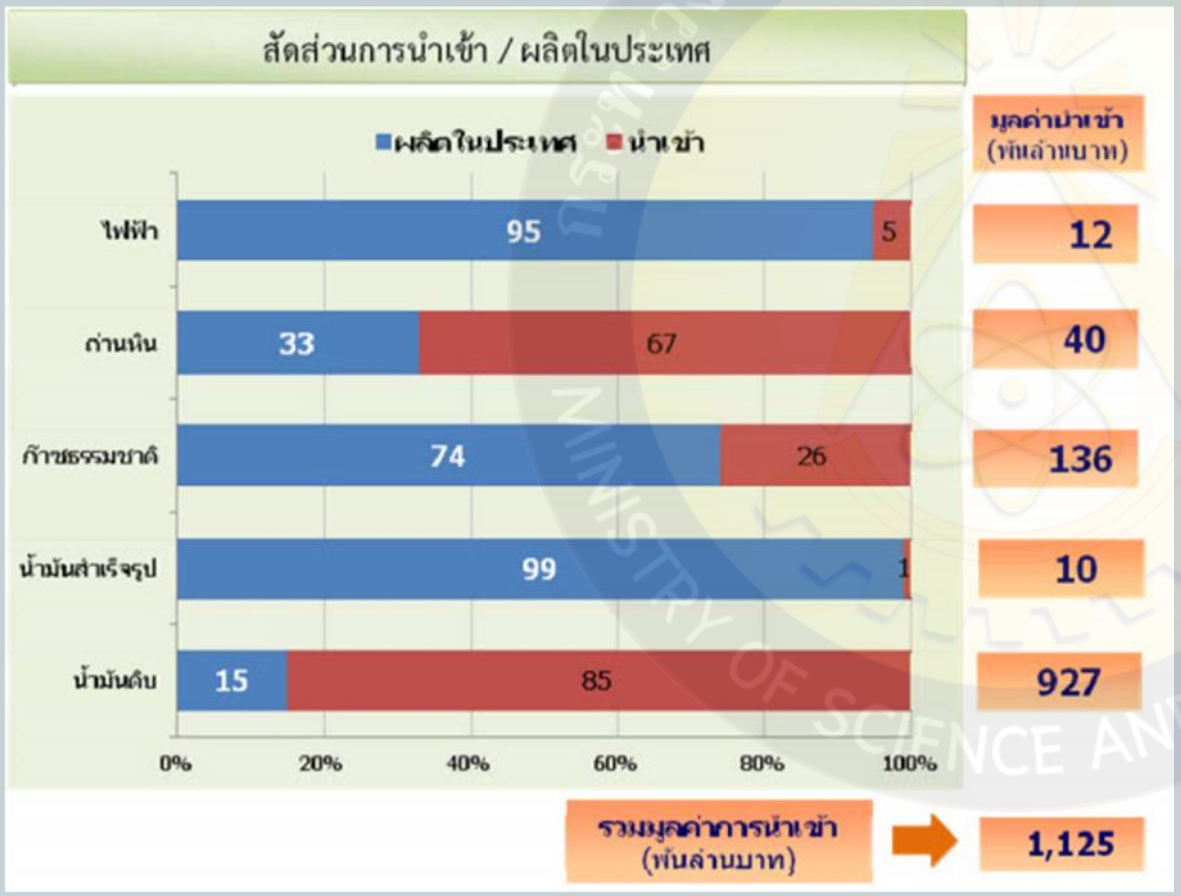
โครงการกังหันลมแบบแนวแกนตั้งเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าขนาด 2 กิโลวัตต์

Vertical – axis Wind Turbine (Darrieus VAWT) for 2 Kilowatt Electric Power Generator Project

บทนำ

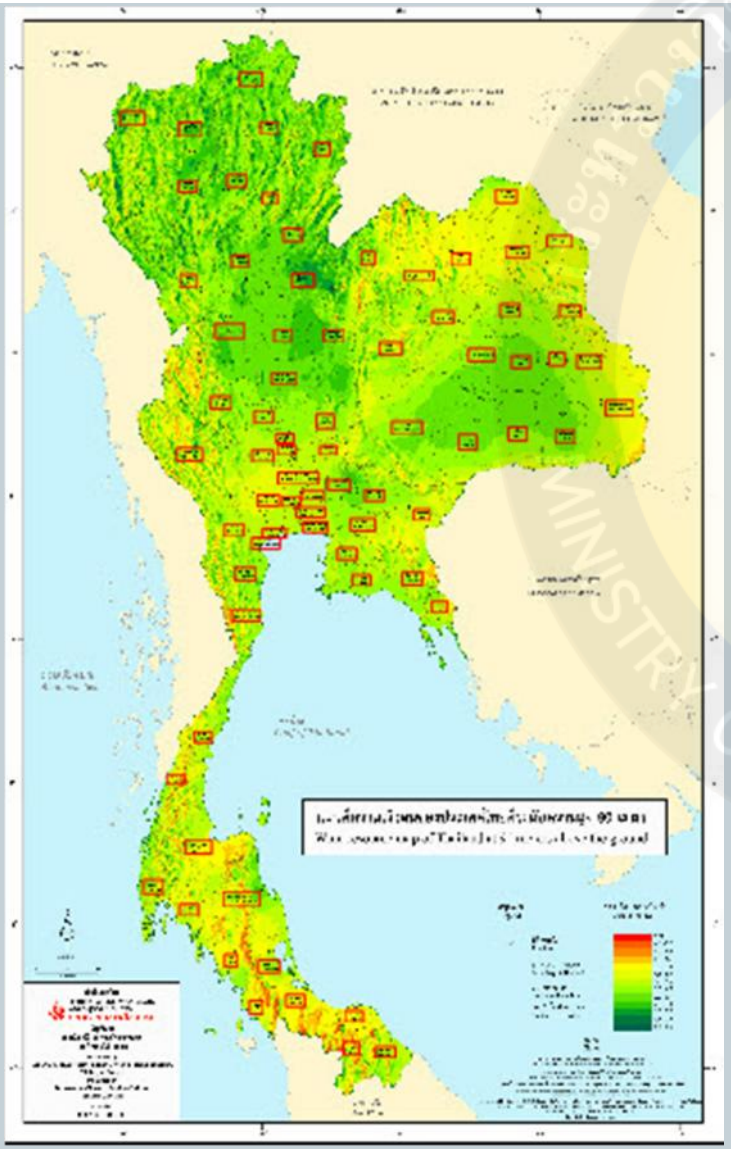


- ปัญหาพลังงานเป็นปัญหาสำคัญ
- นำเข้ากว่า 60 % โดยนำเข้าน้ำมันสูงถึง 85% และยังสูงขึ้นอีก
- การพัฒนาพลังงานทดแทนอย่างจริงจังช่วยลดได้ โดยแหล่งสำคัญได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ ลมแบบทุ่งกังหันลม พลังงานน้ำ ชีวมวล ก๊าซชีวภาพและขยะ

ข้อมูลปี พ.ศ. 2554 :กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน

ปัจจุบันพลังงานลมผลิตใช้งานอยู่ที่ 7.28 MW หรือคิดเป็น 0.61 % ของเป้าหมาย

พลังงานลมสำหรับประเทศไทย



- ประเทศไทยมีความเร็วลมเฉลี่ยอยู่ที่ 3 - 4 m/s
- พื้นที่ที่เหมาะสมส่วนมากอยู่บริเวณช่องเขา หรือชายฝั่งภาคใต้
- ต้องนำเข้าจากต่างประเทศทั้งเทคโนโลยีและอุปกรณ์

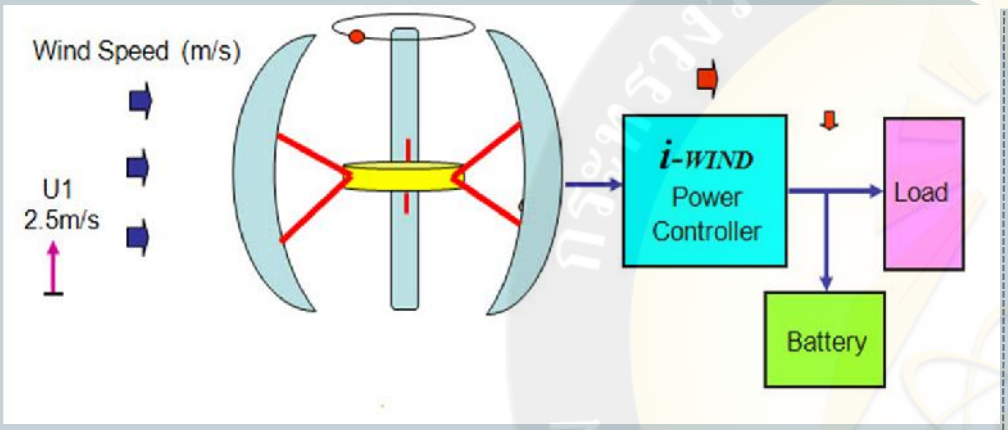
ความสำคัญ

- บริษัทไทยอินโด ปาล์มออยล์ แฟค ทอรี่ มี พื้นที่อยู่บริเวณช่องเขา และต้องการกังหันลมแนวตั้ง นำไปติดตั้งซึ่งเป็นพื้นที่ที่ไกลจากสายส่ง
- ในอนาคตต้องการจะทำเป็น wind farm
- สามารถทดแทนการนำเข้า ทั้งส่วนของเทคโนโลยี และอุปกรณ์ต่างประเทศ

