

การวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณของระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์จากพลังงานความร้อนใต้พิภพ  
ของกิจการน้ำพุร้อนสันกำแพง อำเภอแม่อน ตามพระราชดำริ

Computational Fluid Dynamics of Centralized Drying Room from Geothermal Energy  
of Sankamphaeng Hot Spring, Mea-On District, Under the Royal Initiative of His Majesty the King

สุธรรม ชาวจิ้ว<sup>1</sup> นัฐพร ไชยญาติ<sup>1\*</sup> ชวโรจน์ ใจสิน<sup>1</sup> และ จักรพันธ์ ธารรงามยิ่งสกุล<sup>2</sup>

Sutham Chao-ngew<sup>1</sup>, Nattaporn Chaiyat<sup>1\*</sup>, Chawaroj Jaisin<sup>1</sup> and Chakkraphan Thawongamyingsakul<sup>2</sup>

<sup>1</sup>วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

<sup>2</sup>คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

<sup>1</sup>School of Renewable Energy, Maejo University

<sup>2</sup>Faculty of engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Tak

\*Corresponding author: benz178tii@hotmail.com

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาระบายความร้อนภายในระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ ด้วยการจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ โดยใช้โปรแกรม Solidworks (Flow simulation) และออกแบบระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ที่มีขนาดกว้าง 3.60 m ยาว 6.00 m และสูง 3.00 m เพื่อพิจารณาความเร็วลม อุณหภูมิภายในระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ และขนาดพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนที่เหมาะสม ในการจ่ายลมร้อนให้แก่ระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ ซึ่งพิจารณาพัดลม 7 ขนาด อันประกอบไปด้วย 16 20 24 32 36 38 และ 40 inch ผลการศึกษาพบว่า พัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 inch ที่มีปริมาตรลม 155 cmm และความเร็วลมโดยเฉลี่ยภายในห้องอบ 1.86 m/s มีความเหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากมีการกระจายลมร้อนอย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอ ณ บริเวณพื้นที่อบแห้ง โดยมีอุณหภูมิลมร้อนภายในระบบประมาณ 70°C และอุณหภูมิผิวภายนอกประมาณ 40 °C

**คำสำคัญ:** ระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ น้ำพุร้อน พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ

### Abstract

This research studies hot air distribution in a centralized drying room by using computational fluid dynamics (CFD) of Solidworks (Flow simulation). The centralized drying room at sizing 3.60 m x 6.00 m x 3.00 m is designed for evaluating the wind speed, hot air temperature in drying room and the optimal axial fan sizing for ventilating hot air in the centralized drying room, which consists of 7 fan diameters as 16, 20, 24, 32, 36, 38 and 40 inch. From the study results, the 20 inch of fan diameter at air volume 155 cmm and average wind speed 1.86 m/s was the optimal sizing, because this axial fan size shown the best ventilating in the overall drying area by having hot air temperature in drying room temperatures around 70 °C and the outside surface drying room temperatures around 40 °C.

**Keywords:** Centralized drying room, Hot spring, Computational fluid dynamics

## บทนำ

พลังงานความร้อนใต้พิภพเป็นแหล่งพลังงานตามธรรมชาติชนิดหนึ่ง ที่สามารถพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น การนำพลังงานดังกล่าวในรูปแบบของน้ำพุร้อนมาใช้งานร่วมกับระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ แต่เนื่องจากแหล่งน้ำพุร้อนในแต่ละพื้นที่มีศักยภาพต่างกัน ทำให้ระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์มีขนาดและอุปกรณ์ภายในระบบที่ไม่แน่นอน ตามศักยภาพของน้ำพุร้อนและผลิตภัณฑ์ที่ใช้ออบแห้ง การนำโปรแกรมจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณมาใช้ในการออกแบบ จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจอีกทั้งยังสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ (นัฐพร, 2559) ดังเช่น งานวิจัยของ สายธาร (2560) ได้ทำการวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณเพื่อหาแบบแปลนที่เหมาะสมของห้องอบแห้งทั้งหมด 6 ขนาด โดยใช้ความร้อนทิ้งหรือไอเสียมาใช้เป็นแหล่งความร้อนสำหรับอบแห้งเซรามิค จากการศึกษาพบว่า ห้องอบแห้งรูปแบบที่ 1 มีการกระจายตัวของลมอย่างทั่วถึงและมีปริมาณลมสูงสุดที่ 21.79 m/s Pintana et al. (2017) ได้ออกแบบและปรับปรุงการกระจายตัวของอากาศภายในห้องอบแห้งข้าวแต๋นที่มีการใช้ชีวมวลเป็นแหล่งความร้อน จากผลการวิเคราะห์และนำไปทำการทดสอบพบว่า ความชื้นของข้าวแต๋นลดลงประมาณ 10% สามารถลดต้นทุนในกระบวนการอบแห้งได้ Misha et al. (2013) ได้ทำการทำนายความสม่ำเสมอของอากาศของการอบแห้งในเครื่องอบกระดาษแบบลาดทั้งหมด 21 ถาด ผลการศึกษาพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความเร็วลมสูง คือ ผลิตภัณฑ์ในถาดที่ 1 7 8 และ 15 โดยมีความเร็วลมเฉลี่ยบริเวณถาดประมาณ 0.38 m/s Onimisi et al. (2016) ได้เพิ่มประสิทธิภาพให้กับเครื่องอบแห้งอาหารเนกประสงค์ โดยสร้างแบบจำลองของเครื่องอบแห้งซึ่งไม่มีการติดตั้งถาดภายในห้องอบ และมีเครื่องเป่าอากาศขนาดกว้าง 1.0 m ยาว 1.2m และสูง 0.6 m ผลการศึกษาพบว่า จากการป้อนอากาศที่มีอุณหภูมิ 40 50 และ 60°C ที่ความเร็วลม 26 m/s ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิโดยเฉลี่ยของระบบเท่ากับ 33.24 42.84 และ 52.79°C. ตามลำดับ โดยความเร็วลมเฉลี่ยภายในระบบมีค่าเฉลี่ย 1.97 m/s ความเร็วลมบริเวณทางออกของระบบ 48.744 m/s และมีความดันในระบบสูงสุด 653.32 Pa. ชุลกิพลี และคณะ (2555) ศึกษาการกระจายตัวของกระแสอากาศร้อนของโรงอบยางพารา โดยใช้แหล่งความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์และชีวมวล ซึ่งมีการกำหนดความเร็วลมบริเวณทางเข้าที่ 4.96 m/s และทางออก 0.26 m/s และเปรียบเทียบอุณหภูมิและความเร็วในช่วงเวลากลางวันและกลางคืนจำนวน 18 จุด ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิของผลการทดสอบจริงและแบบจำลองมีความแตกต่างระหว่าง 0.03-1.51°C และ 0.05-4.451 ตามลำดับ Yohana et al (2018) ได้วิเคราะห์ความเร็วลมที่เหมาะสมที่สุดภายในห้องอบแห้งชาเขียว จากเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไชน์เบด โดยมีเงื่อนไขเริ่มต้น คือ อุณหภูมิบริเวณทางเข้า 130°C ความเร็วลมบริเวณทางเข้า 2.6 m/s ความดัน 2.5506 bar ผลการศึกษาพบว่า ความเร็วของไหลที่เหมาะสมมีค่าเฉลี่ย 1.81 m/s

