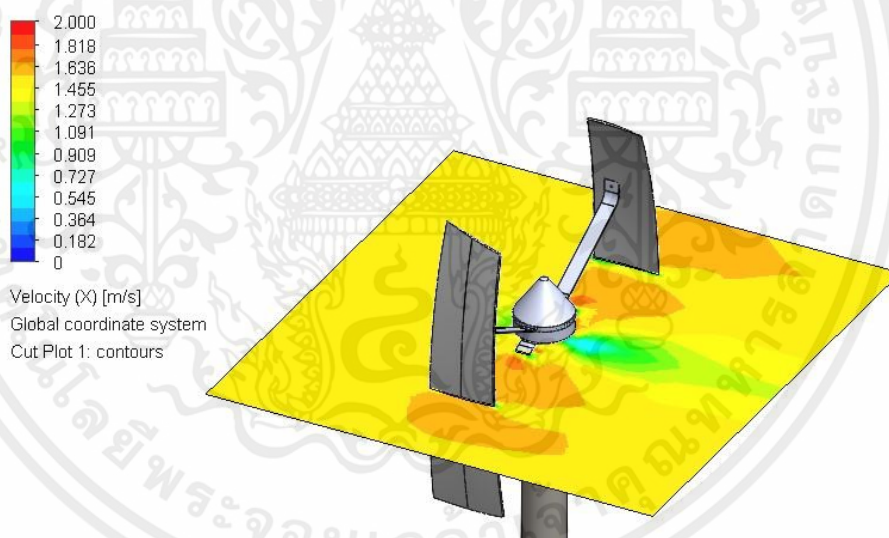
ใน section แนวแกน x จะเห็นว่าโมเดลแบบ 2 ใบพัดที่ความเร็วลม 1m/s นั้นจะมี Velocity ที่กระทำต่อใบพัดอยู่ที่ช่วง 0.9 – 1.09 m/s ซึ่งแสดงว่าลักษณะของใบพัดสามารถรับลมได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.2 ใบพัดขณะความเร็วลมที่ 1.5 m/s



รูปที่ 4.3 การจำลองแบบ 2 ใบพัดที่ความเร็วลม 1.5 m/s

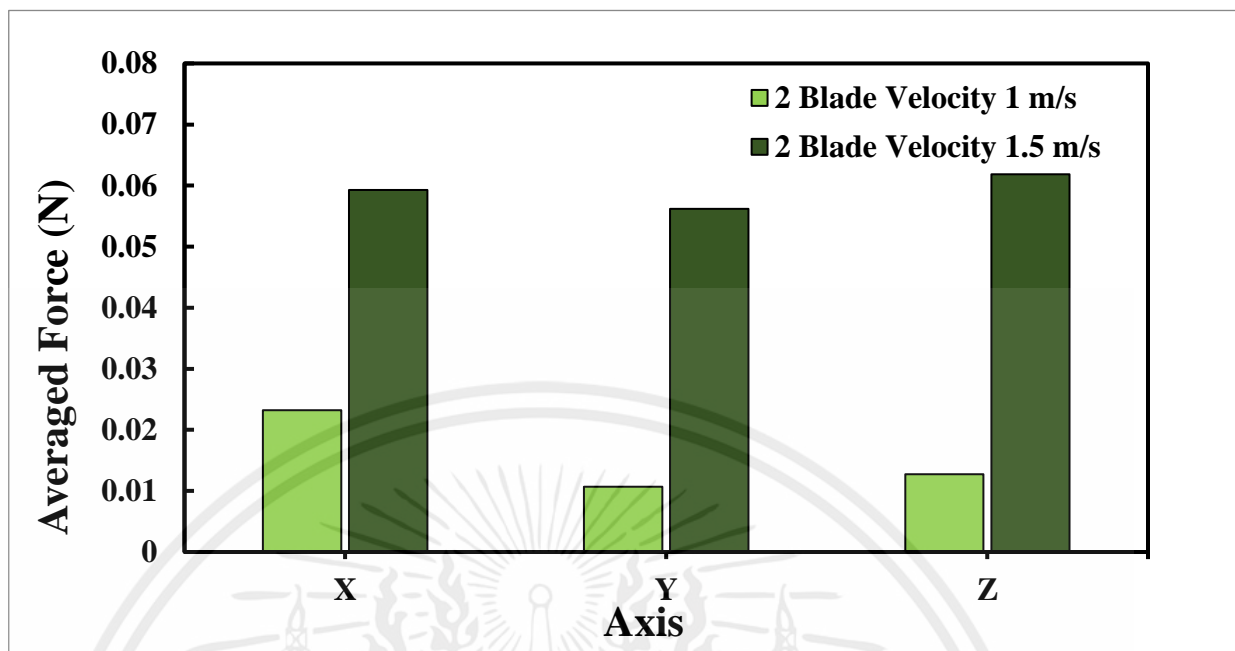


รูปที่ 4.4 การแบ่ง section แบบจำลองในแกน X แบบ 2 ใบพัดที่ความเร็วลม 1.5 m/s

ใน section แนวแกน x จะเห็นว่าโมเดลแบบ 2 ใบพัดที่ความเร็วลม 1.5 m/s นั้นจะมี Velocity ที่กระทำต่อใบพัดอยู่ที่ช่วง 1.4 – 1.5 m/s ซึ่งแสดงว่าใบสามารถรับดี

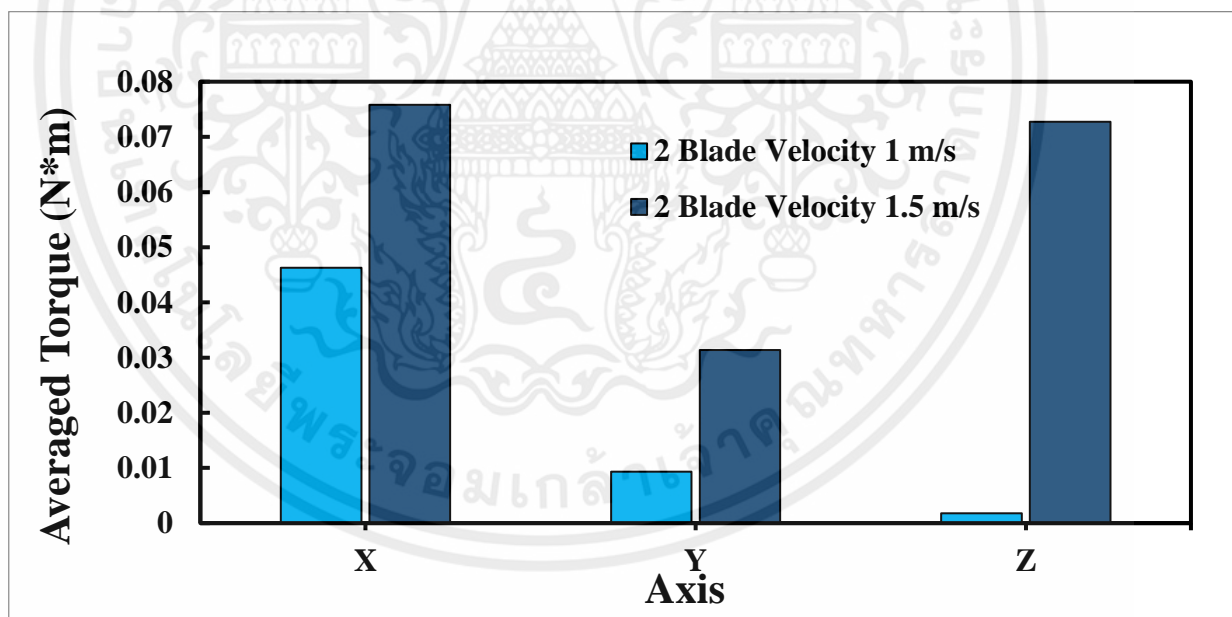
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า Force