จุดประสงค์

- สร้างกังหันลมแนวตั้งเพื่อทำฟาร์มลม โดยติดตั้งจริง
- นำโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาใช้ในกระบวนการการผลิต สร้างโมเดล และวิเคราะห์

การเปรียบเทียบกังหันลม

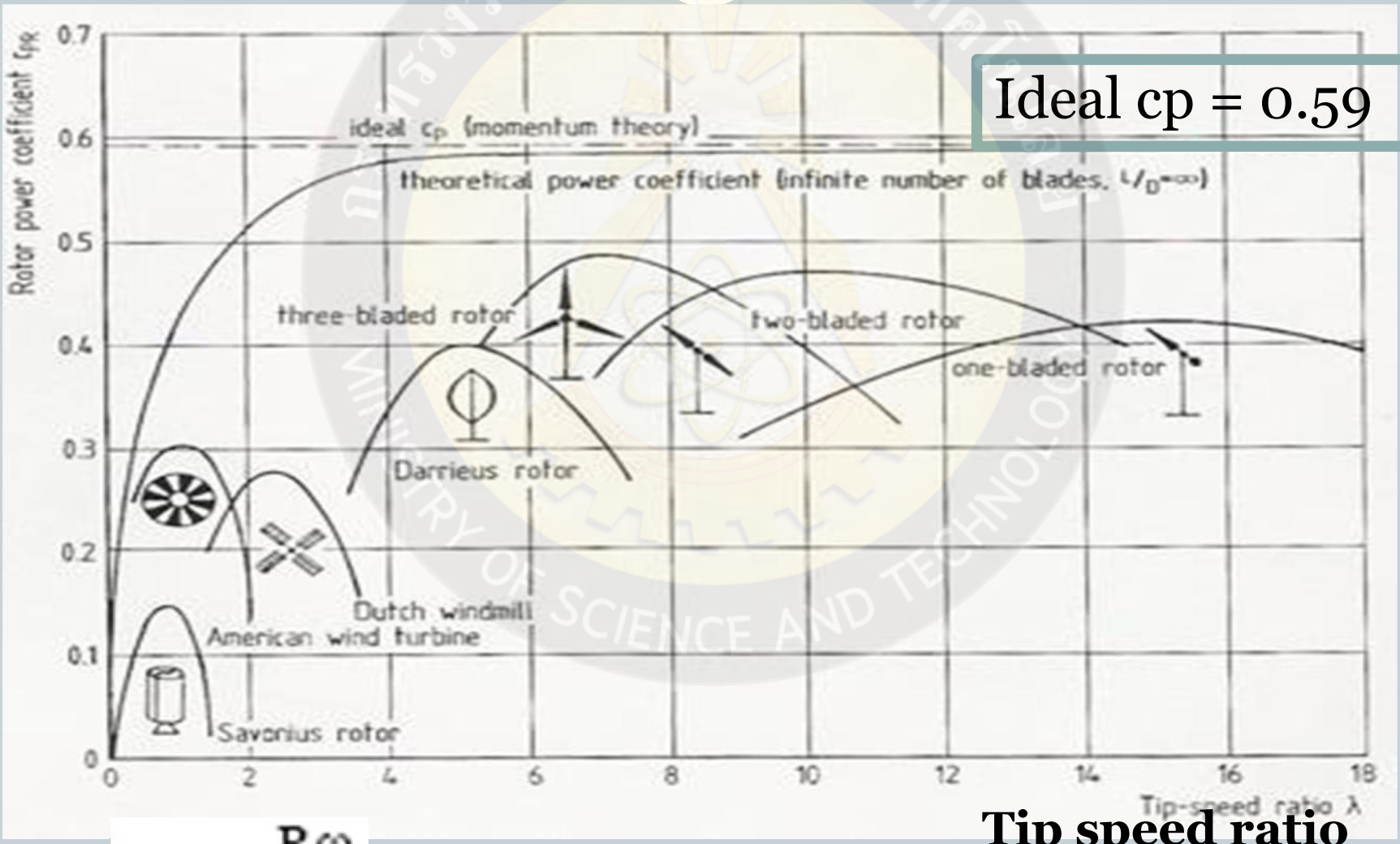


$$Cp = \frac{P}{0.5*\rho*A*V^3_\infty}$$

Cp is power coefficient
P is power
ρ is the air density
V∞ free stream velocity
A frontal area of the turbine

- การเปรียบเทียบกังหันสองตัวจริงๆ แล้วมีหลายปัจจัยที่จะมาเทียบกัน
- ในทางงานวิจัยจะใช้ค่าประสิทธิภาพเชิงพลังงานหรือ Cp มาใช้ในการวัด
- ค่า Cp คือค่าประสิทธิภาพที่กังหันหนึ่งๆ เปลี่ยนพลังงานลม(พลังงานจลน์) เป็นพลังงานเชิงกลได้
- โดย Betz limit ประมาณ 59%

การเปรียบเทียบกังหันลม - ค่าประสิทธิภาพของกันหัน



Ideal cp = 0.59

$$TSR = \frac{R\omega}{V_\infty}$$

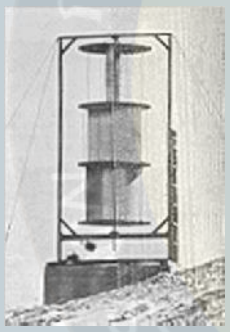
Tip speed ratio

ความเร็วรอบการหมุน/ความเร็วลม

กังหันลม (Wind Turbine)

กังหันลมแกนตั้ง Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)

กังหันลม Cycrotor



กังหันลม Savonius

กังหันลม Giromill

กังหันลม Vawtbush

กังหันลมแกนนอน Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT)