จากงานวิจัยที่กล่าวมาในข้างต้นยังไม่มีงานวิจัยใดทำการวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณของระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์จากพลังงานความร้อนใต้พิภพของกิจการน้ำพุร้อนสันกำแพง อำเภอแม่เอน ตามพระราชดำริ ดังนั้นจึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ที่ต้องการศึกษาการกระจายลมร้อนของพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนภายในระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์

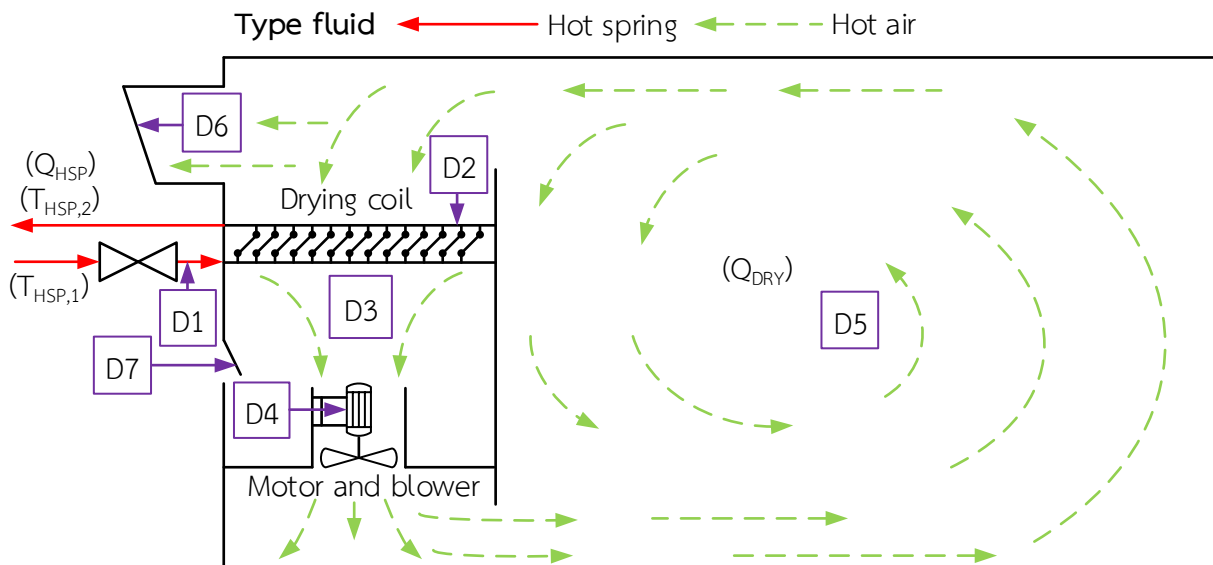
## ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 1. ระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์

ระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ดังแสดงในรูปที่ 1 มีหลักการ คือ น้ำพุร้อน ( $T_{HSP,1}$ ) ในจุดที่ D1 จะถูกส่งไปยังอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Drying coil) จุดที่ D2 และไหลออก ( $T_{HSP,2}$ ) จากนั้นพัดลมจุดที่ D3 จะดูดลมร้อนผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ส่งผลให้อุณหภูมิบริเวณจุดที่ D4 สูงขึ้น และเป่าลมร้อนไปยังจุดที่ D5 สำหรับใช้ในการอบแห้ง นอกจากนี้ในกระบวนการอบแห้งจะเกิดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูง จึงมีปล่องสำหรับระบายอากาศใน

จุด D6 และมีปล่องอากาศเข้าเพื่อนำความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำภายนอกเข้ามาแทนที่ในจุดที่ D7 [นัฐพร, 2560] สามารถคำนวณหาประสิทธิภาพของระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\eta_{\text{DRY}} = \frac{Q_{\text{DRY}}}{Q_{\text{HSP}} + W_{\text{Mb}}} \quad (1)$$



รูปที่ 1 ระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์

## 2. สมการควบคุมและการจำลองแบบการไหลแบบปั่นป่วน

การจำลองแบบการกระจายอุณหภูมิ สามารถคำนวณได้จากสมการอนุรักษ์มวล สมการอนุรักษ์โมเมนตัมและการอนุรักษ์พลังงาน (ซุทธิพลี และคณะ, 2555) ดังแสดงสมการต่อไปนี้