รูปที่ 4.5 ค่า Force ของแบบ 2 ใบพัด

ค่า Torque



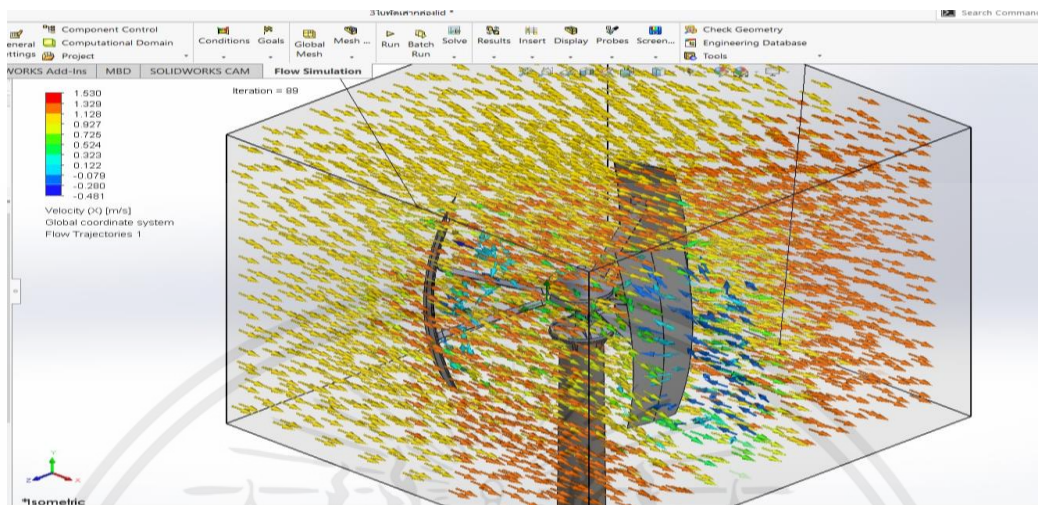
รูปที่ 4.6 Torque ของแบบ 2 ใบพัด

ในโมเดล 2 ใบพัด ที่ความเร็ว 1.5 นั้นจะใช้ค่า Force และค่า Torque ที่สูงกว่าความเร็ว 1 m/s ในทุกแกน

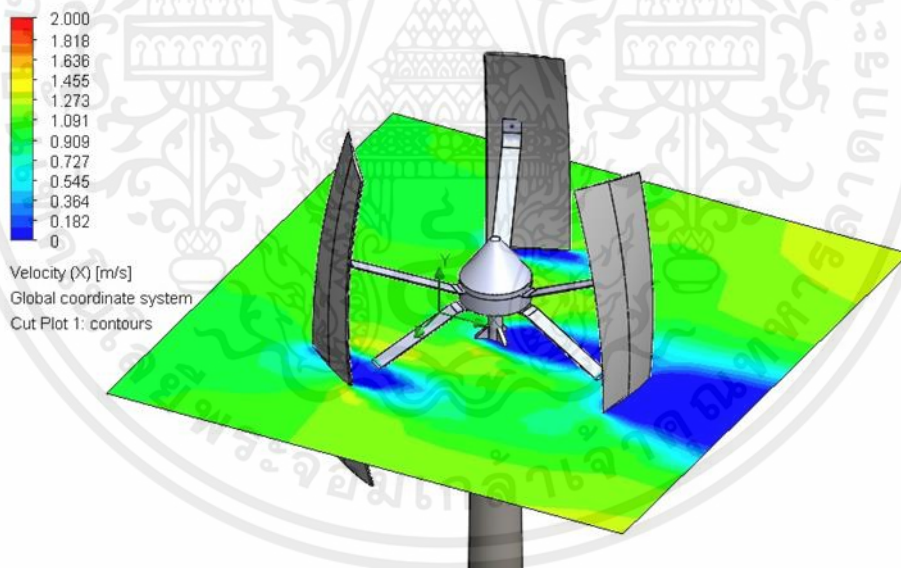
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2.ผลการทดลองแบบ 2 ใบพัด

### 4.2.1โมเดล 3ใบพัดขณะความเร็วลมที่ 1 m/s



รูปที่ 4.7 การจำลองแบบ 3 ใบพัดที่ความเร็วลม 1 m/s

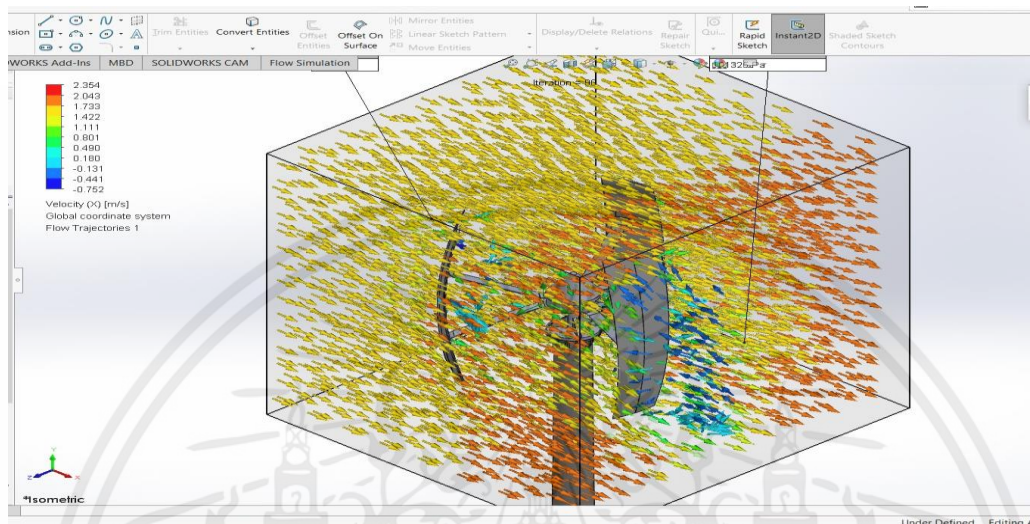


รูปที่ 4.8 การแบ่ง section แบบจำลองในแกน X แบบ 3 ใบพัดที่ความเร็วลม 1. m/s

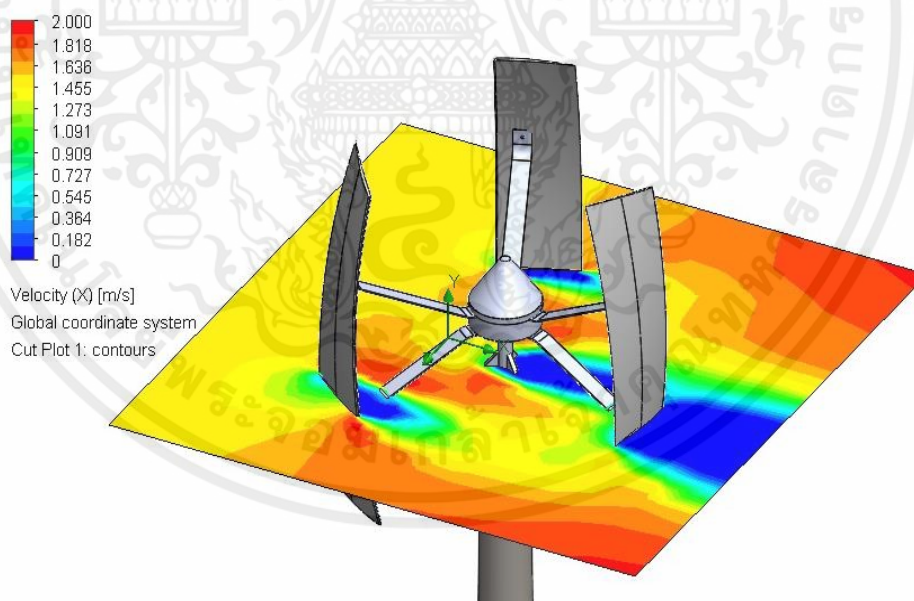
ใน section แนวแกน x จะเห็นว่าโมเดลแบบ 3 ใบพัดที่ความเร็วลม 1m/s นั้นจะมี Velocity ที่กระทำต่อใบพัดอยู่ที่ช่วง 0.9 – 1.0 m/s ซึ่งแสดงว่าลักษณะของใบพัดสามารถรับลมได้ดี เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.2 โมเดล 4 ใบพัดขณะความเร็วลมที่ 1.5 m/s