กังหันลมชนิด 2 ใบพัด

กังหันลมชนิด 3 ใบพัด

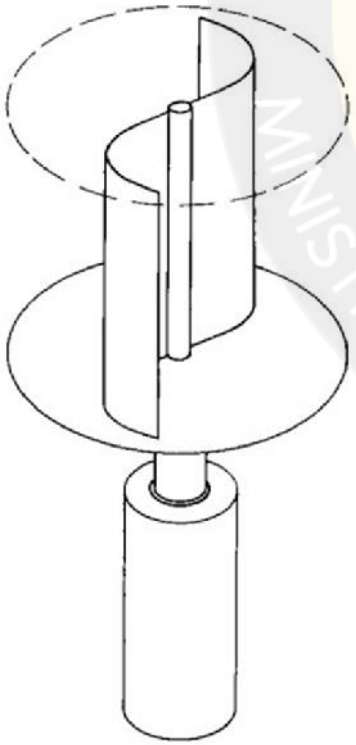
กังหันลมชนิด 6 ใบพัด

กังหันลมชนิดหลายใบพัด

Vertical Axis Wind Turbine : VAWT

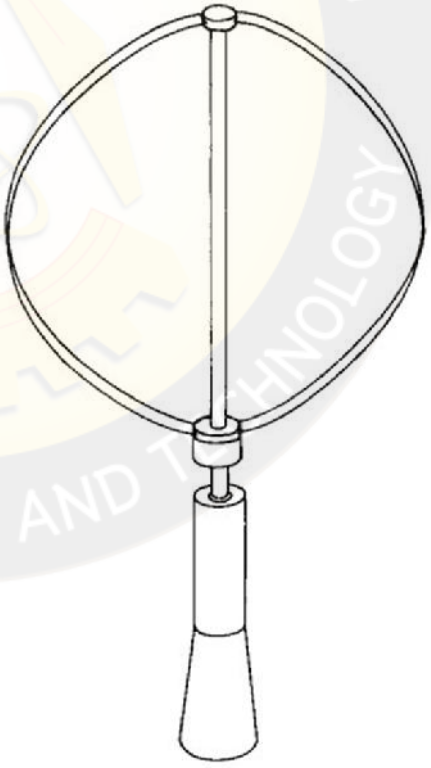
Drag Force

Savonius-Rotor

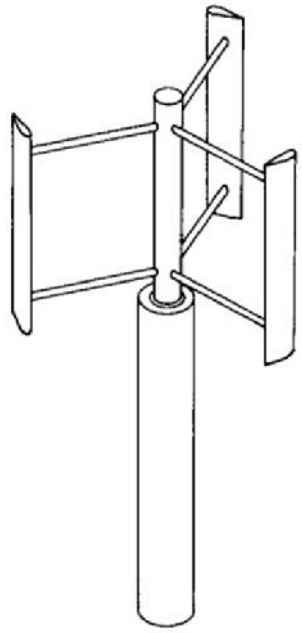


Lift force

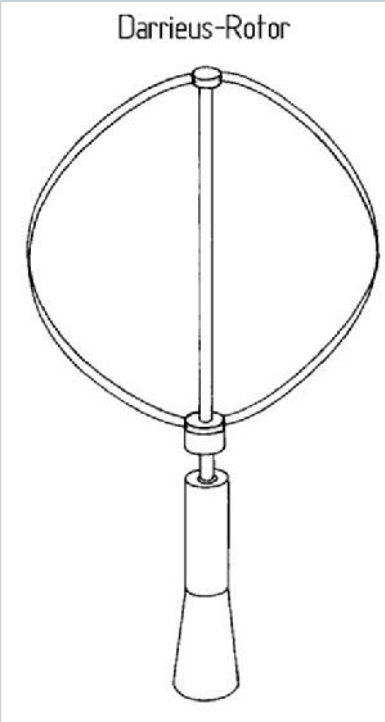
Darrieus-Rotor



H-Rotor



VAWT : ช่วงแรก

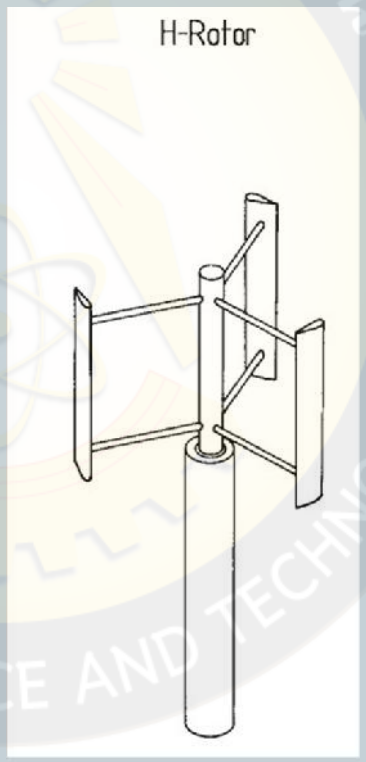


กังหันลมแนวตั้งอันแรก
พัฒนาโดย Georges Darrieus ปี 1927

ใช้แรงยกทำงาน ในช่วงมุมปะทะ -20 ถึง +20 เกินกว่านั้นจะเกิด stall

ข้อเสียหลายอย่างเช่น

- เกิดการสั่นอย่างรุนแรง
- ไม่สามารถเริ่มทำงานได้เอง
- เกิดการล้าในใบ
- เสียงดัง
- ประสิทธิภาพต่ำ



พัฒนาปี 1970-1980

ใช้หลักการของใบให้เป็นประโยชน์ โดยใช้ drag/stall มาช่วยในการควบคุมให้กังหันทำงานในช่วงที่ต้องการ

ข้อเสียหลายอย่างเช่น

- ประสิทธิภาพต่ำ
- เกิดความเค้นสูงบริเวณใบ

VAWT : พัฒนา

Solwind

Solwind จากประเทศนิวซีแลน

เจนเนอร์เรเตอร์แบบต่อตรง

เริ่มทำงานได้ที่ลมความเร็วต่ำ 1.5 m/s

เงียบ จากการดีไซท์ใบใหม่

ตัวใบมีระยะห่างจากเสาเท่าๆกันหมด

ไม่ต้องมี cut off wind speed ใบจะเกิด stall เอง

Eurowind

ถูกออกแบบเพื่อติดตั้งที่สูงได้ง่ายขึ้น

เลือกใช้ airfoil ที่ไม่สมมาตรและมี high lift & low drag

ใบผลิตจากไฟเบอร์และอลูมิเนียม น้ำหนักเบาง่ายต่อการควบคุม

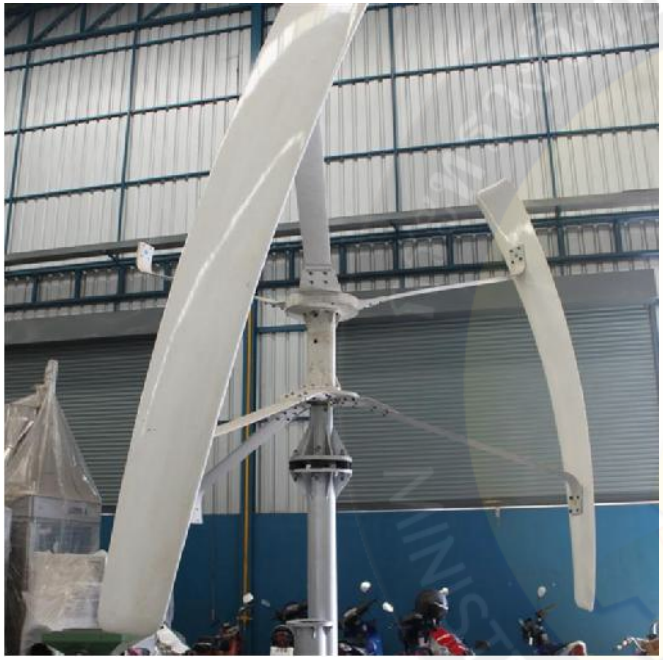
ข้อดีทุกอย่างคล้ายคลึงกับแบบ solwind

VAWT

Turby wind or
QR5 wind turbine

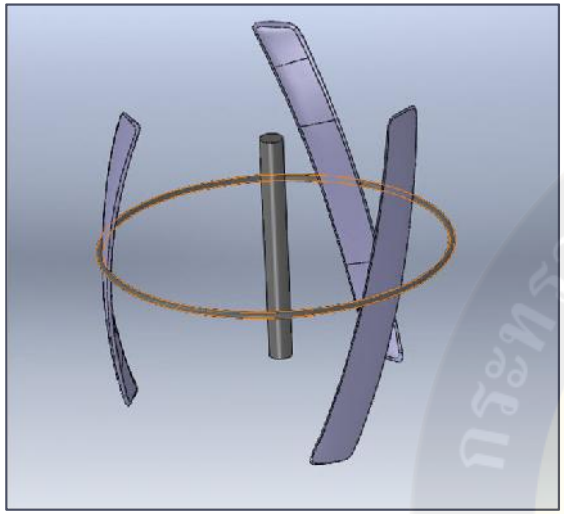
การออกแบบซับซ้อน มีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการออกแบบใบมีลักษณะเฉียงเอียงประสิทธิภาพของการรับลมประสิทธิภาพทั้งระบบ Controller และ generator เพิ่มขึ้น

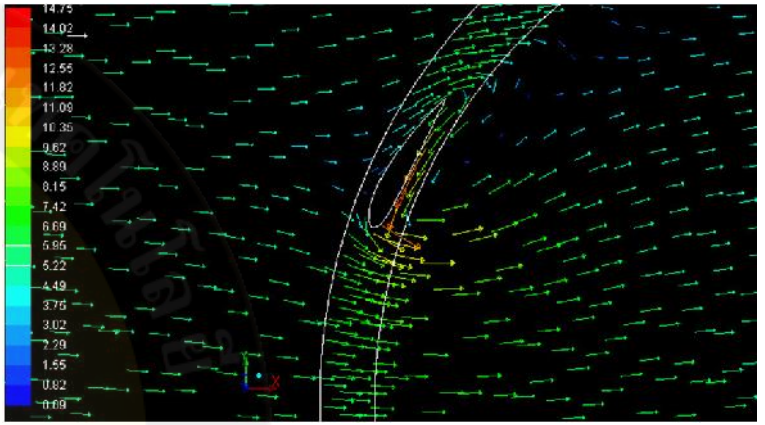
กังหันลมในงานวิจัย



Rated Power Output (Watts)	2k
Start-up Wind Speed (m/s)	< 1
Cut-in Wind Speed (m/s)	2.5
Survival Wind Speed (m/s)	60
Blade Length (m)	3
Rotor Diameter(m)	3
High-efficiency PM Generator	Yes
Dual Braking Systems (ABS/Manual)ABS	Yes

ส่วนต่างๆ ของโครงการ





- CAD
  - สร้างโมเดล 2 มิติและ 3 มิติ
  - ปรับปรุงโมเดล

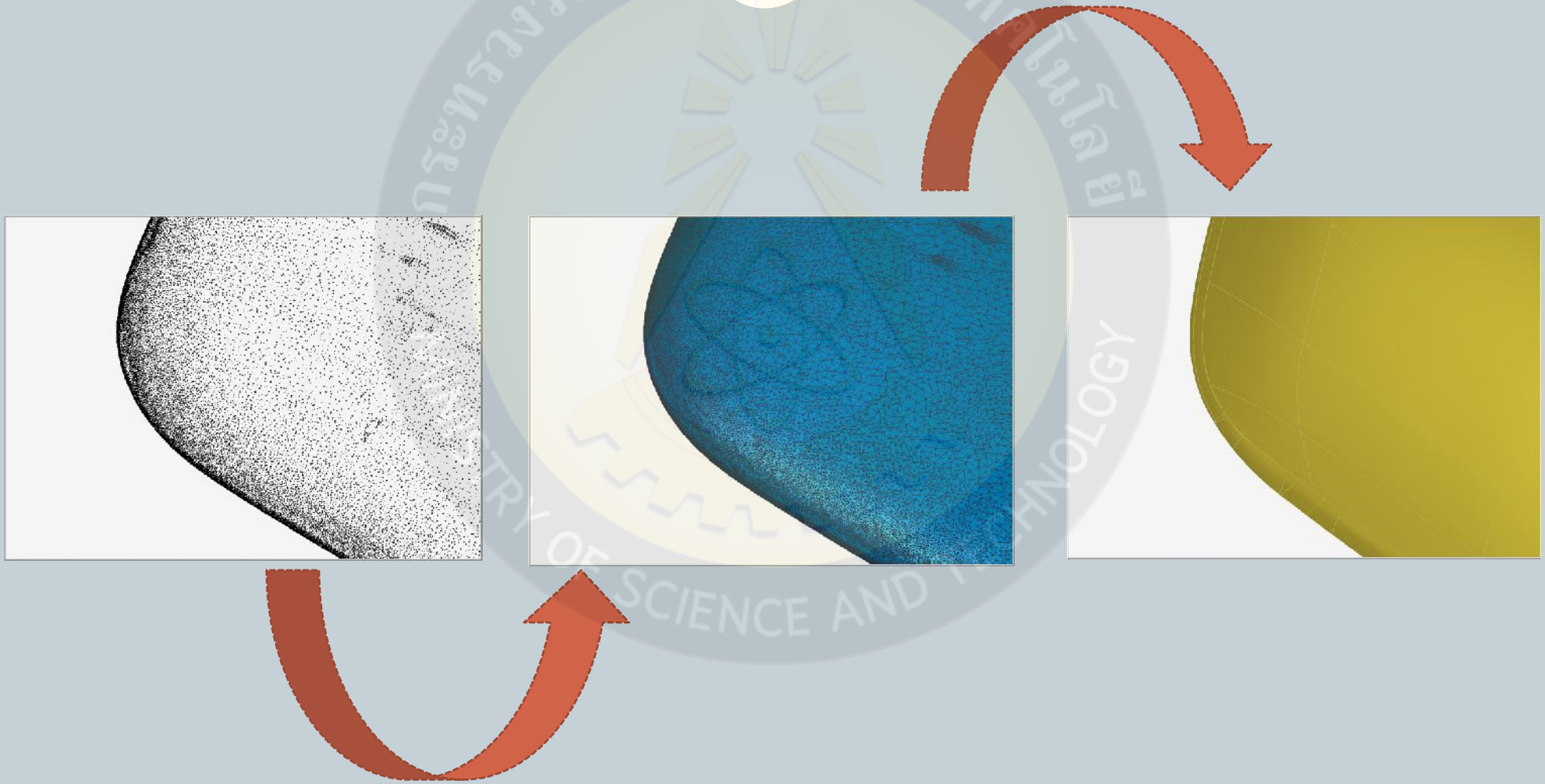
- CAE
  - ใช้วิธี CFD
  - Unsteady Method
  - นำค่า Pressure ที่ได้ปรับปรุงโครงสร้าง