- สมการต่อเนื่อง

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho u_i) = 0 \quad (2)$$

- สมการโมเมนตัม

$$\frac{\partial (\rho \bar{u}_i)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho \bar{u}_j \bar{u}_i) = -\frac{\partial \bar{P}}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_i} \left[ \mu \left( \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) - \rho u'_j u'_i \right] - \rho g_i \beta (\bar{T} - \bar{T}_{\text{ref}}) \quad (3)$$

- สมการพลังงาน

$$\frac{\partial (\rho \bar{T})}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho \bar{u}_j \bar{T}) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[ \frac{\mu}{Pr} \frac{\partial \bar{T}}{\partial x_i} - \rho u'_j T' \right] \quad (4)$$

### วิธีการศึกษา

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณของระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์จากพลังงานความร้อนใต้พิภพของกิจการน้ำพุร้อนสันกำแพงฯ โดยใช้โปรแกรม Solidworks (Flow Simulation) ซึ่งมีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนดังแสดงต่อไปนี้

1. ออกแบบและสร้างแบบจำลองของระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ รายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์

ข้อมูล	รายละเอียด
ห้องระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ขนาดกว้าง 3.60 m ยาว 6.00 m และสูง 3.00 m</li> <li>▪ ผนังห้องใช้แผ่นฉนวนกันความร้อนสำเร็จรูป (Isowall) หนา 3 in</li> <li>▪ ฐานระบบทำจากคอนกรีตผสมเสร็จเคลือบด้วยโพลียูรีเทน (Polyurethane)</li> </ul>
อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ขนาดกว้าง 0.90 m ยาว 1.20 m และสูง 0.20 m</li> <li>▪ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อและครีป (Fin tube heat exchanger)</li> </ul>
พัดลม	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ พัดลมแบบหมุนตามแนวแกน</li> </ul>
ผนังแจกลม	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ขนาดกว้าง 0.955 m ยาว 3.450 m และสูง 2.500 m</li> <li>▪ โครงสร้างผนังแจกลมใช้เหล็กกล่องสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 5.00 cm หนา 0.23 cm และเหล็กกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 2.50 x 5.00 cm หนา 0.15 cm</li> <li>▪ ผนังแจกลมใช้แผ่นสังกะสีหนา 0.10 cm</li> </ul>

2. วิเคราะห์ความเร็วลมจากพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนที่เหมาะสมของระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ โดยเงื่อนไขที่ใช้ในการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เงื่อนไขเริ่มต้นที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเร็วลม

พัดลมแบบหมุนตามแนวแกน				
ขนาด (in)	มอเตอร์ (kW)	ความเร็วรอบ (rpm)	ปริมาณลม (cmm)	ความดัน (bar)
16	0.25	1,450	63.67	0.00090
20	1.50	1,450	155.00	0.00225
24	2.20	1,450	250.00	0.00260
28	3.00	1,450	341.67	0.00275
32	5.50	1,450	508.33	0.00359
36	4.00	960	585.00	0.00263
40	7.50	960	803.33	0.00324

3. วิเคราะห์ความเร็วลมจากพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนที่เหมาะสมของระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ กรณีติดตั้งชั้นตะแกรง 1 และ 2 ชั้น มีขนาดกว้าง 1.3 m ยาว 2.0 m สูง 1.0 m และ 1.60 m

4. พิจารณาอุณหภูมิและการสูญเสียความร้อนของระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ โดยมีเงื่อนไขที่ใช้พิจารณาตั้งแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เงื่อนไขเริ่มต้นที่ใช้พิจารณาอุณหภูมิและการสูญเสียความร้อนของระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์

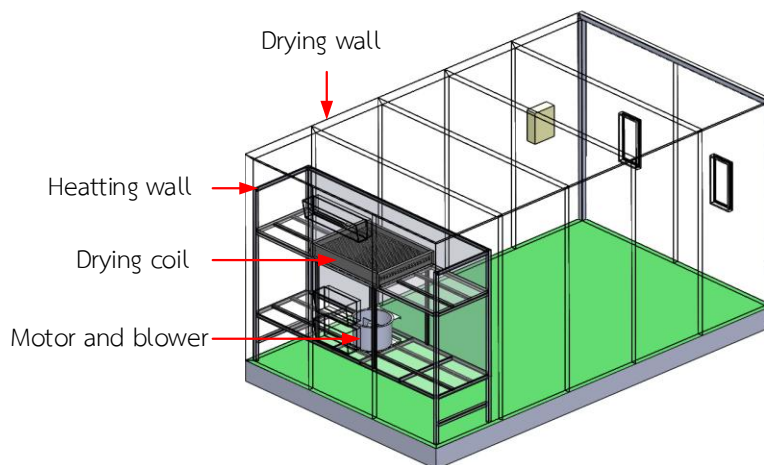
ข้อมูล	ค่าที่ป้อน	หน่วย
อุณหภูมิภายในห้องอบแห้งแบบรวมศูนย์	70	°C
อุณหภูมิแวดล้อม	35	°C
สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีต	1.63	W/m•K
สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของสแตนเลส	16	W/m•K
สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของเหล็ก	43	W/m•K
สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของทองแดง	396	W/m•K
สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นฉนวนโพลีสไตรีน	0.082	W/m•K
สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของสังกะสี	113	W/m•K

### ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากผลการออกแบบ การวิเคราะห์ความเร็วลม และการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ดังแสดงในหัวข้อต่อไปนี้

### ผลการออกแบบและสร้างแบบจำลองของระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์

ในการออกแบบโครงสร้างและลักษณะของระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2

