



# การศึกษาคุณลักษณะการไหลของแก๊สในดีฟฟิวเซอร์ของไบโพร แก๊สเทอร์ไบน์โดยใช้การวิเคราะห์การไหลของของไหลด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข

## A STUDY OF GAS FLOW CHARACTERISTIC ON MICRO GAS TURBINE DIFFUSER USING COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD)

สันติสุข ศรีภัก, จุฑารัตน์ ศุภจริณ, พิชัย อัญมมงคล

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงวิเคราะห์เปรียบเทียบดีฟฟิวเซอร์ 2 แบบประกอบร่วมกับไบพัดคอมเพรสเซอร์วีลแบบการไหลผ่านของอากาศตามแนวรัศมีโดยใช้การวิเคราะห์การไหลของของไหลด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข ในการวิเคราะห์ดีฟฟิวเซอร์ได้นำไบพัดคอมเพรสเซอร์วีลชนิดเซ็นตริฟูกอลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 142 มิลลิเมตร มาออกแบบประกอบร่วมกับโครงรอบดีฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครีบตรงและแบบแผ่นสามเหลี่ยม โดยใช้โปรแกรม Fluent วิเคราะห์ถึงลักษณะของการเคลื่อนที่ ความเร็ว ความดันและความปั่นป่วนของกระแสอากาศที่ไหลอยู่ภายในช่องทางของไบครีบ โดยใช้อากาศไหลเข้าโครงรอบผ่านไบพัดคอมเพรสเซอร์วีล ดีฟฟิวเซอร์ และไหลออกจากโครงรอบ โดยมีข้อกำหนดดีฟฟิวเซอร์ทั้ง 2 แบบมีมุมองศาออกที่ 21 องศา กำหนดความเร็วลมทางเข้าโครงรอบ 29 m/s, 45 m/s และ 51 m/s ตามลำดับ ผลการวิจัยพบว่า ค่าที่อ่านได้จากกราฟของดีฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครีบตรง ลดความเร็วอากาศและเพิ่มความดันอากาศ มีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบแผ่นสามเหลี่ยม โดยแบบแผ่นครีบตรงให้ค่าความดันสถิตทางเข้า  $-5.473 \text{ kN/m}^2$  ความเร็วทางเข้า 198.324 m/s และความดันสถิตทางออก  $3.382 \text{ kN/m}^2$  ความเร็วทางออก 128.71 m/s แบบแผ่นสามเหลี่ยมให้ค่าความดันสถิตทางเข้า  $-8.080 \text{ kN/m}^2$  ความเร็วทางเข้า 202.437 m/s และความดันสถิตทางออก  $1.924 \text{ kN/m}^2$  ความเร็วทางออก 146.542 m/s ที่ความเร็วอากาศทางเข้าโครงรอบ 51 m/s เท่ากัน ไบครีบแบบแผ่นครีบตรง สังเกตเห็นได้ว่ามีปรากฏการณ์ทิศทางการเคลื่อนที่ของอนุภาค มีทิศทางการกระจายตัวของขนาดความเร็วที่ทำให้เกิดการแยกชั้นการไหล (Separation) และเกิดความดันย้อนกลับคืน (Pressure Recovery Coefficient) ซึ่งส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานและค่าความดันสถิตยขณะเคลื่อนที่ไหลผ่านช่องไบครีบดีฟฟิวเซอร์มีค่าลดลง

**คำสำคัญ:** มุมองศา, ดีฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครีบตรง, ดีฟฟิวเซอร์แบบแผ่นสามเหลี่ยม, ไบพัดคอมเพรสเซอร์วีล, การวิเคราะห์การไหลของของไหลด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข

## Abstract

This research is the study of analytical comparison of diffuser type for a radial flow compressor wheel using Computational Fluid Dynamics. A 142 millimeters diameter centrifugal compressor wheel was used as a starting approach in design and creating of a diffuser. A plate fin diffuser and a triangular plate by using Fluent and analyst the velocity static pressure and turbulence of air flow in the fin plate. The air will flow in the frame through compressor wheel, diffuser and flow out of the frame cover with the requirement of both diffuser in 21 degree 51 m/s and the air in wind speed of 29 m/s , 45 m/s and 51 m/s respectively. The research found that the graph of a straight fin diffuser reduce the speed of air flow and increase the static pressure with has higher effect than triangular plate. The straight fin diffuser has static pressure at  $-5.473 \text{ kN/m}^2$  ,velocity inlet 198.324 m/s and outlet pressure of static pressure  $3.382 \text{ kN/m}^2$  velocity outlet at 128.71 m/s. The triangular plate gives pressure of static pressure at  $-8.080 \text{ kN/m}^2$  velocity inlet 202.437 m/s and outlet pressure of static pressure  $1.924 \text{ kN/m}^2$  velocity outlet 146.542 m/s at the speed of air flow in the frame cover is 51 m/s which in both plates. The particle of a plate fin with air flow is have separation and pressure recovery coefficient of the flow layer so the static pressure and efficiency will drop.

**Keywords:** : Divergence Angle, A Plate fin diffuser, A Triangular plate, Compressor wheel, Computation Fluid Dynamic (CFD)

## บทนำ

วิวัฒนาการของการบินมีประโยชน์อันหนึ่งสำหรับมวลมนุษยชาติ อาทิเช่นการเดินทางโดยอากาศยานที่สะดวกและรวดเร็วเครื่องบินที่ทันสมัยใช้ขับเคลื่อนอากาศยานที่ให้ความเร็วสูงมาก ซึ่งมีหลายชนิดหลายขนาดตามลักษณะอากาศยาน เครื่องยนต์ที่ทันสมัยขนาดเล็ก นอกจากขับเคลื่อนอากาศยานขนาดเล็กแล้วสามารถนำมาประยุกต์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าเนื่องจากมีข้อดี คือสามารถให้ความเร็วรอบและแรงม้าที่สูงมากและมีน้ำหนักที่เบา เครื่องยนต์ที่มีประสิทธิภาพต้องมีการเผาไหม้เป็นไปได้อย่างสมบูรณ์ ดิฟฟิวเซอร์เป็นส่วนที่สำคัญส่วนหนึ่งของเครื่องยนต์ที่ทันสมัยโดยติดตั้งอยู่ระหว่างใบพัดคอมเพรสเซอร์กับห้องเผาไหม้ ทำหน้าที่ลดความเร็วและเพิ่มความดันของของไหลในการเผาไหม้ การออกแบบใบครีบบางมีปัจจัยที่ทำให้เกิดความสูญเสียก็คือ การแยกชั้นการไหล (Separation) และการสูญเสียเนื่องจากความเสียดทาน (Friction Loss) ถ้าดิฟฟิวเซอร์มีค่ามุมองศาของใบครีบอก