#### โมเดล 3 ใบพัดขณะความเร็วลมที่ 1.5 m/s



รูปที่ 4.9 การจำลองแบบ 3 ใบพัดที่ความเร็วลม 1.5 m/s

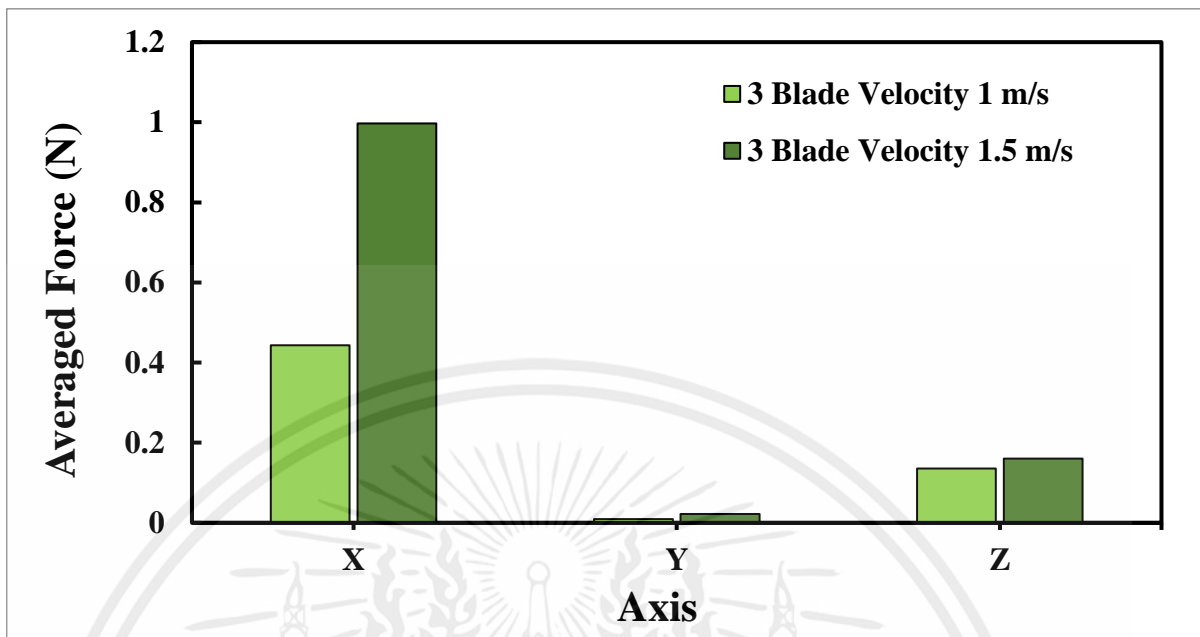


รูปที่ 4.10 การแบ่ง section แบบจำลองในแกน X แบบ 3 ใบพัดที่ความเร็วลม 1.5 m/s

ใน section แนวแกน x จะเห็นว่าโมเดลแบบ 3 ใบพัดที่ความเร็วลม 1.5 m/s นั้นจะมี Velocity ที่กระทำต่อใบพัดอยู่ที่ช่วง 1.4 – 1.5 m/s ซึ่งแสดงว่าใบสามารถรับดี

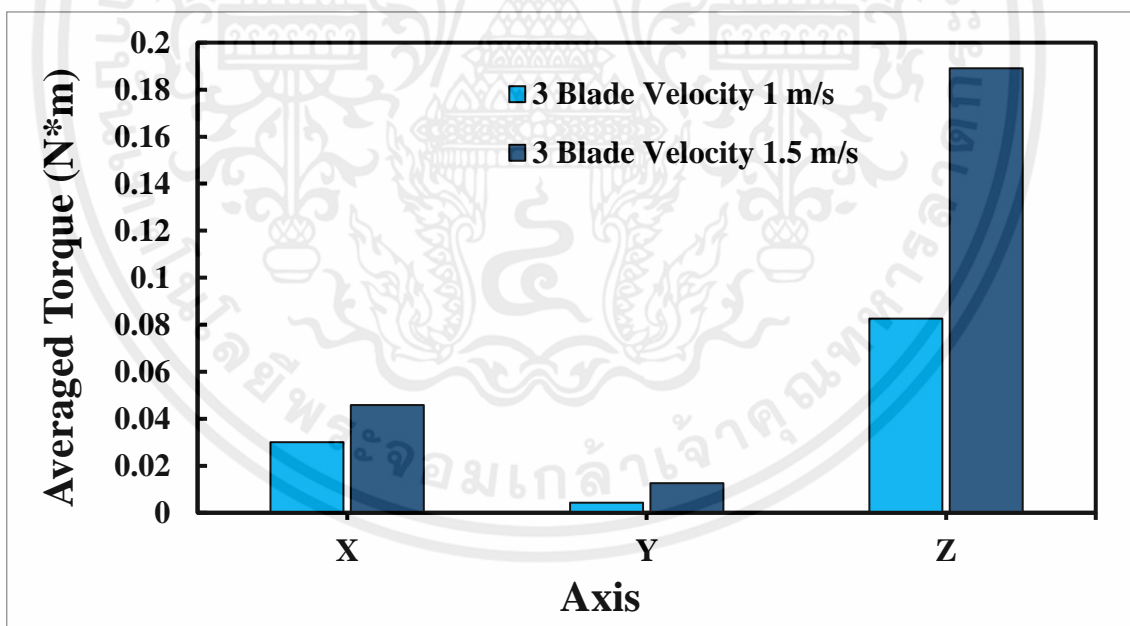
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า Force



รูปที่ 4.11 Force ของแบบ 3 ใบพัด

ค่า Torque



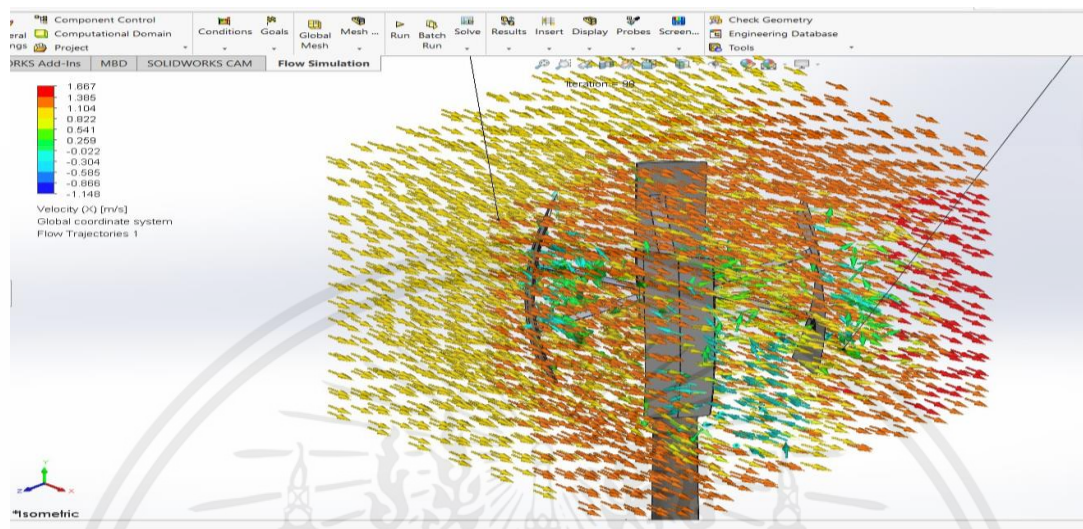
รูปที่ 4.12 Torque ของแบบ 3 ใบพัด

ในโมเดล 3 ใบพัด ที่ความเร็ว 1.5 นั้นจะใช้ค่า Force และค่า Torque ที่สูงกว่าความเร็ว 1 m/s ในแกน X และแกน Y เนื่องจากแกนไม่ได้ประทะกับลมโดยตรง