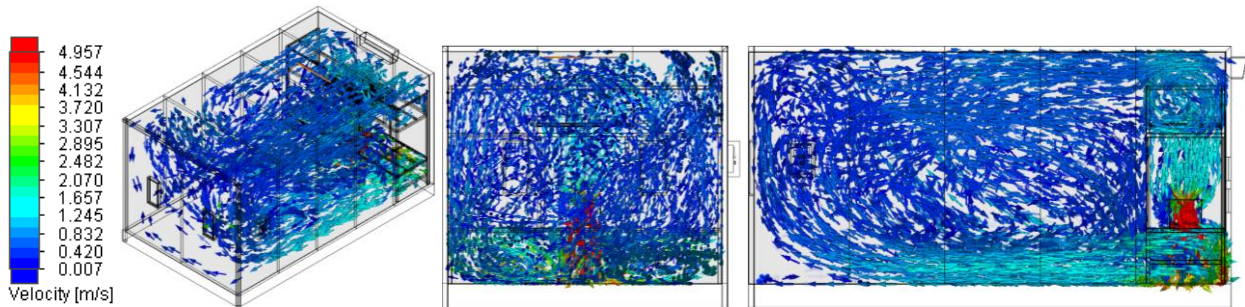


รูปที่ 2 ลักษณะของระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ที่ได้ทำการออกแบบ

### ผลการวิเคราะห์ความเร็วลมจากพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนที่เหมาะสม

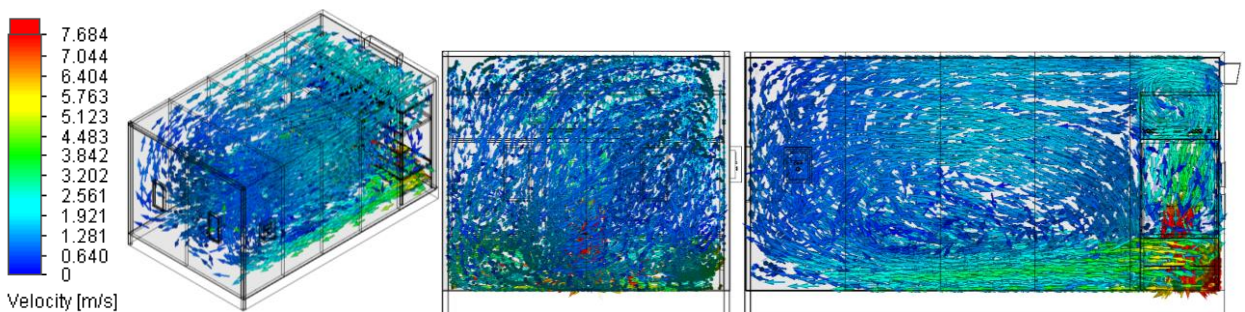
ในการพิจารณาความเร็วลมของพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนทั้งหมด 7 ขนาด ประกอบไปด้วยพัดลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 20 24 28 32 36 และ 40 inch ซึ่งลักษณะความเร็วลมของพัดลมแต่ละขนาดดังแสดงต่อไปนี้

จากรูปที่ 3 แสดงถึงลักษณะความเร็วลมที่กระจายตัวภายในระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ของพัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 inch พบว่า ความเร็วลมโดยเฉลี่ยประมาณ 0.87 m/s นั้นไม่สามารถกระจายลมร้อนไปยังบริเวณด้านหน้าของพื้นที่อบแห้งอย่างทั่วถึงได้



รูปที่ 3 ลักษณะความเร็วลมของพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 inch

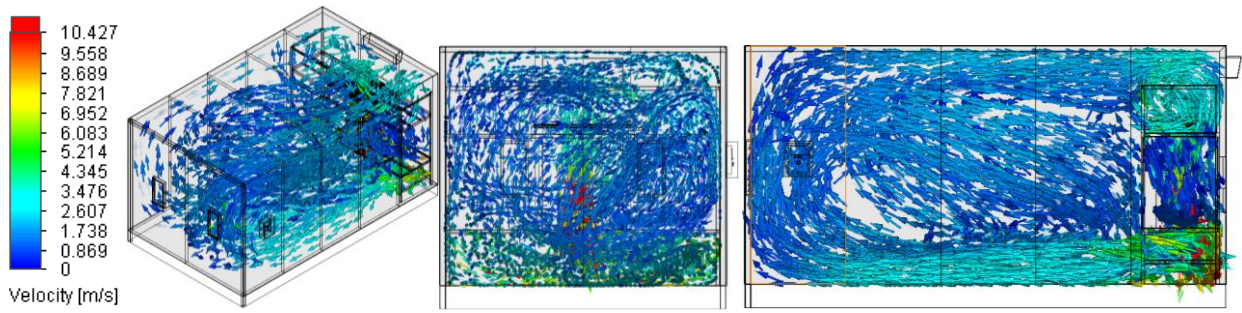
จากรูปที่ 4 แสดงถึงลักษณะความเร็วลมที่กระจายตัวภายในระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ของพัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 inch ผลการจำลองพบว่า มีการกระจายตัวอย่างที่ทั่วถึงและสม่ำเสมอภายในระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ ซึ่งมีค่าความเร็วลมโดยเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 1.86 m/s