ที่น้อย (Divergence Angle) ก็จะส่งผลทำให้ค่าการสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานมีผลต่อความดันสูญเสียมากกว่าการสูญเสียจากการแยกชั้นการไหลและดิฟฟิวเซอร์ที่มีมุมองศาของใบครีบอกที่มากจะส่งผลให้เกิดการแยกชั้นการไหลและมีผลต่อการเกิดความดันสูญเสียมากกว่าการสูญเสียเนื่องจากความเสียดทาน [1] Hideaki Tamaki, Ji Dai, Hiroshi Yamaguchi, และ Takeshi Aizawa. [2] ได้ศึกษาการปรับมุมใบครีบอกเพื่อลดผลกระทบที่มีต่อการทำงานโดยใช้วิธีการคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล (CFD Simulation) ซึ่งผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพใบครีบอกของดิฟฟิวเซอร์ไม่ได้ขึ้นอยู่กับความต่างของการปรับตั้งมุมใบครีบอกภายใต้เงื่อนไขที่สอดคล้องกับทิศทางการไหลเริ่มต้น และการตั้งค่ามุมซึ่งมีผลเพียงเล็กน้อยต่อการกระจายตัวของอากาศที่ได้มาจากการทดสอบผลและการปรับตั้งค่ามุมใบครีบอก 4 ถึง 5 องศา จะไม่มีผลต่อประสิทธิภาพใบครีบอกของดิฟฟิวเซอร์หรือประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดอากาศแบบแรงเหวี่ยงและข้อควรจำนั้นไม่ควรปรับ

ตั้งคำถามใบครีบบอาจมีผลต่ออัตราการไหล [3-4] ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะ [4] ศึกษาการออกแบบและวิเคราะห์เปรียบเทียบมุมมองสตาลู่ออกของใบครีบบดิวเซอร์เพื่อหลีกเลี่ยงปัจจัยทั้งสองที่จะทำให้เกิดการสูญเสียขึ้นของใบครีบบดิวเซอร์แบบแผ่นครีบบตรงและแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม โดยใช้ใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลชนิดเซ็นตริฟูกอลขนาด 142 มิลลิเมตร เป็นตัวประกอบร่วมในการออกแบบ โดยใช้การวิเคราะห์การไหลของของไหลด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข (CFD) มาวิเคราะห์เปรียบเทียบ ความเร็ว ความดันสถิตย์ และความปั่นป่วนของอากาศที่ไหลอยู่ในช่องใบครีบบเพื่อหาค่าที่เหมาะสมของมุมลู่ออกของดิวเซอร์ทั้ง 2 แบบ [5-6]

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

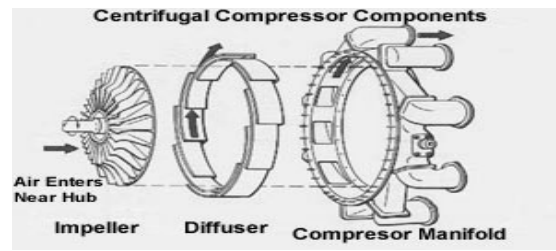
1. ศึกษาการเคลื่อนที่และความปั่นป่วนของกระแสอนุภาคอากาศที่อยู่ภายในช่องใบครีบบดิวเซอร์ดิวเซอร์แบบแผ่นครีบบตรง เปรียบเทียบดิวเซอร์แบบแผ่นสามเหลี่ยม เพื่อดูผลกระทบที่มีต่อการสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานและการแยกชั้นการไหลของของไหล
2. วิเคราะห์กระแสของอนุภาคการไหลจากการวิเคราะห์การไหลของของไหลด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข Computational Fluid Dynamics (CFD) เพื่อนำค่าที่ได้จากมุมลู่ออกที่เหมาะสมเป็นข้อมูลในการจัดสร้างดิวเซอร์ทั้ง 2 แบบ เพื่อให้เครื่องยนต์แก๊สเทอร์โบไนซ์ขนาดเล็กมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

### ทฤษฎีที่ใช้ในงานวิจัย

โดยมีเนื้อหาของทฤษฎีและหลักการงานที่เกี่ยวข้อง คือ

#### 1. หลักการทำงานของดิวเซอร์

ดิวเซอร์ ทำหน้าที่เป็นส่วนที่เพิ่มขยายปริมาตรภายในเพื่อลดความเร็วจากการเคลื่อนที่และเพิ่มค่าความดันของอากาศที่มาจากใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลเพื่อไหลไปยังส่วนของดิวเซอร์และเตรียมอากาศก่อนที่จะไหลต่อไปยังส่วนภายในห้องเผาไหม้ด้วยความเร็วของอากาศที่จะผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงที่ช่องทางออก



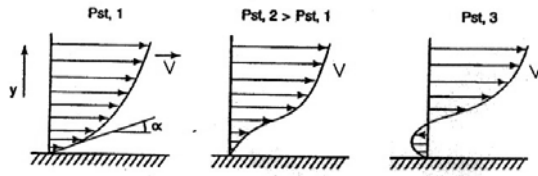
ภาพที่ 1 ลักษณะทิศทางการเคลื่อนที่ไหลผ่านชุดอุปกรณ์

ที่มา : Michael. J. Kroes and Thomas. W. Wild. (1994). Aircraft Power plants. P.288

หลักการทำงานคือ อุปกรณ์ส่วนที่จะทำงานร่วมกับใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลเมื่ออากาศไหลผ่านเข้าใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลจะถูกใบพัดเหวี่ยงอากาศให้เคลื่อนที่ไปยังส่วนปลายใบพัดจะเกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางขึ้นและตัวใบพัดจะหมุนให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงและเกิดการอัดตัวขึ้นเมื่อแก๊สไหลออกจากปลายใบพัดจะไหลเข้าสู่ส่วนใบครีบบดิวเซอร์โดยเปลี่ยนพลังงานจลน์ (Kinetic) จากความเร็วปลายใบพัดเป็นความดันสถิตย์ (Static Pressure) ที่สูงขึ้นและอากาศจะถูกอัดตัวแล้วส่งเข้าที่ร่วมอากาศเพื่อเข้าห้องเผาไหม้