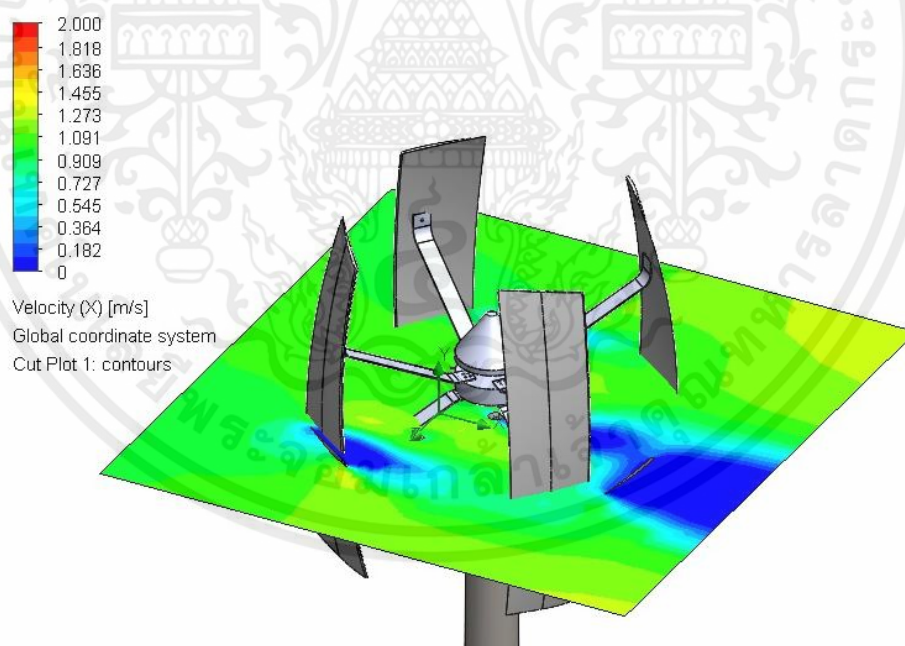
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.3 ผลการทดลองแบบ 4 ใบพัด

### 4.3.1 ใบพัดขณะความเร็วลมที่ 1 m/s



รูปที่ 4.13 การจำลองแบบ 4 ใบพัดที่ความเร็วลม 1 m/s

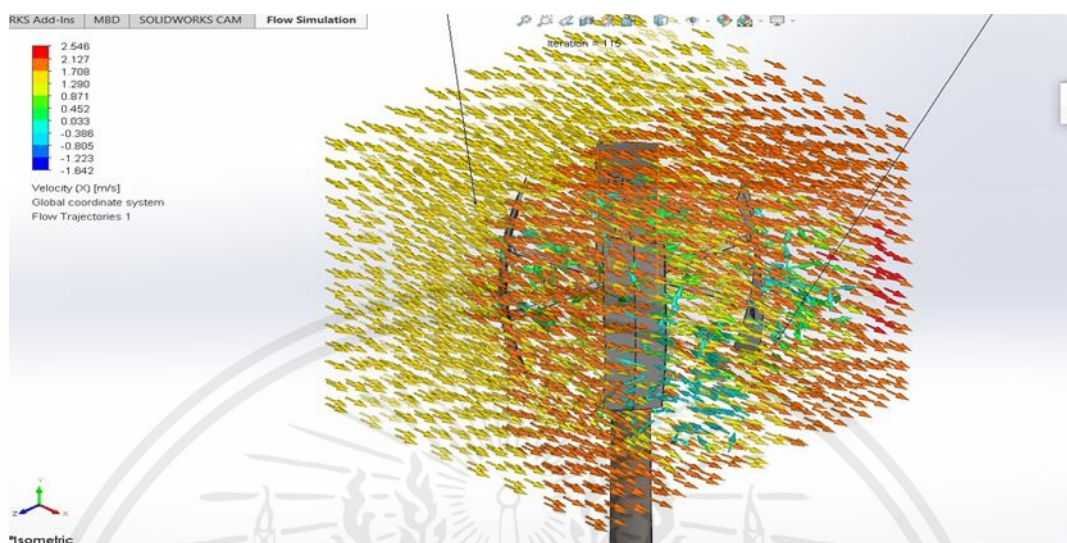


รูปที่ 4.14 การแบ่ง section แบบจำลองในแกน X แบบ 3 ใบพัดที่ความเร็วลม 1 m/s

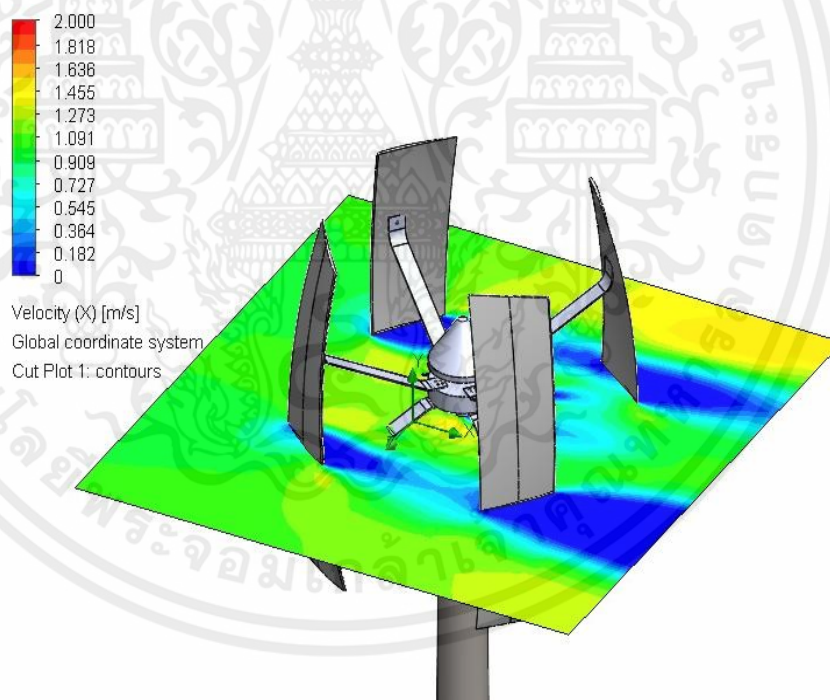
ใน section แนวแกน x จะเห็นว่าโมเดลแบบ 4 ใบพัดที่ความเร็วลม 1m/s นั้นจะมี Velocity ที่กระทำต่อใบพัดอยู่ที่ช่วง 0.9 – 1.0 m/s ซึ่งแสดงว่าลักษณะของใบพัดสามารถรับลมได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3.2 ใบพัดขณะความเร็วลมที่ 1.5 m/s