- ผลิต
  - ขึ้นโม
  - ผลิตชิ้นงาน

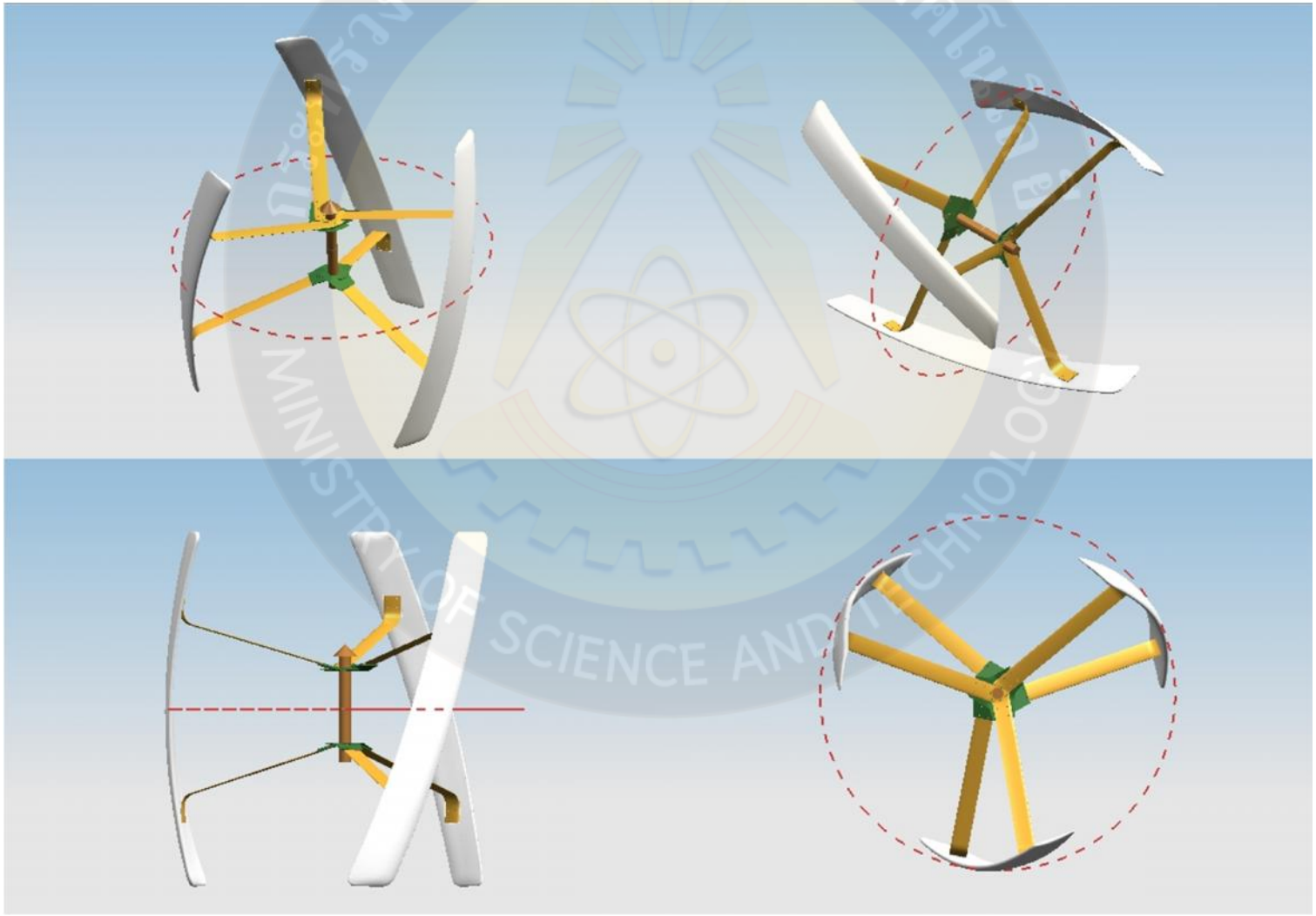
CAD model 3D&2D

การวิศวกรรมผันกลับ

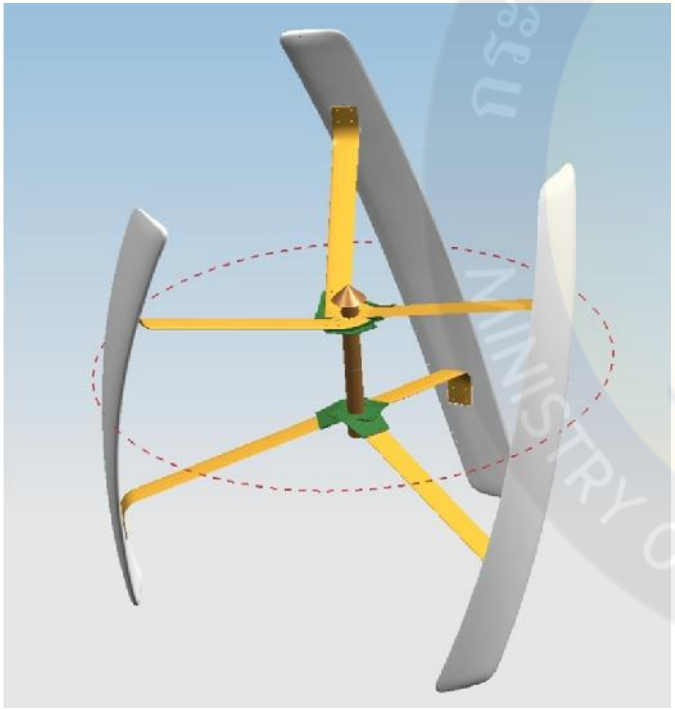
การปรับผิวใบจาก scan

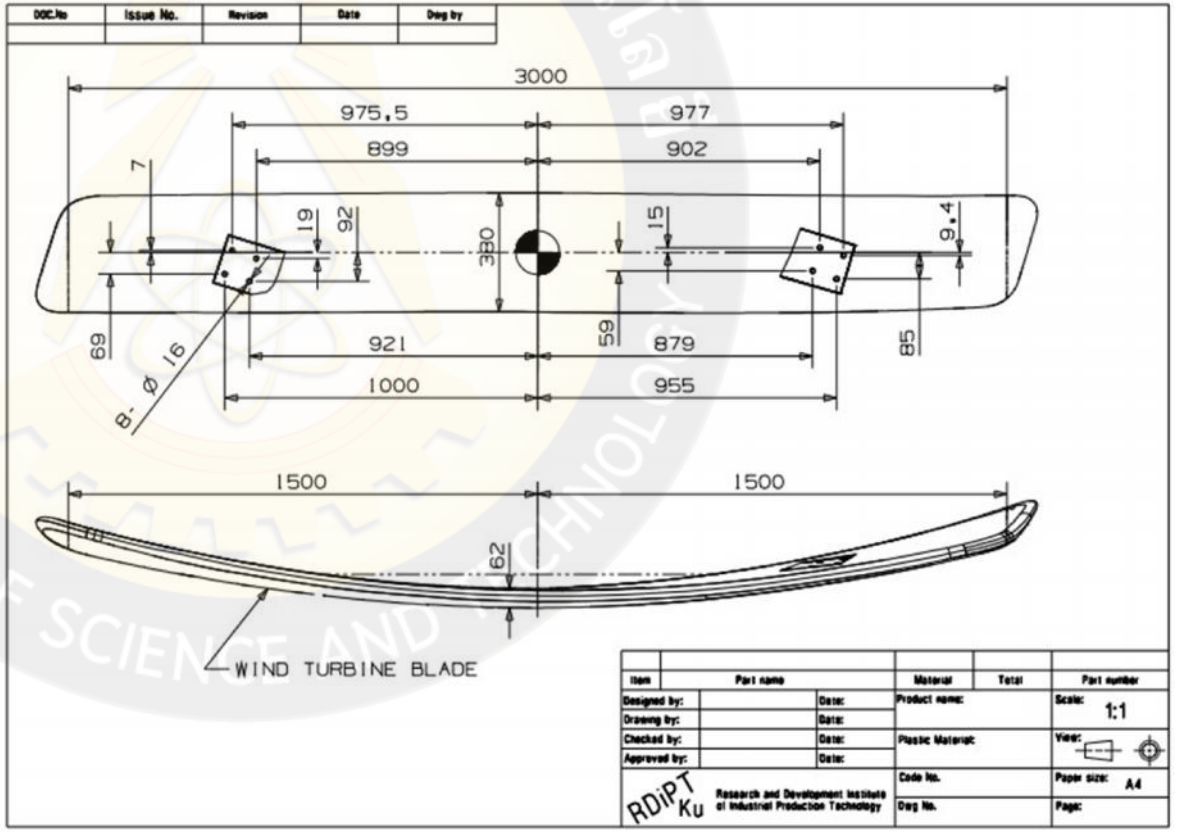


Part 1 : CAD model 3D&2D

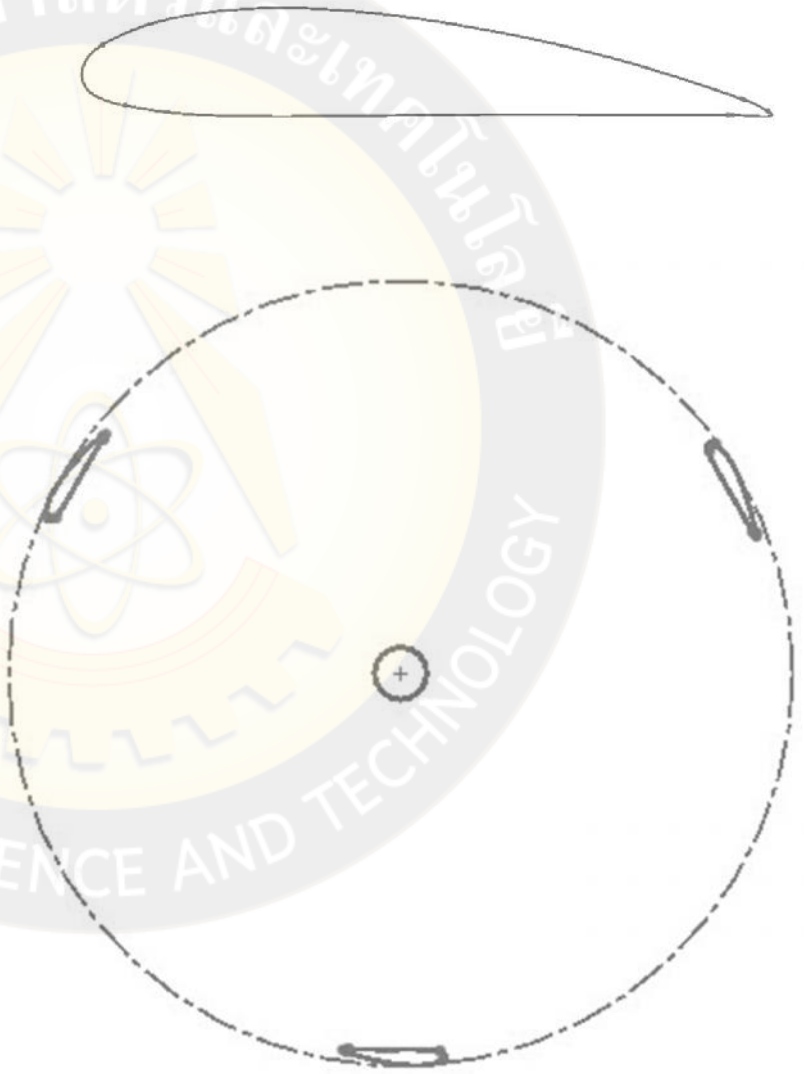


CAD model ในส่วนของ 3D



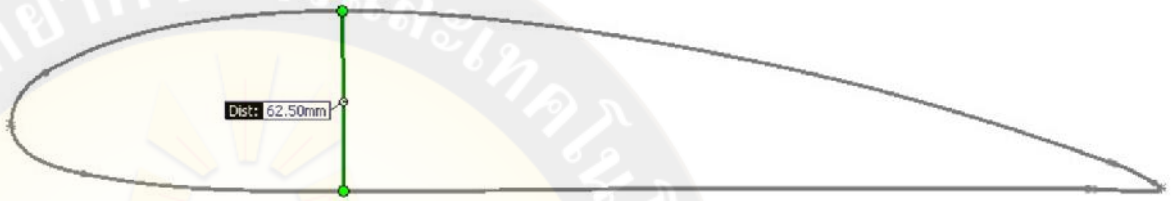


2D model

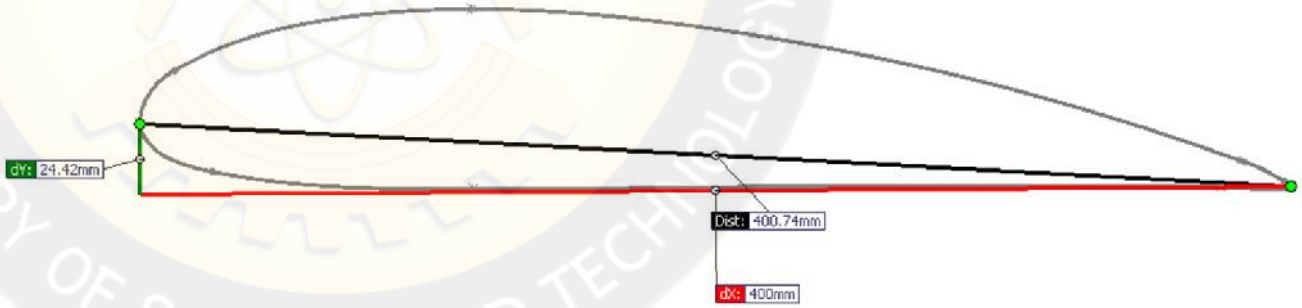


2D model

โปรไฟล์ของแพนอากาศ

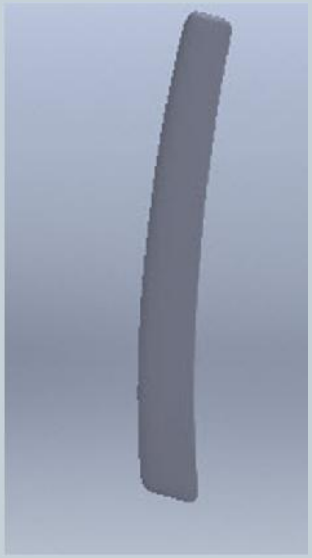


มีความหนา ~ 60.5 มิลลิเมตร