#### 2. หลักการของของไหลผ่านใบครีบบดิวเซอร์

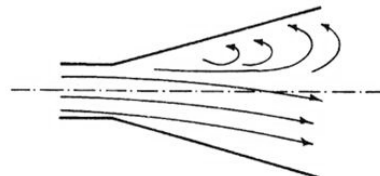
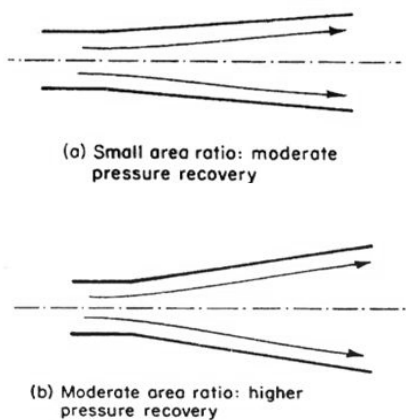
ลักษณะการไหลที่ใบครีบบดิวเซอร์ในทางอุดมคตินั้นเราย่อมอยากให้การไหลมีความราบเรียบโดยไม่มี ความดันสูญเสียเกิดขึ้นแต่ในความเป็นจริงการไหลในท่อเมื่อยิ่งไหลในระยะทางที่ไกลมากเพียงใดจะทำให้เกิดความดันสูญเสียมากยิ่งขึ้นโดยเป็นผลมาจากชั้นขีดผิว (Boundary Layer) ดังภาพที่ 2 เนื่องจากดิวเซอร์ทำหน้าที่ลดความเร็วและความดันจะเพิ่มขึ้นตามการเคลื่อนที่ตลอดแนวความยาวของใบครีบบดิวเซอร์เมื่อความดันเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ทฤษฎีของชั้นขีดผิวซึ่งจะชี้ให้เห็นถึงการกระจายตัวของความเร็วในชั้นขีดผิวดังภาพที่ 2 โดยความดันมีค่าเพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวาขณะที่ความดันมีค่าเพิ่มขึ้นมุม  $\alpha$  ของการกระจายตัวของความเร็วจะมีค่าเพิ่มขึ้นและทำให้ชั้นขีดผิวมีความหนาแน่นอากาศมากขึ้นและเกิดการไหลย้อนกลับซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เรียกว่าการแยกชั้นการไหล



**ภาพที่ 2** การกระจายตัวของความเร็วชั้นขีดผิวในบริเวณที่เกิดความดันย้อนกลับ

**ที่มา :** David Gordon Wilson and Theodosios Korakianitis. (1988). The design of high-efficiency turbomachinery and gas turbines. P.176.

พิจารณาใบครีบบที่มีความยาวคงที่แต่มีอัตราส่วนของพื้นที่ปรับค่าได้โดยการดิ่งผนังแต่ละด้านออกจากกัน (หรือดิ่งเข้าหากัน) ดังภาพที่ 3 เมื่อใบครีบดัดฟิวเซอร์มีอัตราส่วนพื้นที่หน้าตัดที่มีค่าน้อยๆ จะทำให้ชั้นขีดผิวยังคงติดอยู่กับผนังใบครีบและทำให้ค่า  $C_{pr}$  มีค่าปานกลาง (ภาพ 3a) ในกรณีการเกิดความดันสูญเสียส่วนใหญ่มาจากการสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานและกรณีที่เรเพิ่มค่าอัตราส่วนพื้นที่หน้าตัดมากขึ้นจนถึงค่าๆ หนึ่งที่ทำให้ขนาดของชั้นขีดผิวเพิ่มขึ้นแต่ก็ยังติดอยู่กับผนังใบครีบจึงไม่มีผลมากนักที่ทำให้ค่า  $C_{pr}$  ที่ได้แต่ก็ยังมีค่ามากกว่าเดิม (ภาพ 3b) สำหรับค่า  $C_{pr}$  นั้นจะมีค่าสูงสุดก็ต่อเมื่อชั้นขีดผิวใกล้จะเกิดการแยกชั้นการไหล ณ ผนังใบครีบดัดฟิวเซอร์ถึงอย่างไรก็ตามถ้าอัตราส่วนพื้นที่หน้าตัดมีค่าสูงมากๆ อาจก่อให้เกิดการแยกชั้นการไหลเป็นจำนวนมาก (ภาพ 3c)



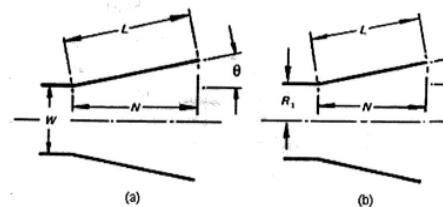
(c) Higher area ratio: no pressure recovery

**ภาพที่ 3** ปัจจัยความเสี่ยงการออกแบบดัดฟิวเซอร์  
**ที่มา:** David Gordon Wilson and Theodosios Korakianitis. (1998). The design of high efficiency turbomachinery and gas turbines. pp.176

**3. สมรรถนะการกระจายตัวของใบครีบ**

การกระจายตัวของใบครีบจะต้องสามารถทำให้อากาศมีความดันเพิ่มขึ้นตามที่ต้องการโดยมีความสูญเสียของความดันน้อยที่สุด และมีความเร็วทางออกในช่วงที่เหมาะสมซึ่งปริมาณที่แสดงถึงความสามารถของการกระจายตัวของใบครีบ คือ

3.3.1 อัตราส่วนพื้นที่หน้าตัด (Area Ratio, AR) ถือว่าเป็นค่าที่สำคัญมากค่าหนึ่งเพราะอัตรา ส่วนพื้นที่หน้าตัดจะแปรผันกับความเร็วทางออกของใบครีบ



**ภาพที่ 4** แสดงถึงระยะของใบครีบของดัดฟิวเซอร์  
**ที่มา:** Yang, Tah-teh and Nelson, C.D., (1979). Griffith diffusers. Journal of Fluids Engineering. Vol.101, 473-477

$$AR = \frac{W_2}{W_1}$$

$$= 1 + 2 \frac{L}{W_1} \sin\theta \dots (1)$$

เมื่อ W1 คือ ขนาดพื้นที่ทางเข้า  
 W2 คือ ขนาดพื้นที่ทางออก  
 N คือ ระยะความยาวของใบครีบ  
 $\theta$  คือ รัศมีมุมเอียงของใบครีบ  
 AR คือ อัตราส่วนพื้นที่หน้าตัด  
 L คือ ระยะความยาวของมุมเอียงภายในของผนังใบครีบ