รูปที่ 4.15 การจำลองแบบ 4 ใบพัดที่ความเร็วลม 1.5 m/s

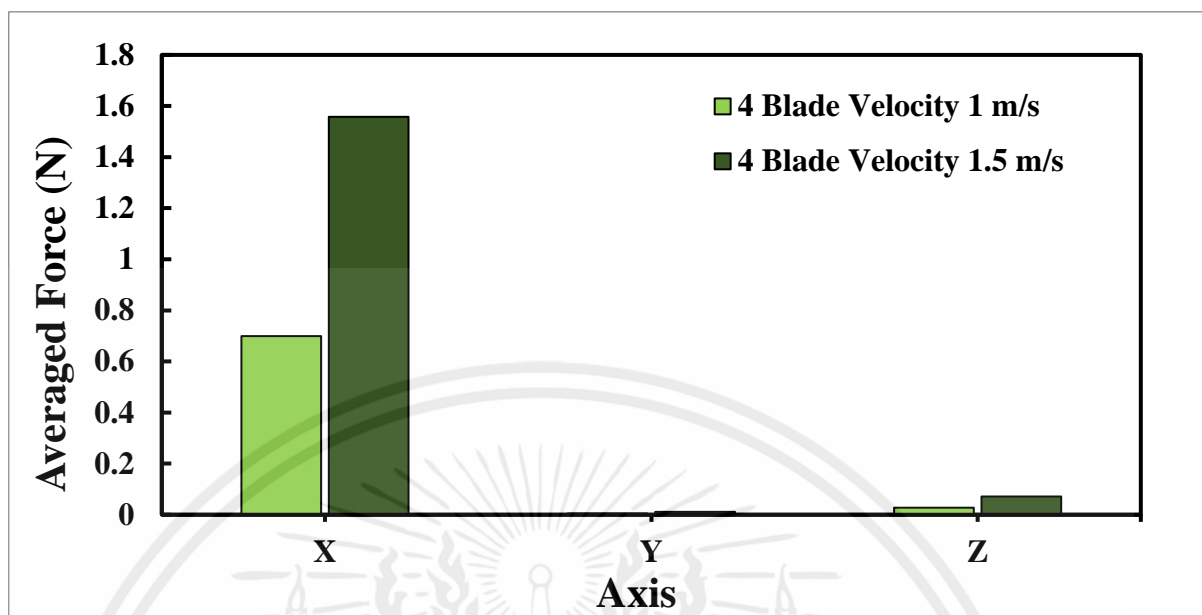


รูปที่ 4.16 การแบ่ง section แบบจำลองในแกน X แบบ 3 ใบพัดที่ความเร็วลม 1.5 m/s

ใน section แนวแกน x จะเห็นว่าโมเดลแบบ 4 ใบพัดที่ความเร็วลม 1.5 m/s นั้นจะมี Velocity ที่กระทำต่อใบพัดอยู่ที่ช่วง 0.9 – 1.4 m/s ซึ่งแสดงว่าใบสามารถรับดี

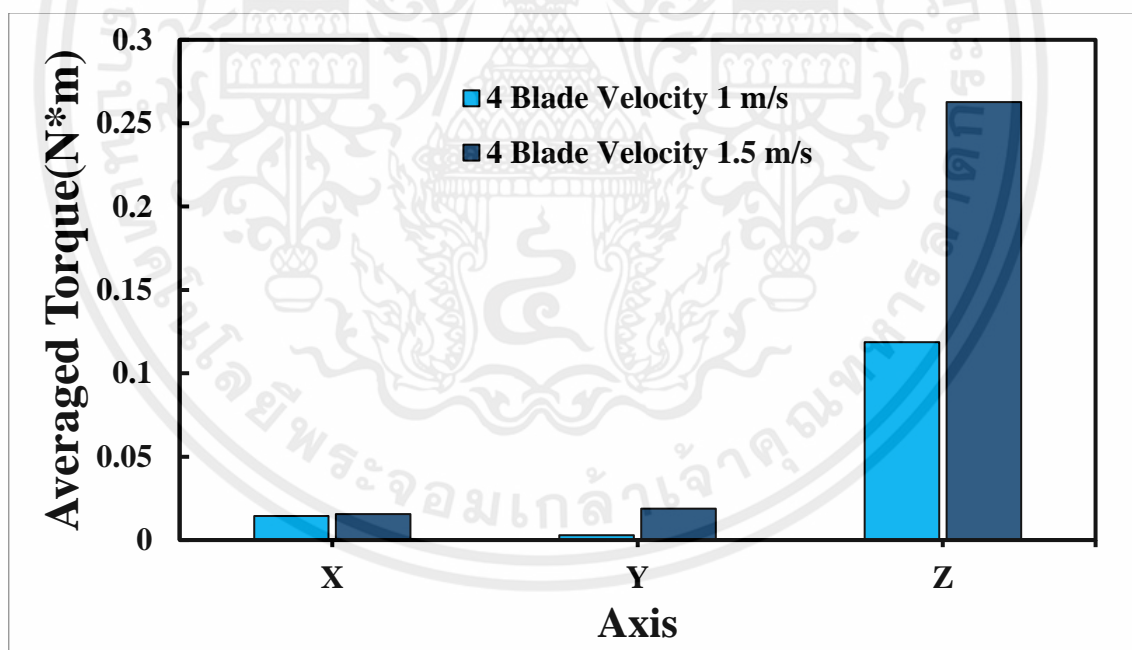
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า Force