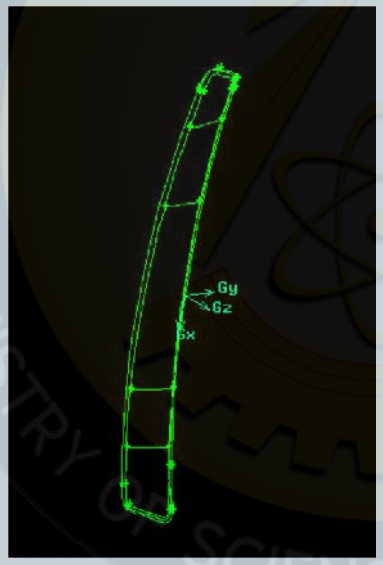


ความยาวคอร์ด ~ 400 มิลลิเมตร

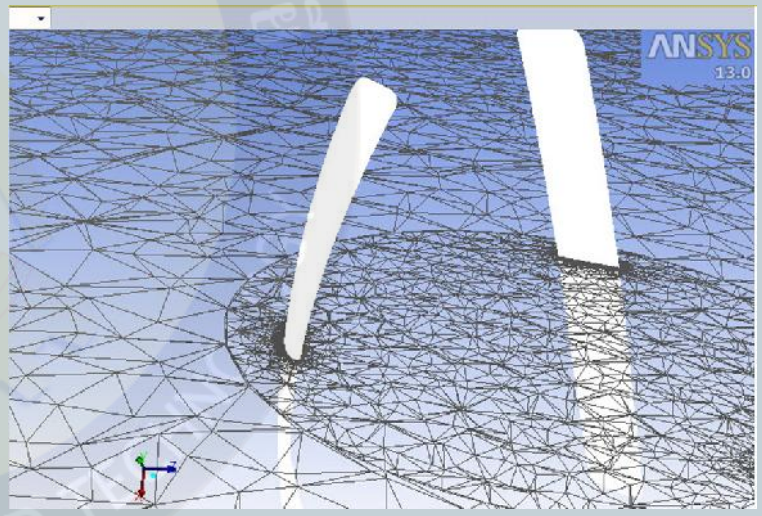
ขั้นตอนของ 3 มิติ



CAD ใช้โปรแกรม soilidworks

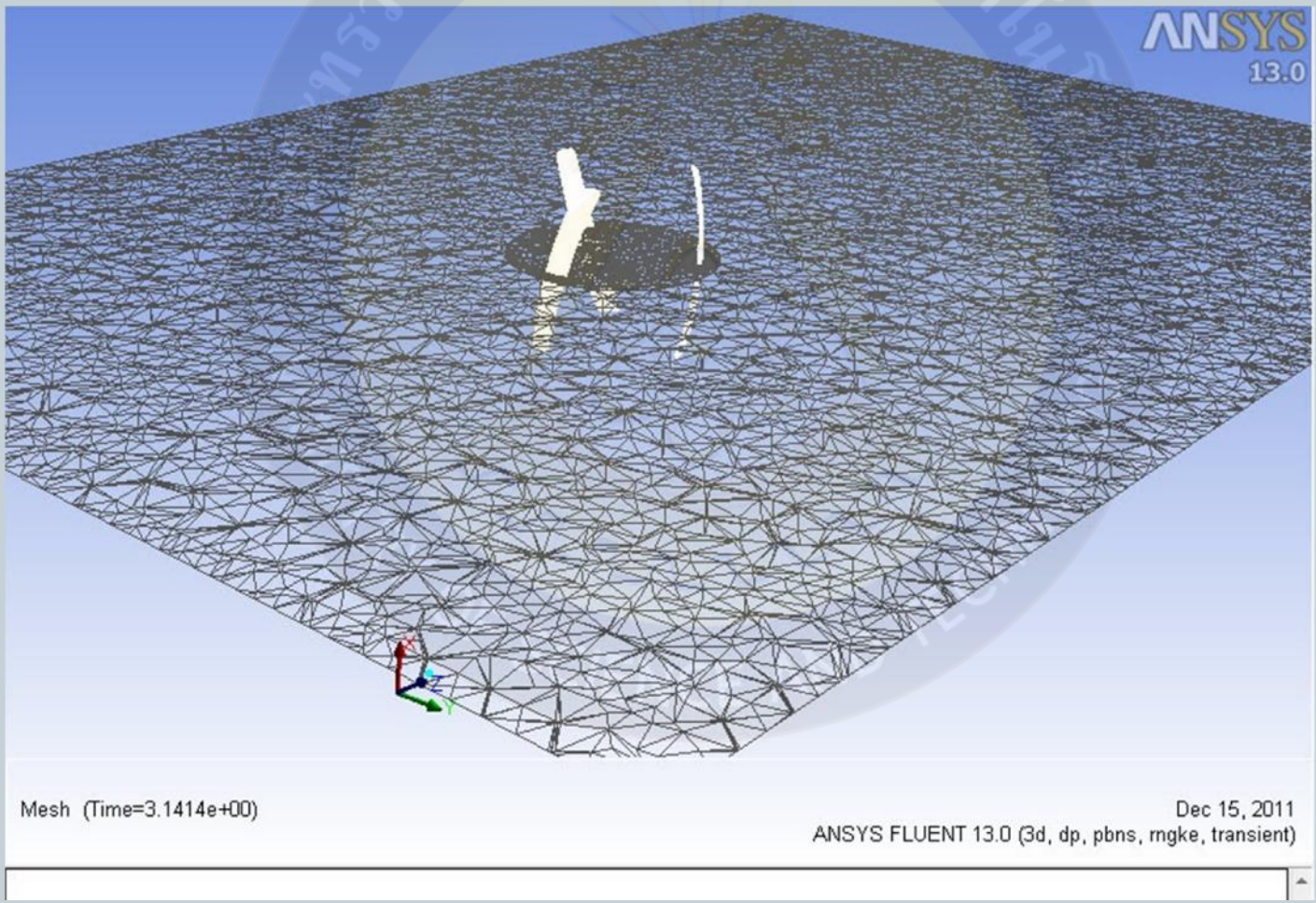


แปลงไฟล์ เป็น *.step และ mesh ในโปรแกรม gambit

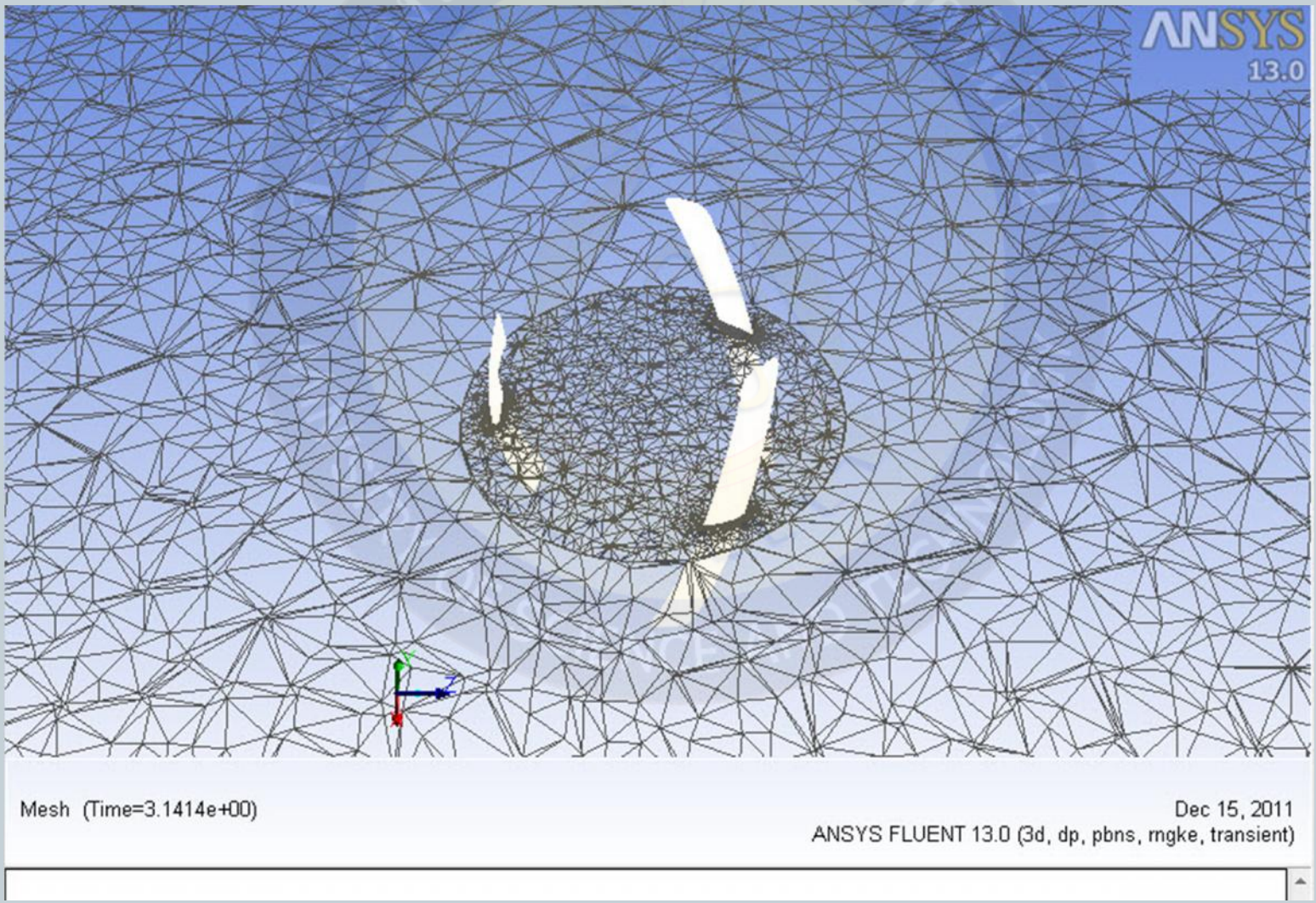


CFD ด้วยโปรแกรม Fluent

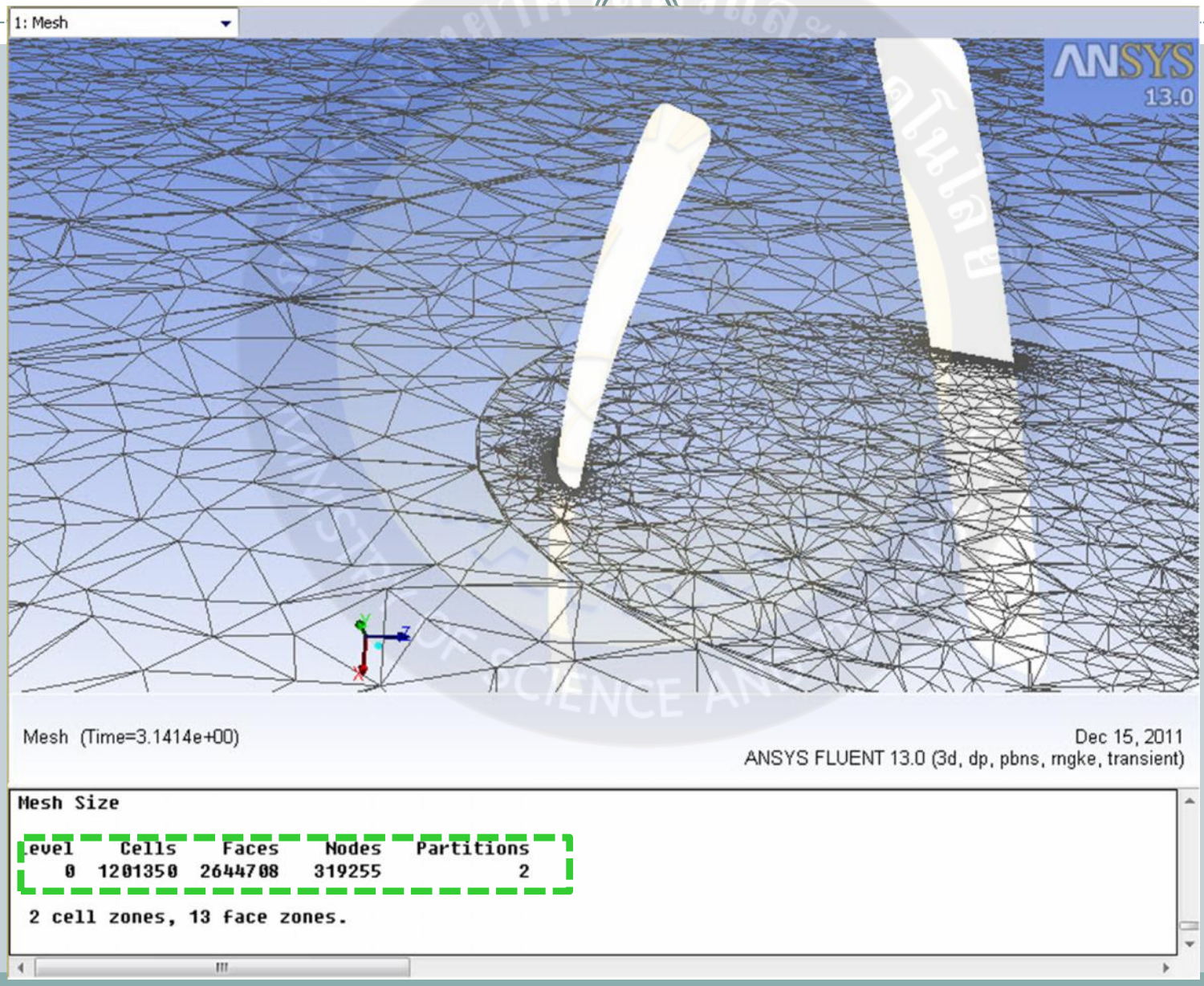
การ Mesh ในส่วนของ 3 มิติ



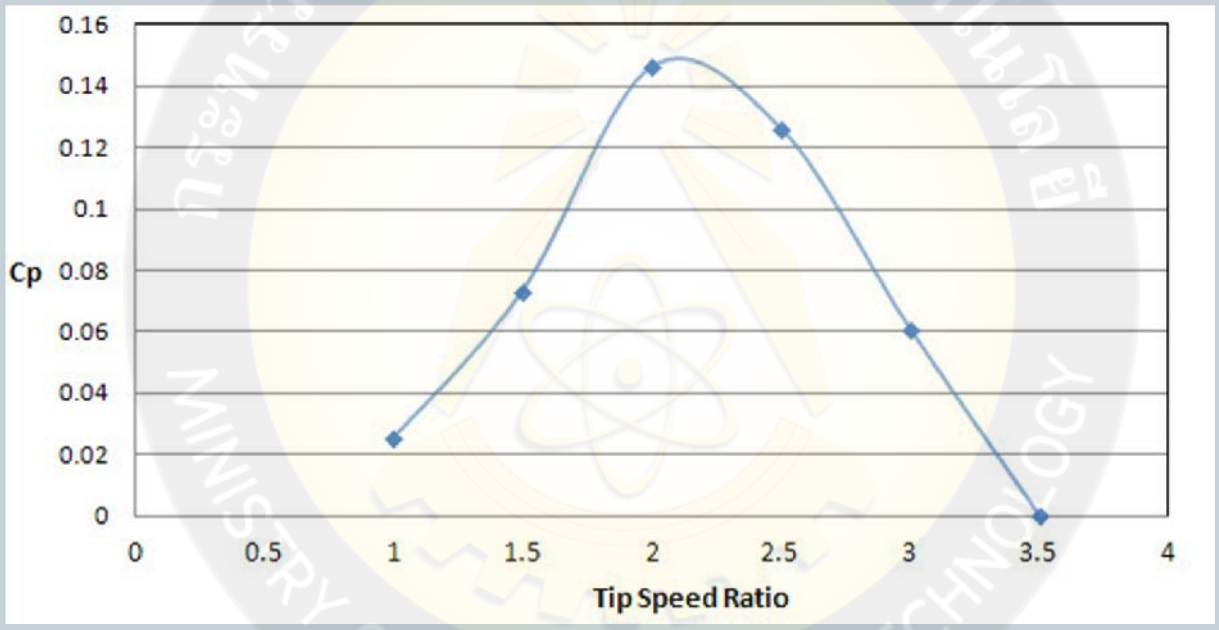
การ Mesh ในส่วนของ 3 มิติ



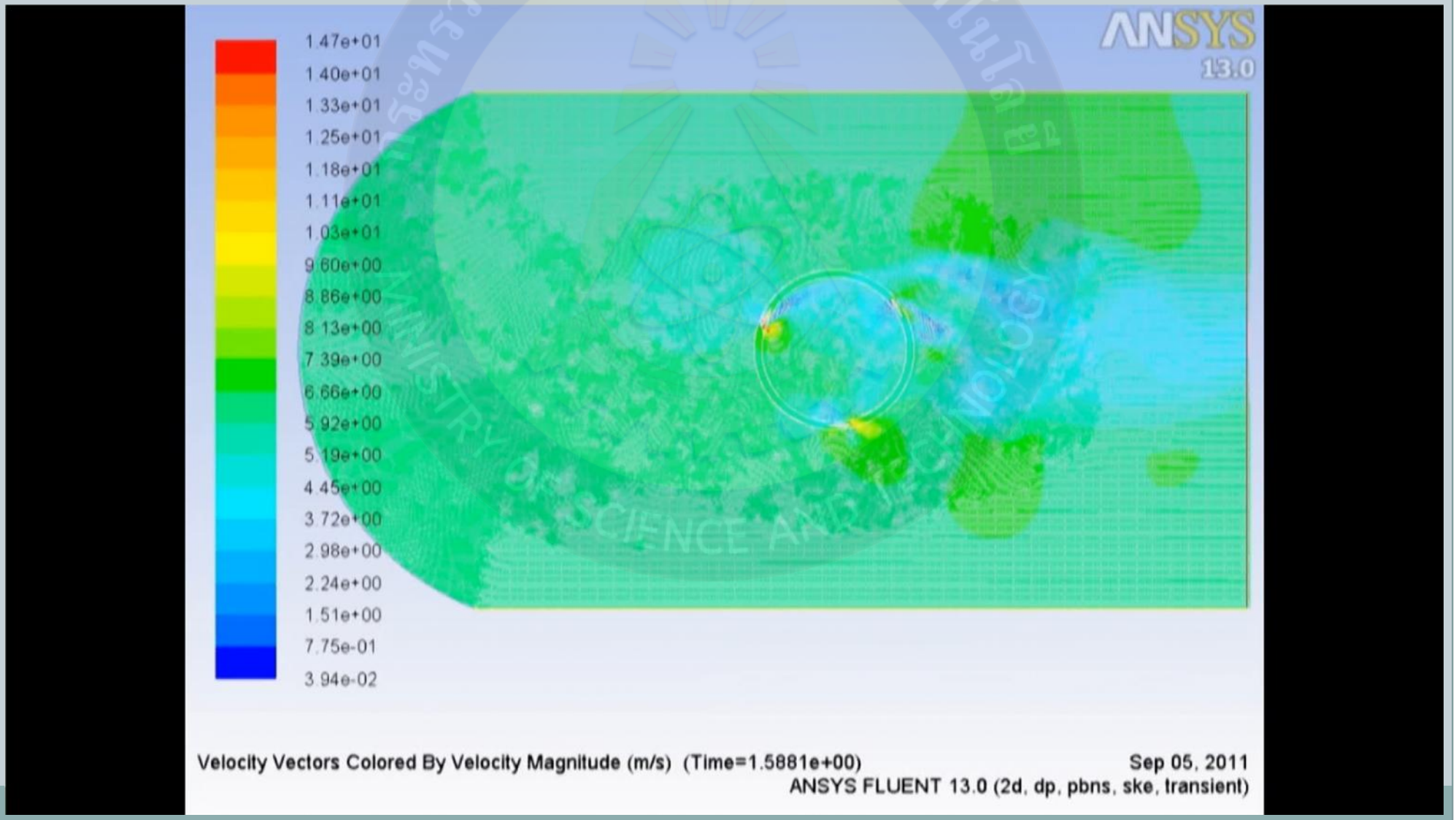
การ Mesh ในส่วนของ 3 มิติ