เมื่อ  $V_1$  คือ ความเร็วด้านทางเข้าใบครีบ  
 $V_2$  คือ ความเร็วด้านทางออกใบครีบ

3.3.4 ประสิทธิภาพของการกระจายตัวของใบครีบ (Diffuser Effectiveness,  $\eta_{df}$  )

$$\eta_{df} = \frac{C_{pr}}{C_{pr,tl}} \dots\dots\dots (4)$$

3.3.2 ค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มของความดัน (Pressure Rise Coefficient, )

$$C_{Pr} = \frac{P_{st2} - P_{st1}}{\frac{1}{2}\rho_1^2}$$

$$= 1 - \frac{1}{AR^2} \dots\dots\dots (2)$$

เมื่อ  $P_{st,1}$  คือ ความดันสถิตย์ทางเข้าใบครีบ  
 $P_{st,2}$  คือ ความดันสถิตย์ทางออกใบครีบ

3.3.3 ค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มของความดันทางทฤษฎี ( $C_{pr,tl}$  ) หรือการทดสอบ

$$C_{Pr} = \frac{P_{st2} - P_{st1}}{\frac{1}{2}\rho_1^2}$$

$$\dots\dots\dots$$

$$= 1 - \frac{1}{AR^2} \dots\dots\dots (2)$$

เมื่อ  $P_{st,1}$  คือ ความดันสถิตย์ทางเข้าใบครีบ  
 $P_{st,2}$  คือ ความดันสถิตย์ทางออกใบครีบ

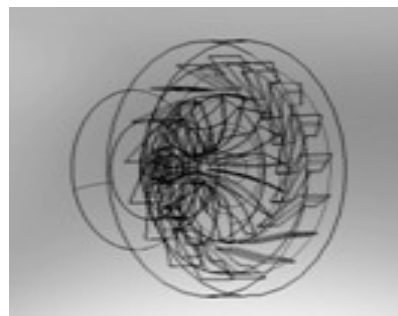
3.3.3 ค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มของความดันทางทฤษฎี ( $C_{pr,tl}$  ) หรือการทดสอบ

$$C_{pr,tl} = 1 - \left( \frac{V_2}{V_1} \right)^2 \dots\dots\dots (3)$$

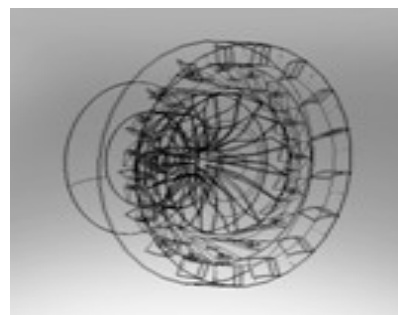
วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการวิจัยประกอบด้วย

1. สร้างชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครีบตรงและแบบแผ่นสามเหลี่ยมประกอบใบพัด คอมพิวเตอร์วีลและโครงครอบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Solid work 3D



(ก)



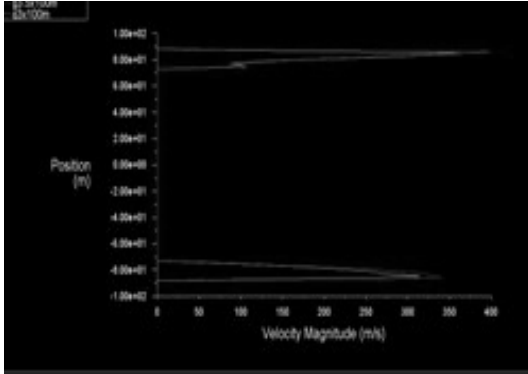
(ข)

ภาพที่ 5 (ก) ชุดจำลองแบบแผ่นครีบตรง (ข) ชุดจำลองแบบแผ่นสามเหลี่ยม

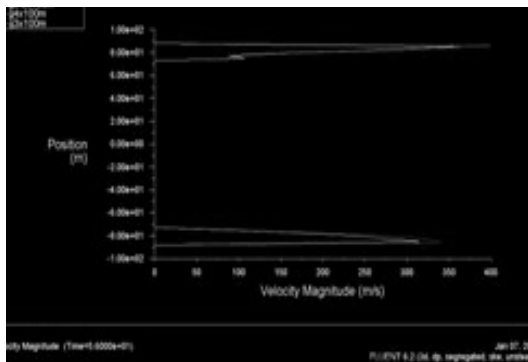
2. ป้อนข้อมูลชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์ 2 แบบ เข้าโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Gambit เพื่อกำหนดกริดชิ้นส่วนผนังชุดจำลองความเร็วทางเข้าและความดันทางออก

2.1 วิเคราะห์เปรียบเทียบหาขนาด

กริดที่เหมาะสม (Grid Size Independent) ใช้กริดปริมาตรสามเหลี่ยมโดยเลือกใช้ขนาดของกริด 3, 3.5 และ 4 มิลลิเมตร และเลือกใช้ชุดดิฟฟิวเซอร์ชนิดแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมใช้ขนาดกริด 3.5 มิลลิเมตร เป็นตัวหลักนำขนาดของกริดขนาดต่างๆ มาเปรียบเทียบตามภาพที่ 6 และภาพที่ 7



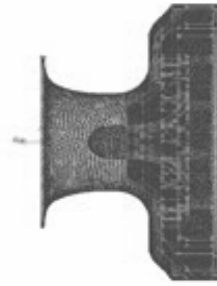
ภาพที่ 6 เปรียบเทียบความเร็วลมขนาดกริด 3 และ 3.5 มิลลิเมตร