รูปที่ 4.17 Force ของแบบ 4 ใบพัด

ค่า Torque

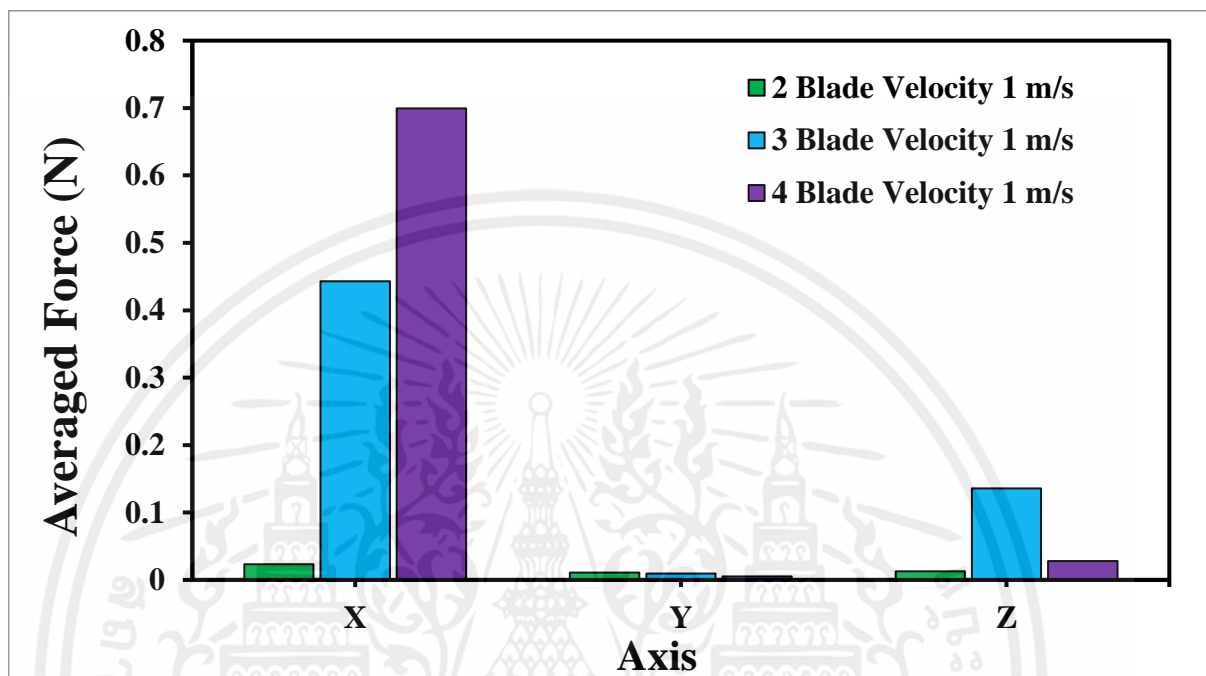


รูปที่ 4.18 Torque ของแบบ 4 ใบพัด

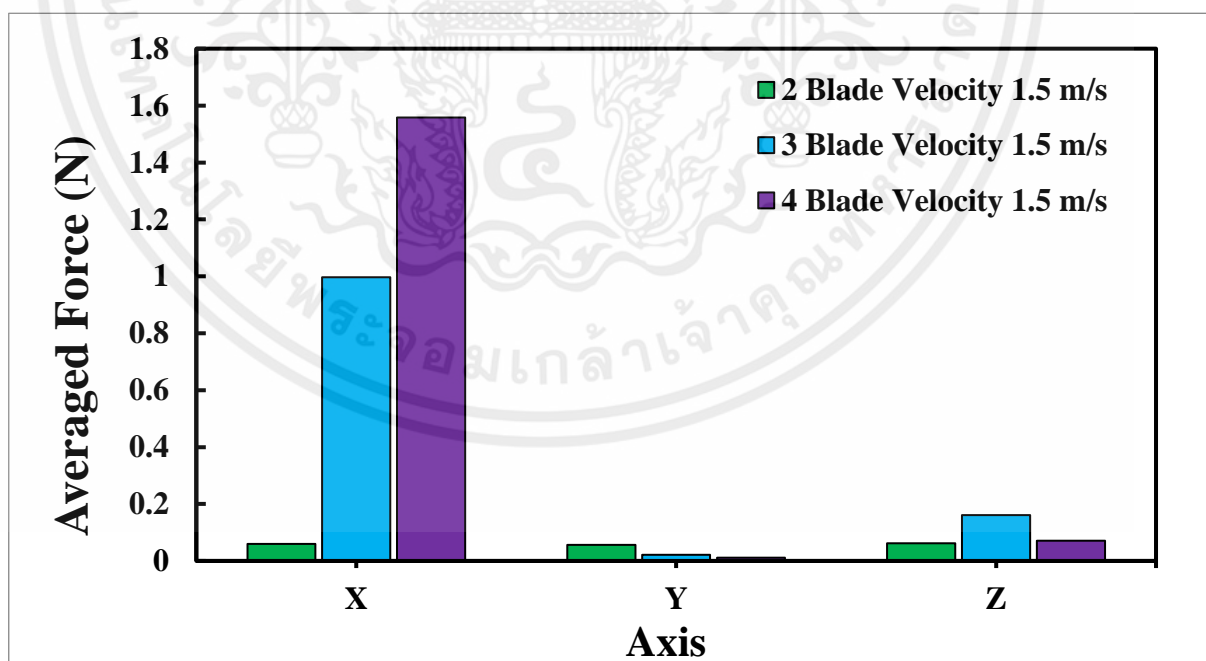
ในโมเดล 4 ใบพัด ที่ความเร็ว 1.5 นั้นจะใช้ค่า Force และค่า Torque ที่สูงกว่าความเร็ว 1 m/s ในทุกแกน แต่ในแกน Y เป็นส่วนที่ประทะกับลมได้น้อยมากจึงมีค่าน้อยกว่าในแกนอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4 ผลเปรียบเทียบของโมเดลที่มีจำนวนใบพัดต่างกัน

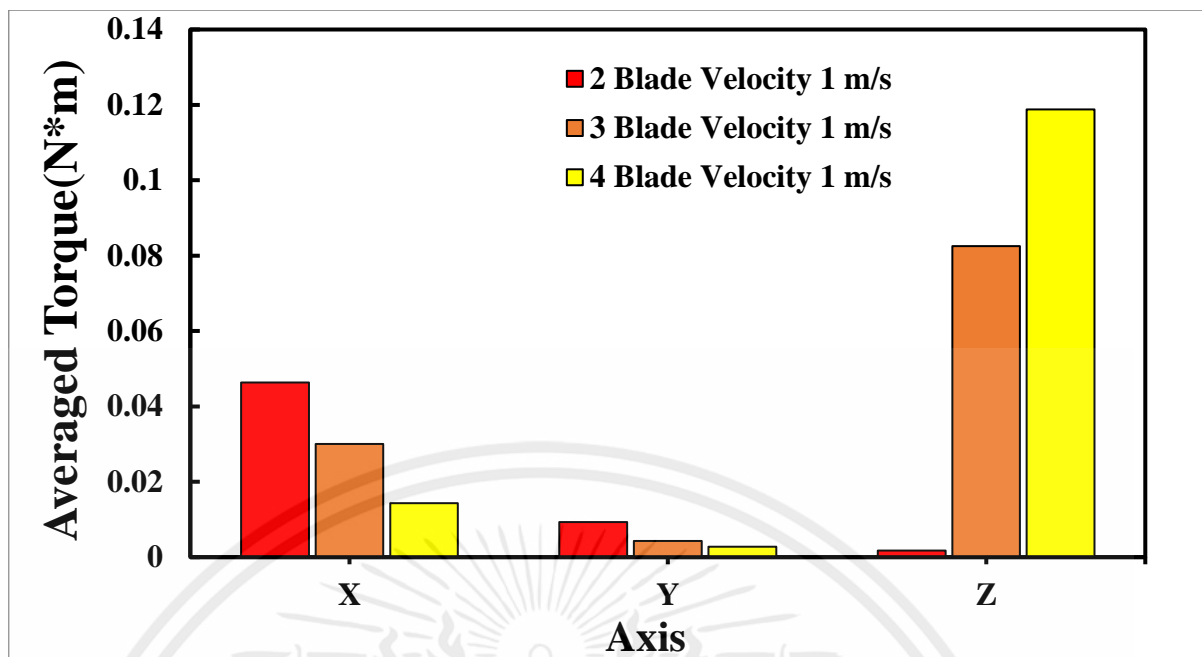


รูปที่ 4.19 Force โมเดลทั้ง 3 แบบที่ความเร็วลม 1 m/s

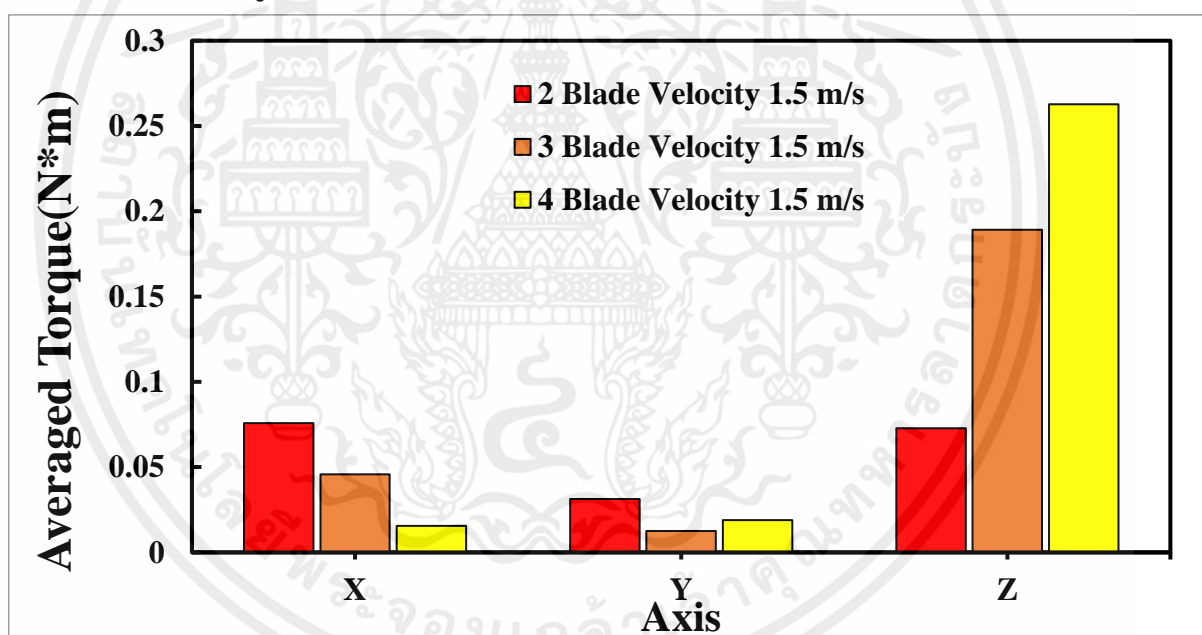


รูปที่ 4.20 Force โมเดลทั้ง 3 แบบที่ความเร็วลม 1.5 m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 Torque โมเดลทั้ง 3 แบบที่ความเร็วลม 1 m/s