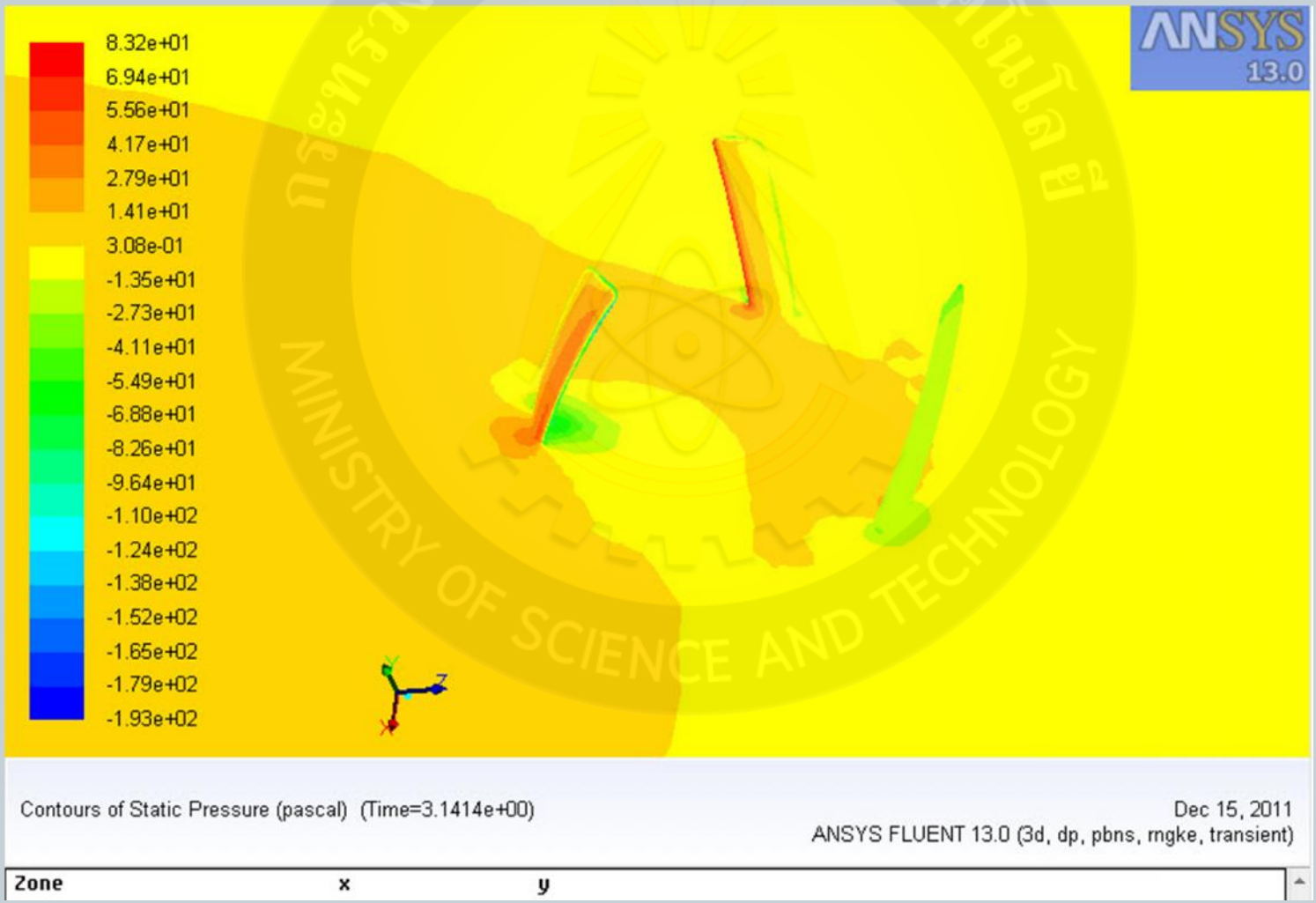
ค่าประสิทธิภาพ (Cp) ในช่วง TSR ต่างๆ



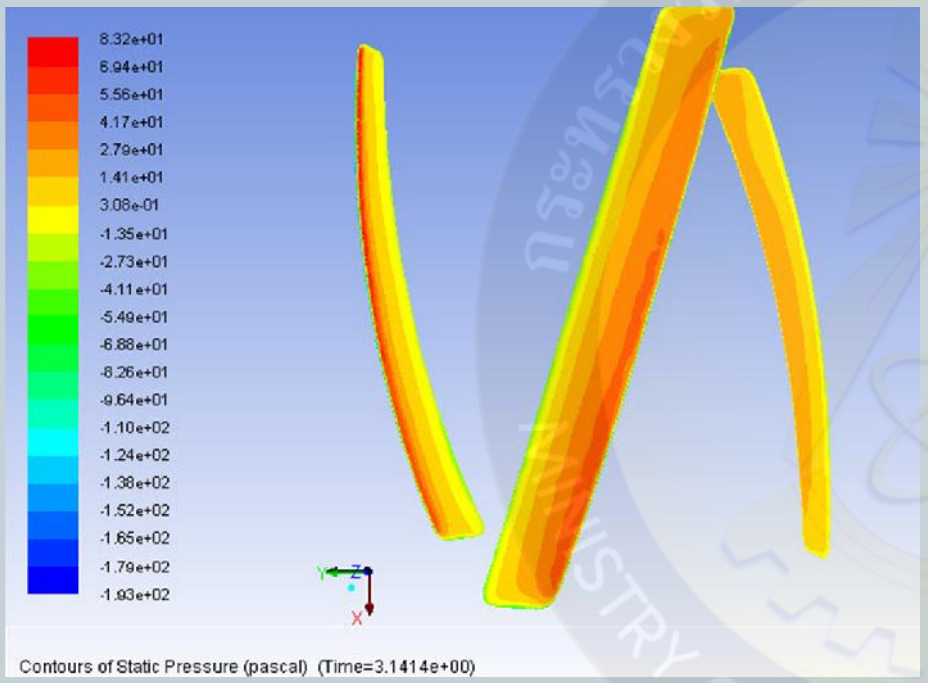
พบว่ากังหันลมนี้มีประสิทธิภาพ ≈ 0.15
และมีประสิทธิภาพสูงสุดที่ TSR 2 -2.5
ตั้งแต่ TSR มากกว่า 2.5 ไป ประสิทธิภาพของกังหันลมน้อยลง อิทธิพลจากการเกิด stall

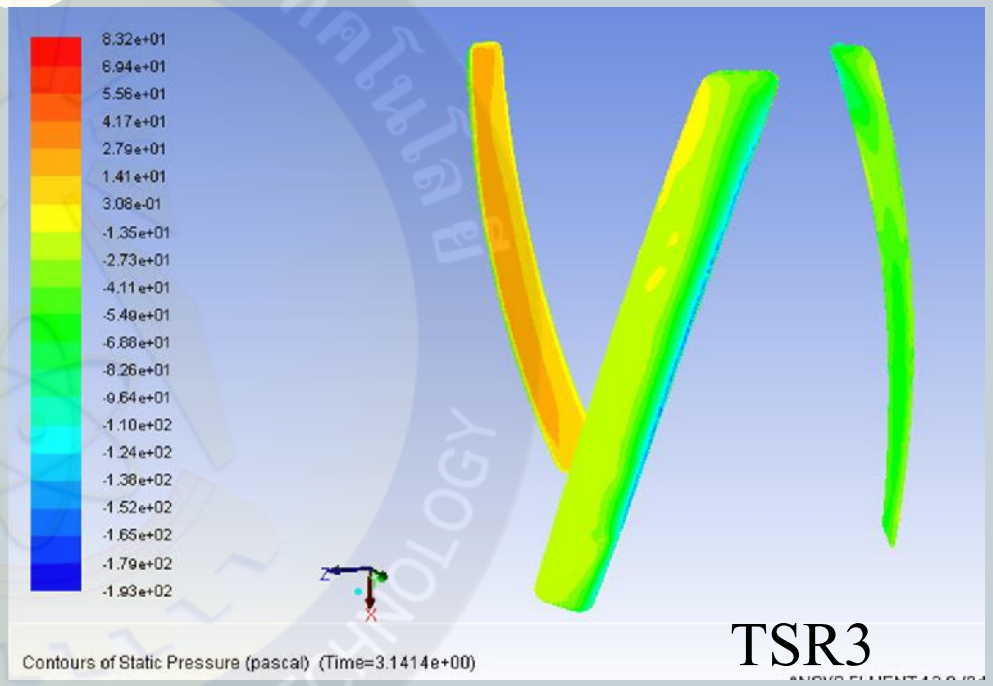

1.47e+01
1.40e+01
1.33e+01
1.25e+01
1.18e+01
1.11e+01
1.03e+01
9.60e+00
8.86e+00
8.13e+00
7.39e+00
6.66e+00
5.92e+00
5.19e+00
4.45e+00
3.72e+00
2.98e+00
2.24e+00
1.51e+00
7.75e-01
3.94e-02
ANSYS