ภาพที่ 7 เปรียบเทียบความเร็วลมขนาดกริด 3.5 และ 4 มิลลิเมตร

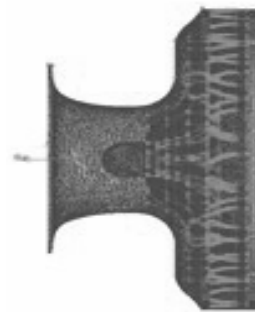
ผลการเปรียบเทียบความเร็วลมขนาดกริด 3.5 มิลลิเมตรให้ความเร็วลมสูงกว่าขนาดกริด 3 และ 4 มิลลิเมตร ซึ่งจะใช้สำหรับการตีกริดเพื่อการวิเคราะห์หาความเร็ว ความดัน และความปั่นป่วนกระแสลมชุดดิฟฟิวเซอร์ทั้ง 2 แบบ ลักษณะของกริดที่ใช้จะเป็นกริดปริมาตรสามเหลี่ยมซึ่งจะเข้าบริเวณที่เป็นส่วนโค้งได้ดี และจะมีผลต่อความถูกต้องในการคำนวณผลลัพธ์

2.2 กำหนดค่ากริดความเร็วทางเข้าและความดันทางออก ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบ



ภาพที่ 8 ชุดจำลองแบบแผ่นเรียบ

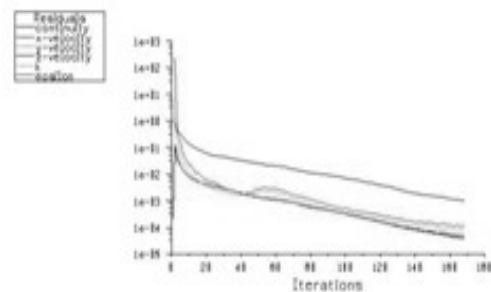
2.3 กำหนดค่ากริดความเร็วทางเข้าและความดันทางออกชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นสามเหลี่ยม



ภาพที่ 9 ชุดจำลองแบบแผ่นสามเหลี่ยม

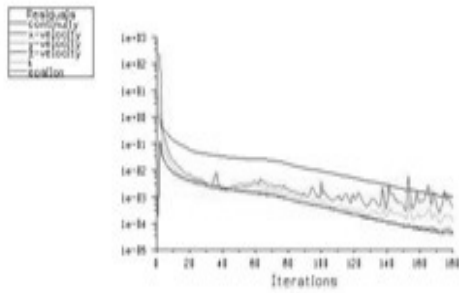
3. ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Fluent วิเคราะห์เปรียบเทียบชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบและแบบแผ่นสามเหลี่ยม ซึ่งการวิเคราะห์การไหลเป็นลักษณะการไหลแบบปั่นป่วน k-epsilon Model แบบ standard วิเคราะห์ชุดจำลองทั้ง 2 แบบ

3.1 วิเคราะห์ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบ



ภาพที่ 10 วิเคราะห์ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบ

### 3.2 วิเคราะห์จุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นสามเหลี่ยม



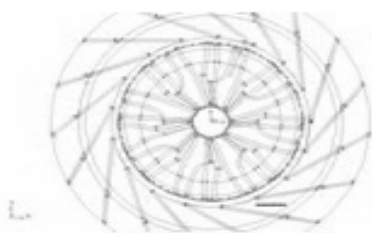
ภาพที่ 11 วิเคราะห์จุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นสามเหลี่ยม

#### ผลการวิจัย

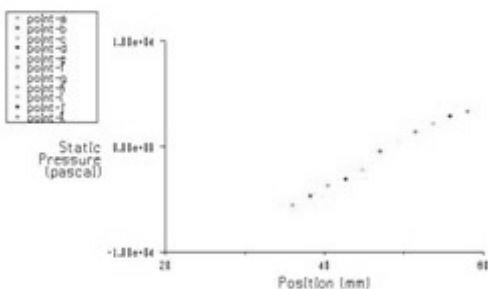
การเคลื่อนที่ของอนุภาคที่ไหลผ่านช่องใบครีบริดดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครีบริดตรงและแบบแผ่นสามเหลี่ยมกำหนดความเร็วทางเข้าโครงรอบ 29 m/s, 45 m/s และ 51 m/s ตามลำดับ

#### 1. ผลการศึกษาใบครีบริดแบบแผ่นครีบริดตรง

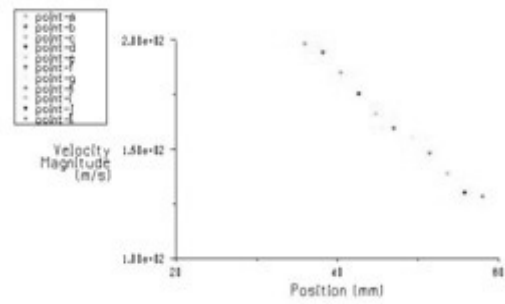
5.1.1 แบบแผ่นครีบริดตรงมุมที่ 21 องศาจากภาพที่ 12 จุดที่ทำกรวัดจากจุดอ้างอิงแกน z ระยะ -90 มม. แกน y ระยะ -75.85 มม. และแกน x 36, 38.2, 40.4, 42.6, 44.8, 47.0, 49.2, 51.4, 53.6, 55.8 และ 58 มม. ตามลำดับ ผลค่าวิเคราะห์ความดันและความเร็วดังภาพที่ 13 และภาพที่ 14



ภาพที่ 12 แสดงจุดวัดค่าความดันและความเร็ว

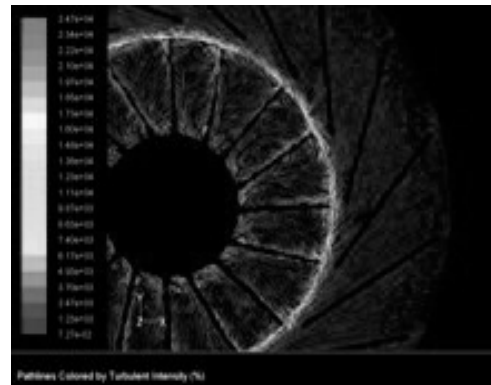


ภาพที่ 13 ความดันที่จุดวัดแบบแผ่นครีบริดมุม 21 องศา



ภาพที่ 14 ความดันที่จุดวัดแบบแผ่นครีบริดมุม 21 องศา

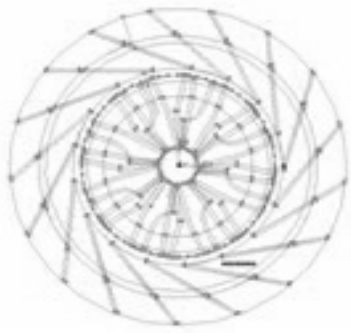
จากภาพที่ 13 และ 14 ที่ความเร็วเข้าโครงรอบที่ 51 m/s ความดันสถิตยจุดเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ -5.472 kN/m<sup>2</sup> มีค่าความเร็วเท่ากับ 198.324 m/s จากนั้นความดันสถิตยจะเพิ่มสูงขึ้นและความเร็วจะลดลงตามลำดับจนกระทั่งถึงจุดทางออกสุดท้าย มีค่าความดันสถิตยเท่ากับ 3.381 kN/m<sup>2</sup> มีค่าความเร็วลดลงเท่ากับ 128.71 m/s