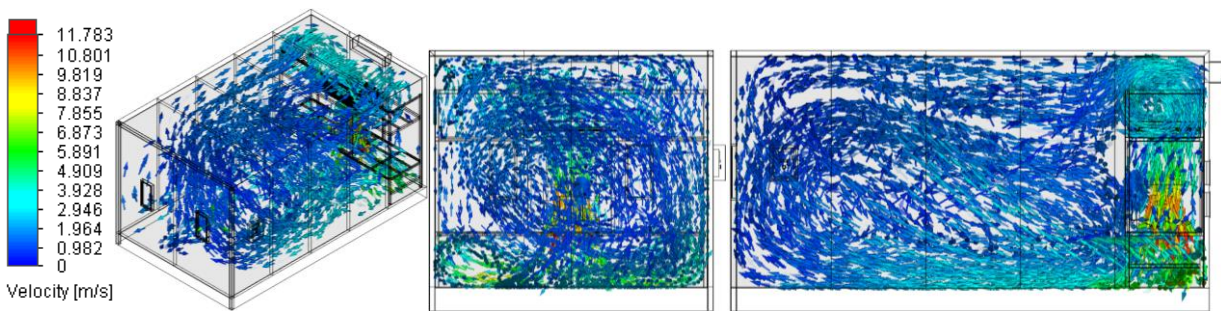
รูปที่ 4 ลักษณะความเร็วลมของพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 in

จากรูปที่ 5 แสดงถึงลักษณะความเร็วลมที่กระจายตัวภายในระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ของพัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 24 inch พบว่า ความเร็วลมของพัดลมขนาดดังกล่าวมีค่าเฉลี่ยประมาณ 2.37 m/s มีลักษณะการกระจายตัวของลมที่ไม่ทั่วถึงในบริเวณพื้นที่อบแห้ง โดยลมที่ไหลไปยังด้านหลังพื้นที่อบแห้งจะวนกลับมายังด้านหน้าพื้นที่อบแห้งทันที ทำให้เกิดจุดบอดของลมและมีปริมาณของลมที่น้อยในบริเวณด้านหน้าพื้นที่อบแห้ง

จากรูปที่ 6 แสดงถึงลักษณะความเร็วลมที่กระจายตัวภายในระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ของพัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 28 inch พบว่า ความเร็วลมของพัดลมขนาดดังกล่าวมีค่าเฉลี่ยประมาณ 2.50 m/s ทำให้ทิศทางการไหลของลมกระจายไปยังด้านข้างของพื้นที่อบแห้งเป็นส่วนใหญ่ จึงส่งผลให้บริเวณจุดกึ่งกลางของพื้นที่อบแห้งมีปริมาณลมค่อนข้างน้อย

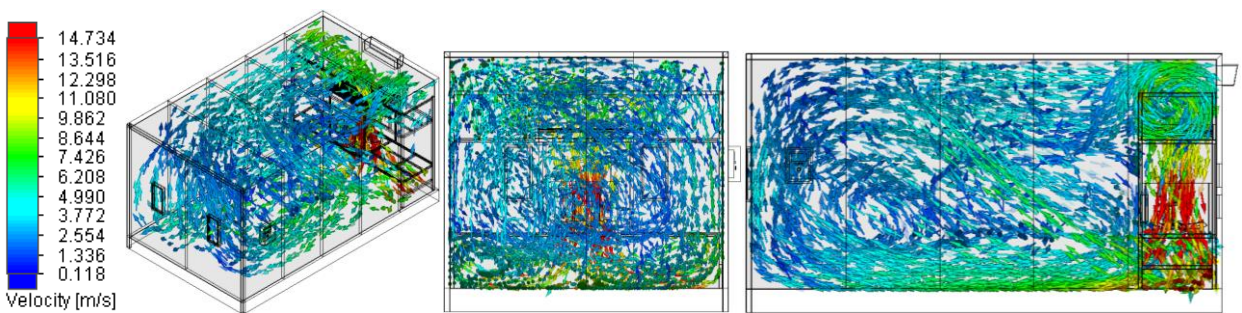


รูปที่ 5 ลักษณะความเร็วลมของพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 24 inch



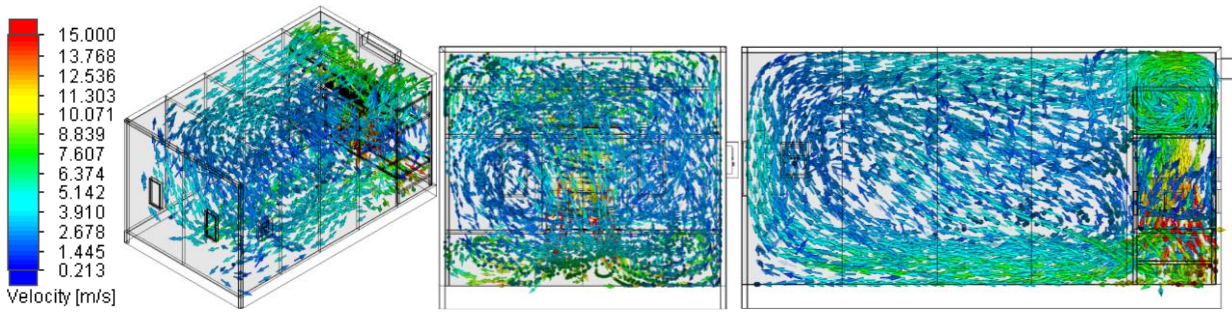
รูปที่ 6 ลักษณะความเร็วลมของพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 28 inch

จากรูปที่ 7 แสดงถึงลักษณะความเร็วลมที่กระจายตัวภายในระบบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ของพัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 32 inch พบว่า ความเร็วลมของพัดลมขนาดดังกล่าวมีค่าเฉลี่ยประมาณ 4.85 m/s เป็นความเร็วลมในปริมาณที่มากอีกทั้งยังมีความดันในปริมาณที่มากและมีความเร็วของลมไม่คงที่ จึงส่งผลให้การกระจายตัวของลมไม่สม่ำเสมอภายในบริเวณพื้นที่อบแห้ง