13.0
Velocity Vectors Colored By Velocity Magnitude (m/s) (Time=1.5881e+00)
Sep 05, 2011
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, dp, pbns, ske, transient)

Contour แสดง pressure ที่เกิดขึ้นบนใบและภาคตัด



Contour แสดง pressure ที่เกิดขึ้นบนใบและภาคตัด





จากรูปแสดงให้เห็นว่า
การกระจายตัวของ Pressure ตลอดทั้งใบค่อนข้างสม่ำเสมอ
(ยกเว้นในส่วนของปลายใบ) มีลักษณะไม่ต่างกับผลการทดสอบของใบตรง
เป็นผลจากการเอียงใบ และบิดใบ ที่สอดคล้องกัน

กิตติกรรมประกาศ

- บริษัทไทยไดนามิค มาสเตอร์ จำกัด อำนวยความสะดวกตลอดโครงการและทำหน้า
ผลิต
- ขอขอบคุณ สถาบันไทย – เยอรมัน แหล่งที่มาของโครงการ และทุน
- ขอขอบคุณ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ช่วยเหลือ
เกี่ยวกับงานวิศวกรรมผันกลับ
- ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ที่อำนวยความสะดวกทางด้านต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการทำงานวิจัยในครั้งนี้

TGI Thai-German Institute สถาบันไทย-เยอรมัน

RDiPT KU Research and Development Institute of Industrial Production Technology Kasetsart University

Thank You for your attention