ภาพที่ 15 เส้นการไหลแบบแผ่นครีบริดมุม 21 องศา

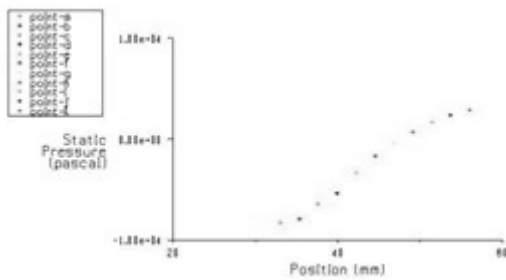
จากภาพที่ 15 พบว่ามีการแยกชั้นการไหลของอนุภาคก่อนเข้าทางเข้าใบครีบริดและมีการสูญเสียความดัน (Pressure Drop) ขณะเคลื่อนที่ภายในช่องใบครีบริดเนื่องจากการแยกชั้นการไหล

5.1.2 แบบแผ่นครีบริดตรงมุมที่ 18 องศาจากภาพที่ 16 จุดที่ทำกรวัดจากจุดอ้างอิง แกน z ระยะ -90 มม. แกน y ระยะ -77 มม. และแกน x 33, 35.3, 37.6, 39.9, 42.2, 44.5, 46.8, 49.1, 51.4, 53.7 และ 56 มม. ตามลำดับ ผลค่าวิเคราะห์ความดันและความเร็วดังภาพที่ 17 และภาพที่ 18

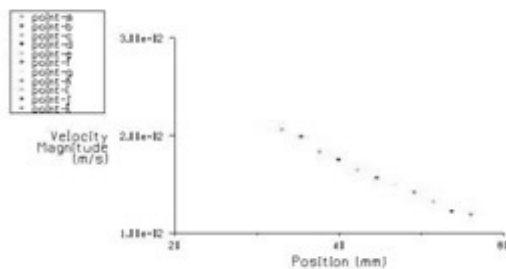


ภาพที่ 16 แสดงจุดวัดค่าความดันและความเร็ว

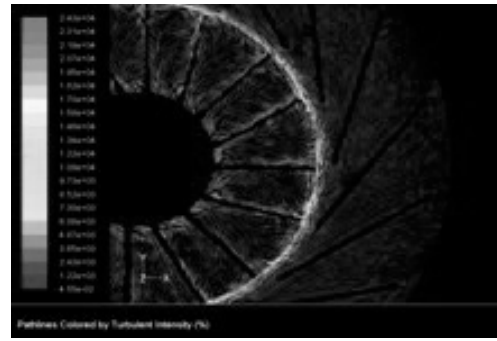
จากรูปที่ 17 และ 18 ที่ความเร็วเข้าโครงกรอบที่ 51 m/s ความดันสถิตยจุดเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ -8.205 kN/m<sup>2</sup> มีค่าความเร็วเท่ากับ 206.645 m/s จากนั้นความดันสถิตยจะเพิ่มสูงขึ้นและความเร็วจะลดลงตามลำดับจนกระทั่งถึงจุดทางออกสุดท้ายมีค่าความดันสถิตยเท่ากับ 2.905 kN/m<sup>2</sup> มีค่าความเร็วลดลงเท่ากับ 119.536 m/s



ภาพที่ 17 ความดันที่จุดวัดแบบแผ่นครีบบุม 18 องศา



ภาพที่ 18 ความเร็วที่จุดวัดแบบแผ่นครีบบุม 18 องศา



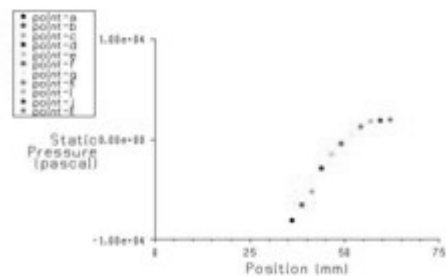
ภาพที่ 19 แสดงเส้นการไหลแบบแผ่นครีบบุม 18 องศา

จากภาพที่ 19 พบว่ามีการแยกชั้นการไหลของอนุภาคก่อนเข้าทางเข้าใบครีบบวมและการสูญเสียความดัน ( Pressure Drop) ขณะเคลื่อนที่ภายในช่องใบครีบบวมเนื่องจากการแยกชั้นการไหลแต่เกิดน้อยกว่า 21 องศา

2. ผลการศึกษาใบครีบบวมแบบสามเหลี่ยม

2.1 แบบแผ่นสามเหลี่ยมมุมที่ 21 องศา

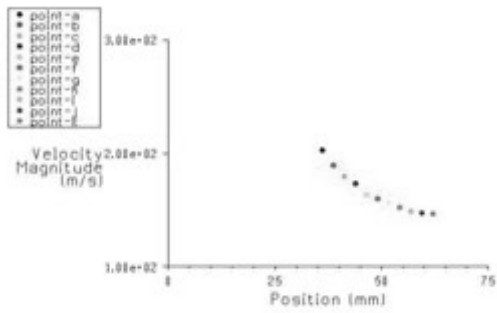
จากภาพที่ 20 จุดที่ทำกรวัดจากจุดอ้างอิงแกน z ระยะ -90 มม. แกน y ระยะ -74.5 มม. และแกน x 36, 38.6, 41.2, 43.8, 46.4, 49, 51.6, 54.2, 56.8, 59.4 และ 62 มม. ตามลำดับ ผลค่าวิเคราะห์ความดันและความเร็วดังภาพที่ 21 และภาพที่ 22