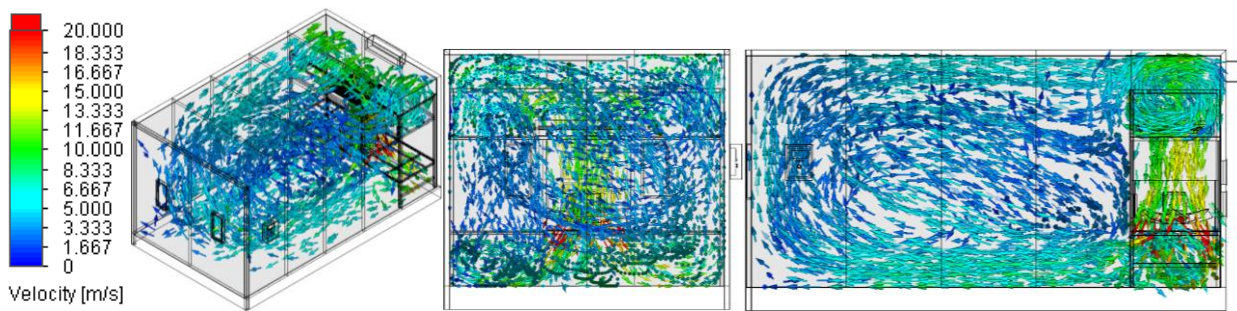
รูปที่ 7 ลักษณะความเร็วลมของพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 32 inch

จากรูปที่ 8 แสดงถึงลักษณะความเร็วลมที่กระจายตัวภายในระบบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ของพัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 36 inch ผลการจำลองพบว่า ความเร็วลมของพัดลมขนาดดังกล่าวมีค่าโดยเฉลี่ย 5.21 m/s มีลักษณะการกระจายลมไปทิศทางเดียวกันจึงไม่สามารถกระจายลมให้ทั่วถึงภายในพื้นที่อบแห้งได้



รูปที่ 8 ลักษณะความเร็วลมของพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 36 inch

จากรูปที่ 9 แสดงถึงลักษณะความเร็วลมที่กระจายตัวภายในระบบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ของพัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 inch พบว่า พัดลมดังกล่าวมีขนาดที่ใหญ่โดยมีความเร็วลมเฉลี่ยประมาณ 6.25 m/s ส่งผลให้ลักษณะความเร็วลมไปยังบริเวณพื้นที่อบแห้งด้านหน้าและถูกพัดลมดูดมารับความร้อนเป็นส่วนใหญ่ และการกระจายตัวของลมไม่ทั่วถึง ณ บริเวณพื้นที่อบแห้ง



รูปที่ 9 ลักษณะความเร็วลมของพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 inch

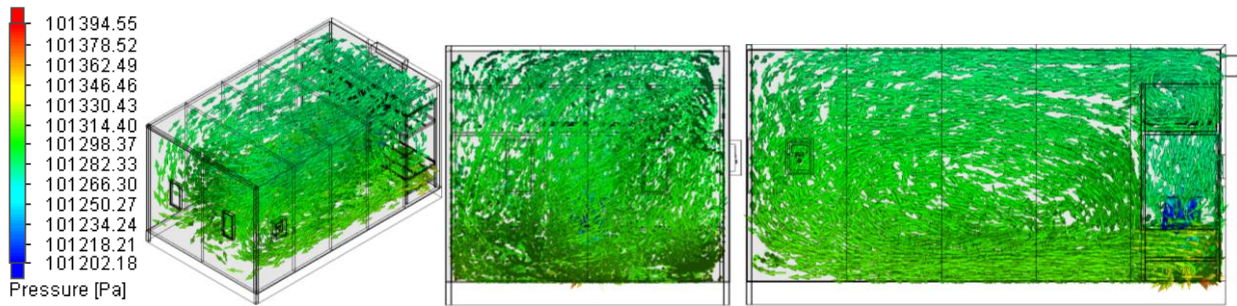
จากการวิเคราะห์ความเร็วลมของพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนทั้ง 7 ขนาด เมื่อนำลักษณะของการกระจายตัวของลมมาเปรียบเทียบดังแสดงในรูปที่ 3-9 พบว่า พัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 inch เป็นขนาดพัดลมที่เหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากความเร็วลมจากพัดลมขนาดดังกล่าว มีปริมาณที่เหมาะสมทำให้ลมมีการกระจายตัวอย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอภายในระบบบอบแห้งแบบรวมศูนย์

ตารางที่ 4 ความดันตกคร่อมโดยเฉลี่ยของพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนทั้ง 7 ขนาด ในระบบบอบแห้งแบบรวมศูนย์

พัดลมแบบหมุนตามแนวแกนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (in)	ความดัน (Pa)
16	101,361.65
20	101,294.61
24	101,441.36
28	101,398.72
32	101,587.09
36	101,493.20
40	101,622.87



นอกจากนั้นได้ทำการวิเคราะห์ความดันตกคร่อมโดยเฉลี่ยของพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนทั้ง 7 ขนาด ดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่า พัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 inch ดังแสดงในรูปที่ 10 มีความดันภายในระบบที่ค่อนข้างคงที่ อีกทั้งยังมีค่าความดันตกคร่อมน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนทั้ง 6 ขนาด ส่งผลให้มีการกระจายตัวของลมอย่างทั่วถึงภายในพื้นที่อบแห้ง และพัดลมขนาดดังกล่าวจะถูกนำมาวิเคราะห์ความเร็วลมอีกครั้ง เพื่อหาความเหมาะสมในกรณีที่มีการติดตั้งชั้นตะแกรงภายในระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์