รูปที่ 4.22 Torque โมเดลทั้ง 3 แบบที่ความเร็วลม 1.5 m/s

จากผลการเปรียบเทียบการจำลองของพัดที่ต่างกันนำมาเปรียบเทียบกัน จะเห็นได้ว่าค่า SG Force ของโมเดล 4 ใบพัดทั้งที่ความเร็วลม 1m/s และ 1.5 m/s ในแนวแกน Xจะมีค่าสูงกว่าในแนวแกนอื่น และค่า SG Torque ของโมเดล 4ใบพัดในแนวแกน Z ทั้งที่ความเร็วลม 1m/s และ 1.5 m/s จะมีค่ามากกว่าโมเดลอีก 2 แบบในทุกแนวแกน

## บทที่ 5

### สรุปผลและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผล

จะเห็นได้ว่าในโมเดลแบบ 4 ใบพัดนั้นมีค่าแรงบิด (Torque) ทางแกน Z ที่ความเร็วลม 1.5 m/s ที่สูงกว่าที่ความเร็วลม 1 m/s และที่ความเร็วลม 1.5 m/s มีค่ากำลังจากลม 2.97 kW และกำลังจากกังหันลมเท่ากับ 0.445 kW ซึ่งมากกว่าที่ความเร็วลม 1 m/s ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของกังหันลมและความเร็วลมที่ต้องการวิเคราะห์ด้วย

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

ควรศึกษาซอฟต์แวร์หลากหลายแบบที่ใช้ในการจำลองค่าการไหลของชิ้นงาน ในการจำลองสภาพการไหลของอากาศ เพราะผลที่ได้จะได้ใกล้เคียงกับค่าความเป็นจริงมากที่สุด

## เอกสารอ้างอิง

- [1] ภาณุวัฒน์ ถ้ำ กลาง, et al. "เครื่อง กำเนิด ไฟฟ้า พลังงาน ลม จาก ระบบ ระบาย ความ ร้อน ของ เครื่อง ปรับอากาศ."(2011)
- [2]ชลธิ โพธิ์ทอง, and ฉัตร ชัย พรหม ดี. "การ ผลิต พลังงาน ไฟฟ้า ด้วย กังหัน ลม ซาโว เนียส แบบ ช่องลม คู่." วารสาร วิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม. อบ. 9.2 (2016)
- [3] Ketjoy, Nipon, and Achitpon Sasitharanuwat. "เทคโนโลยี พลังงาน ลม." *Naresuan University Journal: Science and Technology (NUJST)* 12.2 (2013)
- [4] กิจจา ศรีทองกุล. "การ ออกแบบ กังหัน ลม แนว แกน ตั้ง สำหรับ ความเร็ว ลม ต่ำ ใน ประเทศ ไทย." *Thai Journal of Physics* 37.1 (2020)
- [5] ธเนศ ไชยชนะ, and สัมพันธ์ ไชย เทพ. "อิทธิพล ของ ตำแหน่ง ของสัน ใบพัด แบบ โค้ง ต่อ ประสิทธิภาพ ของ กังหัน ลม แกน ตั้ง เพลา ร่วม หมุน สวน ทาง กัน." *ASEAN Journal of Scientific and Technological Reports* 14.3 (2011)
- [6]ธรรมแท้ กังหัน ลม ประสิทธิภาพ สูง ชนิด ใบพัด เดี่ยว."มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (2014)
- [7] Meller, Moshe. WIND TURBINE ELECTRICITY GENERATING SYSTEM . " U.S. Patent (2012)
- [8] Meller, Moshe. "Airborne wind turbine electricity generating system." U.S. Patent No. 7,582,981. 1 Sep. (2009)
- [9] วิเศษโอสถ."การ จำลอง สภาพ กังหัน ลม ชนิด ไทล ตาม แนว แกน นอน โรเตอร์ เดี่ยว 3 ใบพัด และ โรเตอร์ คู่ 6 ใบพัด"(2017)
- [10] พงษ์ พันธุ์ ฤกษ์ ชุมทรัพย์, จรัส ศรี เสือ ทับทิม, and ปฎิภาณ อร่าม วาณิชย์. "การ ออกแบบ และ สร้าง กังหัน ลม แนว ตั้ง ขนาด กระ ทัด รัต." *วารสาร วิชาการ ปทุมวัน Pathumwan Academic Journal* 7.19 (2017)



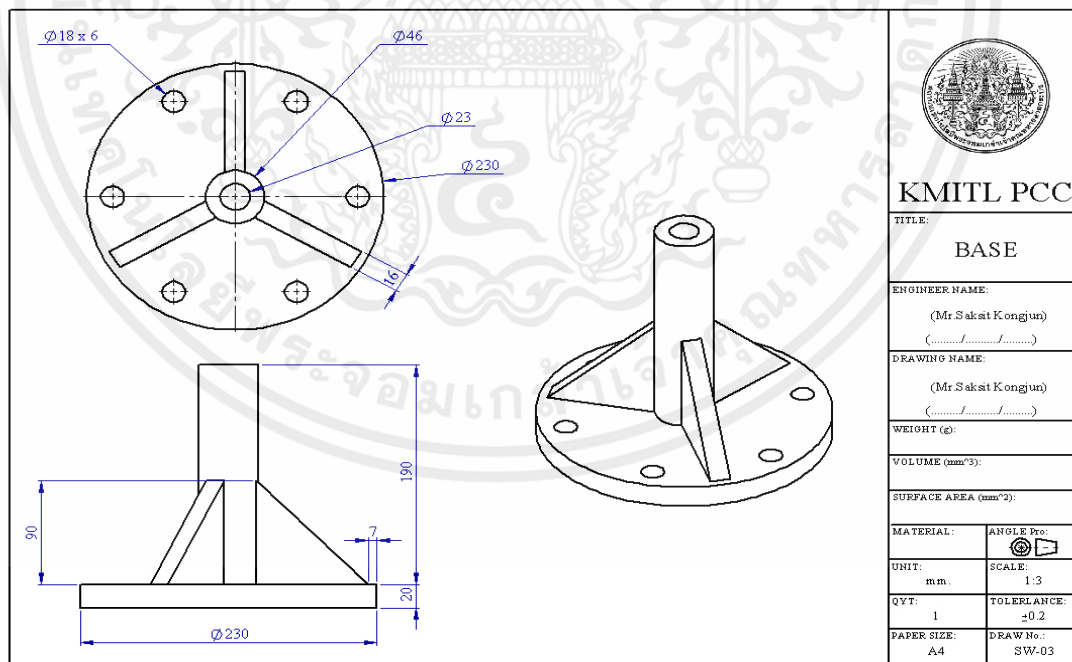
ภาคผนวก ก

ข้อมูลความเร็วลมที่อำเภอปะทิวและแบบของกังหันลมที่จำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