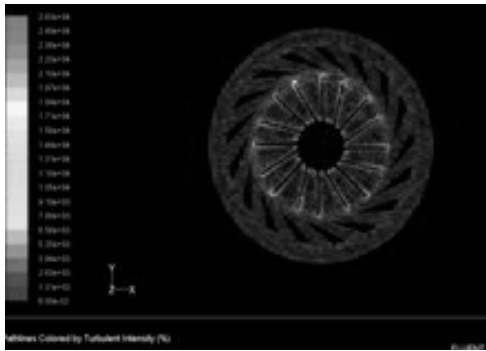
ภาพที่ 21 ความดันที่จุดวัดแบบสามเหลี่ยมมุม 21 องศา

จากภาพที่ 21 และ 22 ที่ความเร็วเข้าโครงกรอบที่ 51 m/s ความดันสถิตยจุดเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ -8.080 kN/m<sup>2</sup> มีค่าความเร็วเท่ากับ 202.437 m/s จากนั้นความดันสถิตยจะเพิ่มสูงขึ้นและความเร็วจะลดลงตามลำดับจนกระทั่งถึงจุดทางออกสุดท้าย มีค่าความดันสถิตยเท่ากับ 1.924 kN/m<sup>2</sup> มีค่าความเร็วลดลงเท่ากับ 146.524 m/s





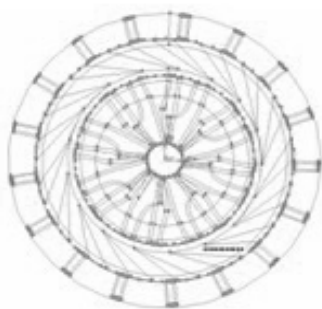
ภาพที่ 22 ความเร็วที่จุดวัดแบบสามเหลี่ยมมุม 21 องศา



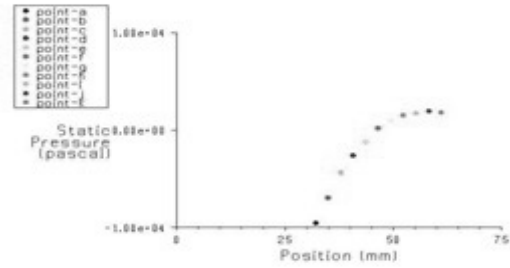
ภาพที่ 23 แสดงเส้นการไหลแบบแผ่นสามเหลี่ยมมุม 21 องศา

จากภาพ 23 พบว่าไม่มีการแยกชั้นการไหลของอนุภาคมีการสูญเสียความดัน (Pressure Drop) ขณะเคลื่อนที่ภายในช่องใบคريبจากความเสียดทาน

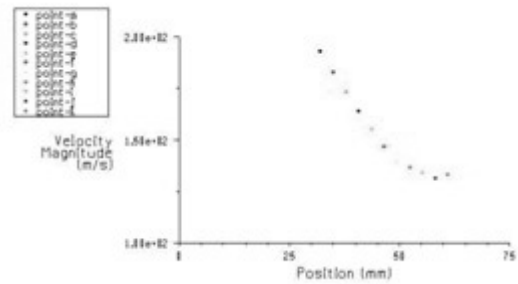
2.2 แบบแผ่นสามเหลี่ยมมุมที่ 18 องศาจากรูปที่ 24 จุดที่ทำการวัดจากจุดอ้างอิงแกน z ระยะ -90 มม. แกน y ระยะ -75.4 มม. และแกน x 32, 34.9, 37.8, 40.7, 43.6, 6.5, 49.4, 52.3, 5.2, 58.1 และ 61 มม. ตามลำดับผลค่าวิเคราะห์ความดันและความเร็วดังภาพที่ 25 และภาพที่ 26



ภาพที่ 24 แสดงจุดวัดค่าความดันและความเร็ว

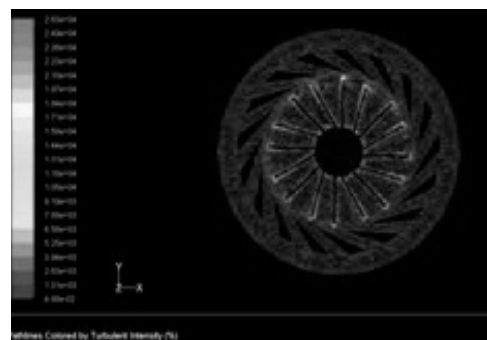


ภาพที่ 25 ความดันที่จุดวัดแบบสามเหลี่ยมมุม 18 องศา



ภาพที่ 26 ความเร็วที่จุดวัดแบบสามเหลี่ยมมุม 18 องศา

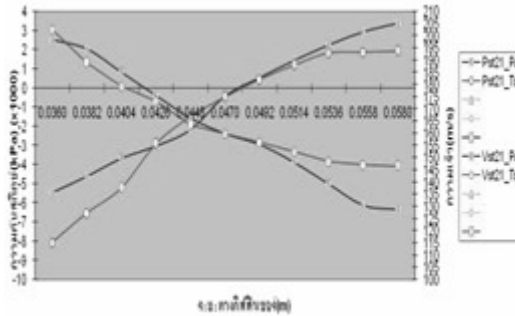
จากภาพที่ 25 และ 26 ที่ความเร็วเข้าโครงการรอบที่ 51 m/s ความดันสถิตยจุดเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ -9.570 kN/m<sup>2</sup> มีค่าความเร็วเท่ากับ 193.166 m/s จากนั้นความดันสถิตยจะเพิ่มสูงขึ้นและความเร็วจะลดลงตามลำดับจนกระทั่งถึงจุดทางออกสุดท้ายมีค่าความดันสถิตยเท่ากับ 1.818 kN/m<sup>2</sup> (น้อยกว่าจุดถัดมา) มีค่าความเร็วลดลงเท่ากับ 133.268 m/s (มากกว่าจุดถัดมา)



ภาพที่ 27 แสดงเส้นการไหลแบบแผ่นสามเหลี่ยมมุมที่ 18 องศา

จากภาพที่ 27 พบว่าไม่มีการแยกชั้นการไหลของอนุภาคมีการสูญเสียความดัน (Pressure Drop) ขณะเคลื่อนที่ภายในช่องใบครีบจากความเสียดทาน

3. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบใบครีบแบบแผ่นครีบตรงและแบบแผ่นสามเหลี่ยมมุมที่ 21 องศา



ภาพที่ 28 กราฟเปรียบเทียบความดันและความเร็วดิวซีเซอร์แบบแผ่นครีบตรงและแบบสามเหลี่ยม