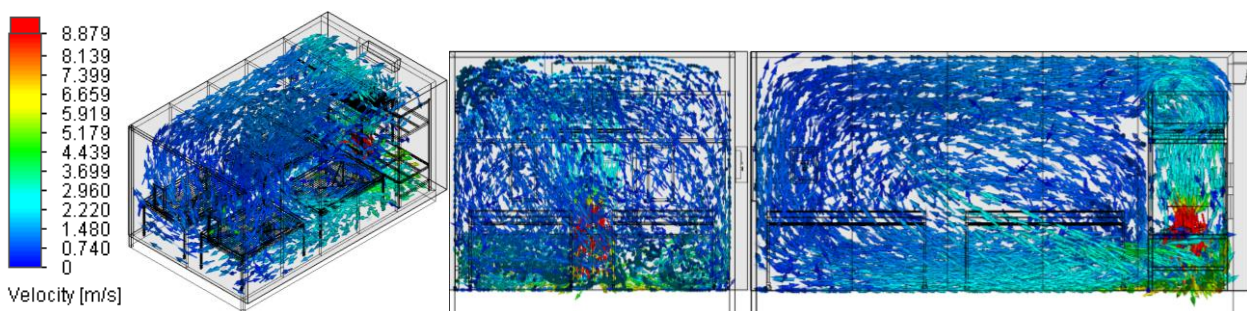


รูปที่ 10 ลักษณะความดันจากพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 inch

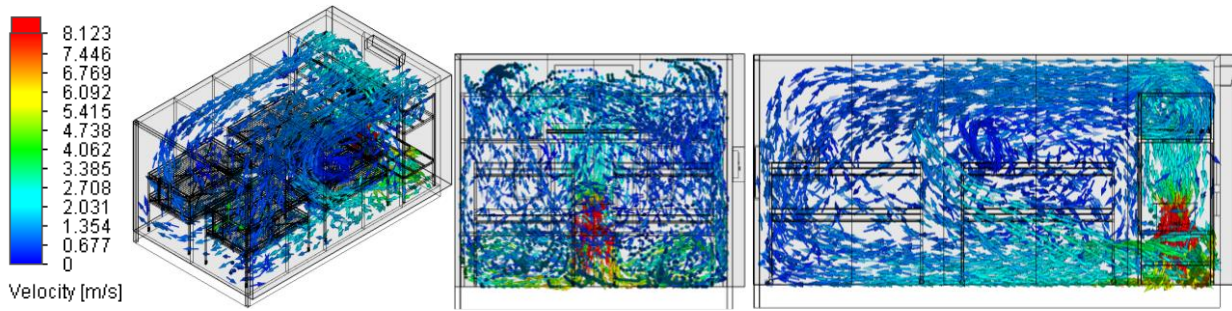
#### ผลการวิเคราะห์ความเร็วลมกรณีที่มีการติดตั้งชั้นตะแกรง

ผลการวิเคราะห์ความเร็วลมจากพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 inch กรณีที่มีการติดตั้งชั้นตะแกรง 1 และ 2 ชั้น มีขนาดกว้าง 1.3 m ยาว 2.0 m สูง 1.0 m และ 1.60 m ดังแสดงต่อไปนี้

จากรูปที่ 11 จะเห็นได้ว่าการติดตั้งชั้นตะแกรง 1 ชั้น จำนวน 4 ตัว มีลักษณะการกระจายตัวของลมอย่างทั่วถึงบริเวณชั้นตะแกรงทั้ง 4 ตัว ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีการติดตั้งชั้นตะแกรง 2 ชั้น จำนวน 4 ตัว ดังแสดงในรูปที่ 12 พบว่า การติดตั้งชั้นตะแกรง 2 ชั้น มีความเร็วลมที่ไหลผ่านชั้นตะแกรงที่ 2 ทางด้านหน้าของพื้นที่อบแห้งลดลง ส่งผลให้มีการกระจายตัวของลมค่อนข้างน้อย และไม่ทั่วถึงบริเวณชั้นตะแกรงด้านหน้า ดังนั้นจึงเลือกการติดตั้งชั้นตะแกรง 1 ชั้น เนื่องจากมีการกระจายตัวของลมที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งมากที่สุด



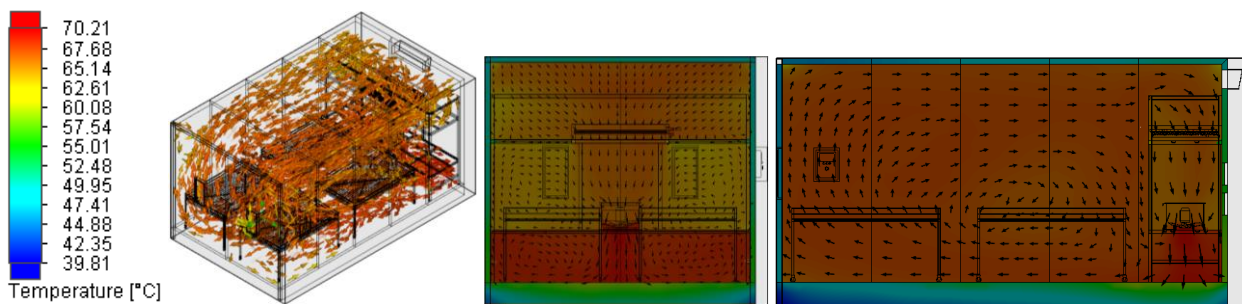
รูปที่ 11 ลักษณะความเร็วลมเมื่อติดตั้งชั้นตะแกรง 1 ชั้น



รูปที่ 12 ลักษณะความเร็วลมเมื่อติดตั้งชั้นตะแกรง 2 ชั้น

### ผลการพิจารณาอุณหภูมิและการสูญเสียความร้อนของระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์

จากรูปที่ 13 แสดงผลการพิจารณาอุณหภูมิของลมร้อนภายในระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ จะเห็นได้ว่าเมื่อพัดลมดูดอากาศร้อนผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน จะทำให้บริเวณทางออกของผนังแจกลมมีอุณหภูมิประมาณ 70°C และอุณหภูมิผิวภายนอกของระบบอบแห้งประมาณ 40°C เนื่องจากในการออกแบบใช้ผนังที่ทำจากแผ่นฉนวนสำเร็จรูป โดยผิวหน้าของแผ่นฉนวนเป็นแผ่นเหล็กอบสังกะสี และแกนกลางของแผ่นฉนวนเป็นแผ่นโฟมโพลีสไตรีน ส่วนฐานของระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ใช้คอนกรีตผสมเสร็จเคลือบโพลียูรีเทน จึงทำให้มีการสูญเสียความร้อนให้กับแวดล้อมค่อนข้างน้อย