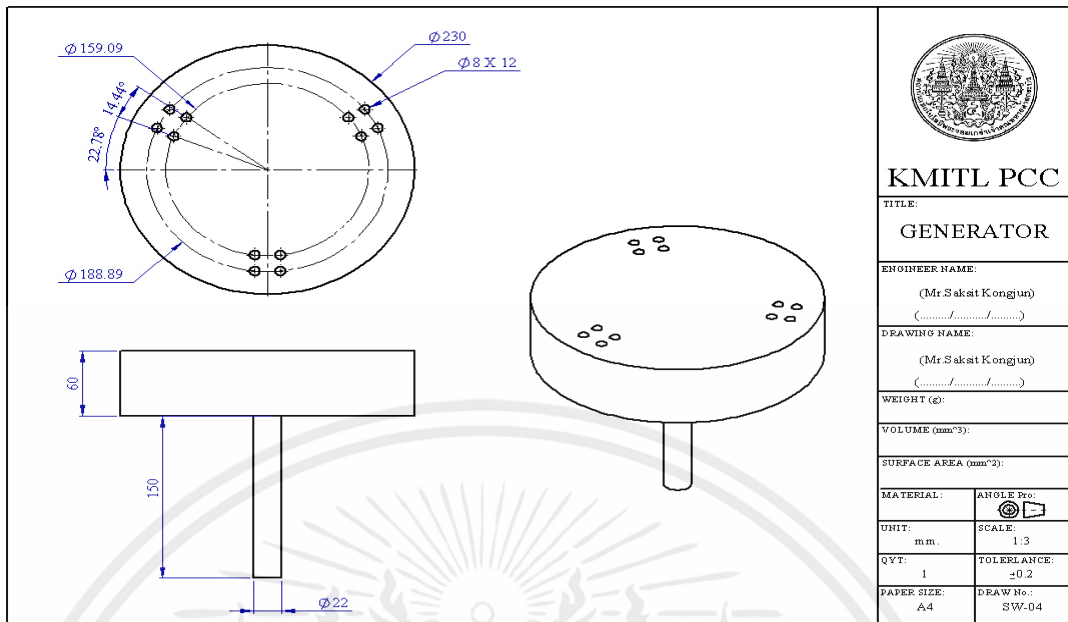
MONTH	m/s
1	0.9
2	1.075
3	1.025
4	1.05
5	0.9
6	0.85
7	1.55
8	1.425
9	1.55
10	1.5
11	1.425
12	1.29

รูปที่ ก.1 ตารางความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละเดือน

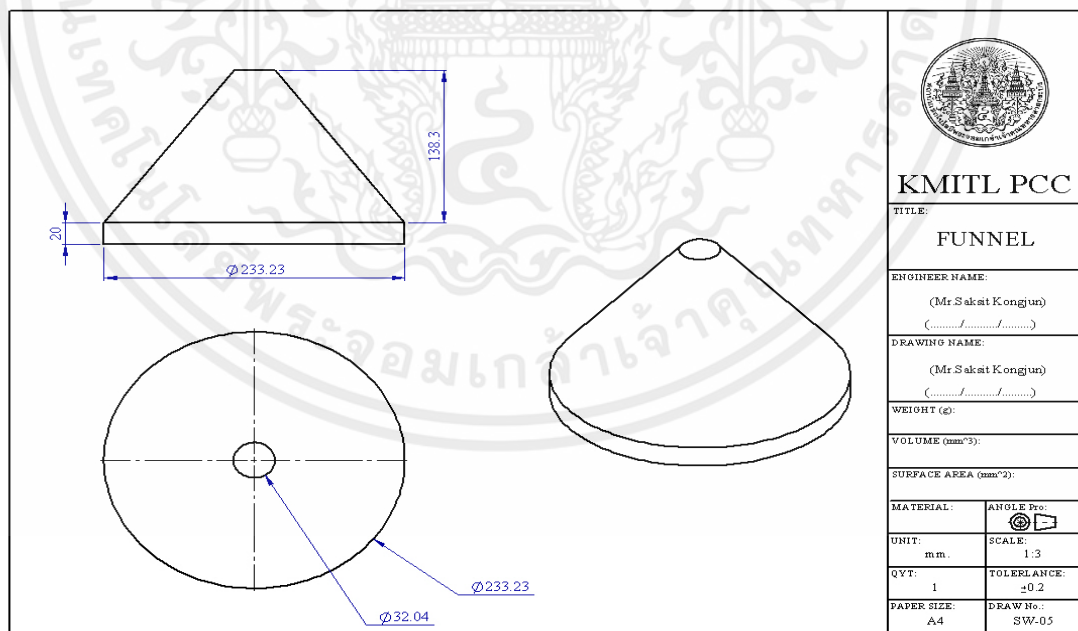


รูปที่ ก.2 แบบของฐานกังหันลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.3 แบบของเจนเนอเรเตอร์



รูปที่ ก.4 แบบของกรวยครอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>KMITL PCC</b>	
TITLE: <b>HANDLE</b>	
ENGINEER NAME: (Mr. Sakat Kongjurn)	
DRAWING NAME: (Mr. Sakat Kongjurn)	
WEIGHT (g):	
VOLUME (mm <sup>3</sup> ):	
SURFACE AREA (mm <sup>2</sup> ):	
MATERIAL:	ANGLE Pro:
UNIT: m.m.	SCALE: 1:4
QTY: 1	TOLELANCE: ±0.2
PAPER SIZE: A4	DRAW No.: SW-02

รูปที่ ก.5 แบบของก้านจับ

<b>KMITL PCC</b>	
TITLE: <b>BLADE</b>	
ENGINEER NAME: (Mr. Sakat Kongjurn)	
DRAWING NAME: (Mr. Sakat Kongjurn)	
WEIGHT (g):	
VOLUME (mm <sup>3</sup> ):	
SURFACE AREA (mm <sup>2</sup> ):	
MATERIAL:	ANGLE Pro:
UNIT: m.m.	SCALE: 1:11
QTY: 1	TOLELANCE: ±0.2
PAPER SIZE: A4	DRAW No.: SW-01

รูปที่ ก.6 แบบของใบพัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-สกุล นายเศกสิทธิ์ คงจันทร์  
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 26 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2541  
 ภูมิลำเนา จังหวัดสงขลา  
 ที่อยู่ 88/1 ม.2 ตำบลปากแตระ อำเภอระโนด  
 จังหวัดสงขลา 90140  
 E-mail [60512100@KMITL.AC.TH](mailto:60512100@KMITL.AC.TH)

## ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนศรีธรรมราชศึกษา จังหวัดนครศรีธรรมราช ปีการศึกษา 2559
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)ปีการศึกษา 2563 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

## ผลงานและกิจกรรม

- เข้าร่วมกิจกรรมทำฝายกั้นน้ำ อำเภอที่แะะ จังหวัดชุมพร ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-สกุล นายอานน เรืองฉาง  
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 13 เดือน ธันวาคม พ.ศ.2541  
 ภูมิลำเนา จังหวัดนนทบุรี  
 ที่อยู่ 99/1 ม.3 ตำบลบางรักน้อย อำเภอเมือง  
 จังหวัดนนทบุรี 11000  
 E-mail non\_smurf@hotmail.com

### ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย(โครงการพิเศษ  
 วิทย-คณิต) โรงเรียนวัดเขมาภิรตาราม ปีการศึกษา 2559
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
 (วิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2563 จาก สถาบัน  
 เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
 วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

### ผลงานและกิจกรรม

- ได้มีโอกาสเป็นนักศึกษาแลกเปลี่ยนไปศึกษาที่ฮาร์บิน  
 สาธารณรัฐประชาชนจีน ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-สกุล นายชานน หมื่นบวร  
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 14 เดือน ธันวาคม พ.ศ.2540  
 ภูมิลำเนา จังหวัดนครศรีธรรมราช  
 ที่อยู่ 62 หมู่ที่ 7 ตำบลปากพูน อำเภอเมือง  
 จังหวัดนครศรีธรรมราช 80000  
 E-mail [61512004@kmitl.ac.th](mailto:61512004@kmitl.ac.th)

### ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับปวช. จากวิทยาลัยเทคนิค  
นครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช ปีการศึกษา 2558
- สำเร็จการศึกษาระดับปวส. จากวิทยาลัยเทคนิค  
นครศรีธรรมราชจังหวัดนครศรีธรรมราช ปีการศึกษา 2560
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
(วิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2563 จาก สถาบัน  
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขต  
ชุมพรเขตอุดมศักดิ์จังหวัดชุมพร

### ผลงานและกิจกรรม

-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้