จากกราฟภาพที่ 28 พบว่า ความดันทางเข้าและทางออกแบบแผ่นครีบตรงสูงกว่าแบบแผ่นสามเหลี่ยมและความเร็วทางเข้าและทางออกแบบแผ่นครีบตรงจะต่ำกว่าแบบแผ่นสามเหลี่ยม [7]

**สรุปและอภิปรายผล**

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงวิเคราะห์เปรียบเทียบดิวซีเซอร์ 2 แบบประกอบด้วยใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลแบบการไหลผ่านของอากาศตามแนวรัศมีโดยใช้การวิเคราะห์การไหลของของไหลด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข ในการวิเคราะห์ดิวซีเซอร์ได้นำใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลชนิดเซ็นตริฟูกอลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 142 มิลลิเมตร มาออกแบบประกอบร่วมกับโครงกรอบดิวซีเซอร์แบบแผ่นครีบตรงและแบบแผ่นสามเหลี่ยม โดยใช้โปรแกรม Fluent วิเคราะห์ถึงลักษณะของการเคลื่อนที่ ความเร็ว ความดันและความปั่นป่วนของกระแสอากาศที่ไหลอยู่ภายในช่องทางของใบครีบ โดยใช้อากาศไหลเข้าโครงกรอบผ่านใบพัดคอมเพรสเซอร์วีล ดิวซีเซอร์ และไหลออกจากโครงกรอบโดยมีข้อกำหนดดิวซี

เซอร์ทั้ง 2 แบบมีมุมมองสาละอู้ออกที่ 21 องศา กำหนดความเร็วลมทางเข้าโครงกรอบ 29 m/s, 45 m/s และ 51 m/s ตามลำดับผลการวิจัยพบว่า [7] ค่าที่อ่านได้จากกราฟของดิวซีเซอร์แบบแผ่นครีบตรงลดความเร็วอากาศและเพิ่มความดันอากาศมีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบแผ่นสามเหลี่ยม [8] โดยแบบแผ่นครีบตรงให้ค่าความดันสถิตย์ทางเข้า -5.473 kN/m<sup>2</sup> ความเร็วทางเข้า 198.324 m/s และความดันสถิตย์ทางออก 3.382 kN/m<sup>2</sup> ความเร็วทางออก 128.71 m/s [9] แบบแผ่นสามเหลี่ยมให้ค่าความดันสถิตย์ทางเข้า -8.080 kN/m<sup>2</sup> ความเร็วทางเข้า 202.437 m/s และความดันสถิตย์ทางออก 1.924 kN/m<sup>2</sup> ความเร็วทางออก 146.542 m/s ที่ความเร็วอากาศทางเข้าโครงกรอบ 51 m/s เท่ากันใบครีบแบบแผ่นครีบตรงสังเกตเห็นได้ว่า มีปรากฏการณ์ทิศทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคมีทิศทางการกระจายตัวของขนาดความเร็วที่ทำให้เกิดการแยกชั้นการไหล (Separation) และเกิดความดันย้อนกลับคืน (Pressure Recovery Coefficient) ซึ่งส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานและค่าความดันสถิตย์ขณะเคลื่อนที่ไหลผ่านช่องใบครีบดิวซีเซอร์มีค่าลดลง

**กิตติกรรมประกาศ**

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ประสบความสำเร็จเป็นอย่างดีเนื่องจากได้รับความร่วมมือการสนับสนุนและความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายๆ ท่านที่ช่วยให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางต่างๆ ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผศ.ดร. จุฑารัตน์ คุรุเจริญ และ ผศ.ดร.พิชัย อัญมณกุล เป็นอย่างสูงซึ่งท่านกรุณาให้คำแนะนำและข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าถึงแนวทางการดำเนินการวิจัยตลอดจนถึงการตรวจทานแก้ไขซึ่งทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอขอบคุณคุณวิชัยสินจักร์ที่ให้ความช่วยเหลือทุกเรื่อง ตลอดรวมถึง ผศ.ชัยณรงค์ อินประสิทธิ์ จำสับเอก.จำนงค์ ผายสระน้อย และเพื่อนนิสิตของโครงการความร่วมมือระหว่าง มศว-จปร. และบุคคลอื่นๆ อีกหลายท่านที่ได้มีส่วนช่วยเหลือในครั้งนี้เป็นอย่างสูง โดยสุดท้ายนี้หาก

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นประโยชน์ต่อผู้ที่ศึกษาค้นคว้าและวิจัยในด้านนี้หรือด้านอื่นๆ ผู้วิจัยขอยกคุณงามความดีให้ท่านบุคคลทั้งหลายที่ได้กล่าวมาและคอยให้คำแนะนำปรึกษามาข้างต้น

### เอกสารอ้างอิง

- [1] David, G.W., and Theodosios, K. (1998). *The Design of High-efficiency Turbo Machinery and Gas Turbines*. 2nd.Ed. United States of America.
- [2] Hideaki, T., Ji, D., Hiroshi, Y. and Takeshi, A. (2004). Study on Vaned Diffuser Performance Analysis of Effect of Vaned Setting Angle on Vaned Diffuser Performance. *Journal of Turbomachinery*, 9, 48-56.
- [3] Michael, J.K. and Thomas, W.W. (1994). *Aircraft Power plants*, United Kingdom.
- [4] Thomas, K. (1995). *Model Jet Engines*. Traplet Publications Limited, United Kingdom.
- [5] Ali, P. (2008). Experimental Hot wire Measurements in a Centrifugal Compressor with Vaned Diffuser. [online] available : [www.elsevier.com/locate/ijhff](http://www.elsevier.com/locate/ijhff). 2008.
- [6] Mark, P.W. (2000). Application of Digital Particle Imaging Velocimetry (DPIV) to Study both Steady State and Transient Turbo machinery flows. *Journal Optics & Laser Technology*, 32, 497-525.
- [7] Ernesto, B., and Stefano, G. (2007). Design, Manufacturing and Operation of a Small Turbojet Engine for Research Purposes. *Applied Energy*, 84, 1102-1116.
- [8] Yang, T.T. and Nelson, C.D. (1979). Griffith diffusers. *Journal of Fluids Engineering*, 101, 473-477.
- [9] Ling, J., Wong, K.C. and Armfield, S. (2007). Numerical investigation of a small gas turbine compressor. 16th Australasian Fluid Mechanics Conference, Crown Plaza, Gold Coast, Australia, 2-7 December 2007, pp.961-966.