ภาพที่ 13 พิจารณาอุณหภูมิของลมร้อนภายในระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์

### สรุป

จากผลการวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณของระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์จากพลังงานความร้อนได้ พิกะที่มีขนาดกว้าง 3.6 m ยาว 6.0 m และสูง 3.0 m เพื่อพิจารณาความเร็วลม อุณหภูมิภายในระบบ ซึ่งผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังต่อไปนี้

1. พัดลมแบบหมุนตามแนวแกนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 inch ปริมาณลม 155.00 cmm ความเร็วลมเฉลี่ย 1.86 m/s และความดันเฉลี่ย 101,411.93 Pa มีการกระจายตัวของลมอย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอ ณ พื้นที่อบแห้ง
2. การติดตั้งชั้นตะแกรง 1 ชั้น ที่มีขนาดกว้าง 1.3 m ยาว 2.0 m สูง 1.0 m มีความเหมาะสมสำหรับอบแห้งวัสดุภายในระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์
3. อุณหภูมิของลมร้อนภายในห้องอบแห้งประมาณ 70°C และอุณหภูมิผิวภายนอกของระบบอบแห้งประมาณ 40°C

### คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ภายใต้ “โครงการผลิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทน ในกลุ่มประเทศอาเซียนสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา” และโครงการการผลิตไฟฟ้าร่วมกับการทำความเย็นและความร้อนแบบชั้นบันไดจากพลังงานความร้อนใต้พิภพในประเทศไทย กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานสำนักงานนโยบายและพลังงานปี 2560 กระทรวงพลังงานที่มอบทุนการสนับสนุนสำหรับการดำเนินงานวิจัย

### เอกสารอ้างอิง

- ชุลกิติ์ กาซอ พีระพงศ์ ทีฆสกุล และธวัชณชัย เทพนวล. การกระจายอุณหภูมิภายในโรงอบยางแผ่นดิบพลังงานแสงอาทิตย์และชีวมวลโดยใช้การคำนวณทางพลศาสตร์ของไหลในสถานะที่ไม่มีแผ่นยาง. งานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 22, 277-286.
- นัฐพร ไชยญาติ. 2559. เทคโนโลยีพลังงานความร้อนใต้พิภพ (Geothermal Energy Technology), วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้, สำนักพิมพ์: มหาวิทยาลัยแม่โจ้, พิมพ์ครั้งที่ 5, 341 หน้า.
- นัฐพร ไชยญาติ. 2560. การนำความร้อนทิ้งกลับคืน (Waste Heat Recovery), วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้, สำนักพิมพ์: มหาวิทยาลัยแม่โจ้, พิมพ์ครั้งที่ 6, 457 หน้า.
- สายธาร ประสงค์ความดี. 2560. การประเมินศักยภาพการนำความร้อนเหลือทิ้งมาใช้เพื่อลดการใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวของโรงงานเซรามิคในจังหวัดลำปาง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่, 71 หน้า.
- Eflita Yohana, Afif Prasetya Nugraha, Ade Eva Diana, Ilham Mahawan, and Sri Nugroho. 2018. CFD Analysis to Calculate the Optimal Air Velocity in Drying Green Tea Process Using Fluidized Bed dryer. E3S Web of Conferences 31: 1-5.
- Pakamon Pintana, Patipat Thanompongchart, Kajorndej Phimphilai, and Nakorn Tippayawong. 2017. Improvement of Airflow Distribution in a Glutinous Rice Cracker Drying Cabinet. Energy Procedia. 138: 325-330.
- Sheidu Sumaila Onimisi, Victor Adekunle Adetoro, Nixon Chika Nosike, Agbadua Segun, and Igwedi Doris Chibuzor. Optimization of Developed Multipurpose food dryer using ANSYS. Journal of Scientific and Engineering Research. 3: 72-76.
- Suhaimi Misha, Sohif Mat, Mohd Hafidz Ruslan, Kamaruzzaman Sopian, and Elias Salleh. 2013. The Prediction of Drying Uniformity in Tray Dryer System using CFD Simulation. International Journal of Machine Learning and Computing. 3: 419-423.

### รายการสัญลักษณ์

#### สัญลักษณ์

T	อุณหภูมิ (°C)
t	เวลา (s)
$g_i$	ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง ( $m/s^2$ )
P	ความดัน (bar)

---

Pr	ตัวเลขพรานดัลท์
$u_i$	เวกเตอร์ความเร็ว (m/s)
Q	อัตราการถ่ายเทความร้อนด้านพลังงาน (kW)
W	กำลังไฟฟ้า ( $kW_e$ )
x	ทิศทางในแนวแกนเอ็กซ์

#### ตัวกรีก

$\eta$	ประสิทธิภาพด้านพลังงาน (%)
$\beta$	สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงความร้อน ( $K^{-1}$ )
$\mu$	ความหนืดพลศาสตร์ (Pa·s)
$\rho$	ความหนาแน่น ( $kg/s^3$ )

#### ตัวห้อย

CFD	พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ
DRY	ระบบอบแห้งอบรวมศูนย์
HSP	น้ำพุร้อน
Mb	พัดลม
ref	อุณหภูมิอ้างอิงในแบบจำลอง