STUDY OF OPTIMAL AIR FEEDING RATE ON THERMAL EFFICIENCY OF DOWNDRAFT GASIFIER

Athibodee GLABSUNGNEON[1], Watcharin GLABSUNGNEON [1]

1 Thailand Institute of Scientific and Technological Research

; watcharin@tistr.or.th (Corresponding Author)

ABSTRACT

This study aims to investigate the gasification process using a high-quality syngas production system prototype, a thermochemical process that converts solid fuel into a gaseous product through combustion inside a reactor using a limited supply of air as the oxidizing agent. Using air as the oxidant enhances product quality, resulting in fuel gas with a high heating value. Specifically, this research focuses on studying the effects of air feed rates supplied to a downdraft gasifier via a heat exchanger, comparing the resulting producer gas in terms of thermal efficiency and overall syngas quality.

In this study, a downdraft gasifier was experimentally tested, and the temperature profiles at various measurement points were recorded. The measured mass flow rate and biomass fuel consumption rate were compared across five experimental conditions. The air feeding rates supplied to the downdraft gasifier were set at 0.0104, 0.0109, 0.0115, 0.0120, and 0.0126 kg/s. For each experimental run, 22 kg of biomass fuel was used. During each test, the air mass flow rate and biomass fuel consumption rate were recorded, and syngas samples were collected and subsequently analyzed to determine their gas composition.

The experimental results showed that the best syngas obtained consisted of CO at 29.13%, H_2 at 6.72%, CO_2 at 5.58%, CH_4 at 0.80%, and N_2 at 56.32%. The corresponding heating value of the syngas was 4.69 MJ/m³. When comparing the thermal efficiency at different air feeding rates, the air feeding rate of 0.0115 kg/s yielded the highest thermal efficiency among 56.65% the experimental conditions. This result can be attributed to the optimal air-to-fuel ratio, which provided suitable conditions for the gasification reactions within the downdraft gasifier.

Keywords: Gasifier, Downdraft Gasification, Downdraft Gasification Efficiency Enhancement

CITATION INFORMATION: GLABSUNGNEON, A., & GLABSUNGNEON, W. (2026). Study Of Optimal Air Feeding Rate On Thermal Efficiency Of Downdraft Gasifier. *Procedia of Multidisciplinary Research, 4(9), 87.*

การศึกษาอัตราป้อนอากาศที่เหมาะสมต่อประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาแก๊สซิไฟเออร์แบบไหลลง

อธิบดี กลับสูงเนิน[1], วัชรินทร์ กลับสูงเนิน[1]
1 สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
; Watcharin@tistr.or.th (ผู้ประพันธ์บรรณกิจ)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการกระบวนการผลิตแก๊สซิฟิเคชันจากต้นแบบระบบผลิตแก๊สสังเคราะห์คุณภาพสูง เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนที่ทำการเปลี่ยนรูปเชื้อเพลิงแข็งให้อยู่ในรูปผลิตภัณฑ์แก๊ส ที่มาจากกระบวนการเผาไหม้ ซึ่งมีการป้อนอากาศ ที่ใช้เป็นตัวออกซิไดซ์ ในปริมาณที่จำกัด เข้าสู่กระบวนการเผาไหม้ภายในเตา การผลิตแก๊สโดยใช้อากาศเป็นตัวออกซิไดซ์นั้น จะทำให้แก๊สผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพ ซึ่งทำให้ค่าความร้อนของแก๊สเชื้อเพลิงที่ได้มีค่าความร้อนสูงจากการใช้อากาศเป็นสารออกซิไดซ์ งานวิจัยนี้จึงเน้นการศึกษาอิทธิพลของอัตราการป้อนอากาศที่ป้อนเข้าไปยังเตาแก๊สซิไฟเออร์แบบไหลลง โดยผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อนำผลที่ได้จากการผลิตโปรดิวเซอร์แก๊สมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อน และคุณภาพของผลิตภัณฑ์แก๊สสังเคราะห์ที่ได้

ในการศึกษานี้ได้ทำการทดสอบเตาแก๊สซิไฟเออร์แบบไหลลง และนำค่าของอุณหภูมิตามจุดที่ติดตั้งตำแหน่งของอุปกรณ์วัดตามจุดต่างๆ ที่อัตราการไหลเชิงมวล อัตราความสิ้นเปลื้องเชื้อเพลิงชีวมวล ที่วัดมาจากการทดลองมาเปรียบเทียบ 5 ระดับ ดังนี้ ทำการทดลองอัตราการป้อนอากาศ ที่ 0.0104, 0.0109, 0.0115, 0.0120, 0.0126 กิโลกรัมต่อวินาที เข้าไปยังเตาแก๊สซิฟิเคชันแบบไหลลง และใช้เชื้อเพลิงในการทดสอบแต่ละครั้ง เท่ากับ 22 กิโลกรัมต่อรอบการทดสอบ แต่ละครั้งจะเก็บค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ อัตราความสิ้นเปลื้องเชื้อเพลิงชีวมวล และเก็บตัวอย่างแก๊สสังเคราะห์ส่งวิเคราะห์หาองค์ประกอบ

ผลการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์แก๊สสังเคราะห์ที่ดีที่สุดจาการทดลองได้องค์ประกอบที่สามารถวิเคราะห์แยกได้ ดังนี้ CO 29.13%, H_2 6.72%, CO_2 5.58%, CH_4 0.80% และ N_2 56.32% ซึ่งได้ค่าทางความร้อนของแก๊สสังเคราะห์เท่ากับ 4.69 เมกกะจูลต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพทางความร้อนของอัตราการป้อนอากาศ ที่ 0.0115 กิโลกรัมต่อวินาที สามารถระบุได้ว่ามีประสิทธิภาพทางความร้อนที่สูงที่สุด 56.65% จากการทดลอง เนื่องจากมีอัตราส่วนผสมระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาภายในเตาแก๊สซิฟิเคชันแบบไหลลง

คำสำคัญ: เตาแก๊สซิฟิเคชัน, Downdraft Gasification , การเพิ่มประสิทธิภาพ Downdraft Gasification

ข้อมูลการอ้างอิง:อธิบดี และ วัชรินทร์. (2569). การศึกษาอัตราป้อนอากาศที่เหมาะสมต่อประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาแก๊สซิไฟเออร์แบบไหลลง. *Procedia of Multidisciplinary Research, 4(9), 87.*.

บทนำ

กระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน คือ กระบวนการเปลี่ยนรูปพลังงานจากเชื้อเพลิงแข็งให้เป็นแก๊สเชื้อเพลิงโดยใช้ อากาศ ในกระบวนการเผาไหม้บางส่วน (Partial Combustion) เพื่อให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะเปลี่ยนรูปพลังงานเคมีภายในของเชื้อเพลิงแข็งให้กลายเป็นแก๊สที่สามารถเผาไหม้ได้ (Combustible Gas) ประกอบด้วยแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ แก๊สมีเทน แก๊สไฮโดรเจน โดยเรียกแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้นี้ว่า โปรดิวเซอร์แก๊ส ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้หลากหลายกว่าการใช้เชื้อเพลิงแข็ง ในการเผาไหม้โดยตรง เช่น นำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงให้กับหัวเผาชนิดต่างๆ เป็นต้น เตาแก๊สซิไฟเออร์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตโปรดิวเซอร์แก๊ส สามารถแบ่งตามลักษณะการสัมผัสกันระหว่างเชื้อเพลิงแข็ง และแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ภายในเตาออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ เตาแก๊สซิไฟเออร์ชนิดเบดคงที่ (Fixed Bed Gasifier) เตาแก๊สซิไฟเออร์ชนิดฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized Bed Gasifier) และเตาแก๊สซิไฟเออร์ชนิดเอนเทรนซ์เบด (Entrained Bed Gasifier) โดยเตาแต่ละชนิดจะมีลักษณะการป้อนเชื้อเพลิง และขนาดของเชื้อเพลิงที่ต่างกัน รวมถึงอุณหภูมิภายในเตาและองค์ประกอบของแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้แตกต่างกัน

ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษากระบวนการแก๊สซิฟิเคชันแบบเตาแก๊สซิไฟเออร์แบบไหลลง คือ ลักษณะการทำงานของเตาแบบนี้ คือเชื้อเพลิงแข็งที่ใช้ในการเผาไหม้จะถูกป้อนจากด้านบน ส่วนอากาศจะไหลเข้าสู่บริเวณโซนเผาไหม้ที่อยู่เหนือโซนรีดักชัน แก๊สที่ผลิตได้จะไหลลงผ่านโซนรีดักชัน ก่อนออกสู่ด้านล่างของเตา ซึ่งมีทิศทางการไหลเดียวกันกับเชื้อเพลิงแข็ง เตาชนิดนี้มีการปนเปื้อนของทาร์ต่ำ เนื่องจากแก๊สเชื้อเพลิงจะไหลผ่านส่วนที่มีอุณหภูมิสูงก่อนออกจากเตา ทำให้ทาร์แตกตัวเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน แก๊สที่ได้จึงมีความสะอาดสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงให้กับหัวเผาไหม้ชนิดต่างๆได้ ภายในเตาแก๊สซิไฟเออร์แบบไหลลง สามารถแบ่งโซนการเกิดปฏิกิริยาได้เป็น 4 โซน ได้แก่โซนอบแห้ง (Drying Zone) โซนไพโรไลซิส (Pyrolysis Zone) โซนเผาไหม้ (Combustion Zone) และโซนรีดักชัน (Reduction Zone) ในกระบวนการหาส่วนผสมปริมาณที่พอดี และสัดส่วนที่พอดีและเหมาะสมได้ยาก ทั้งอัตราการป้อนเชื้อเพลิง และอัตราการไหลของอากาศ รวมถึงอุณหภูมิที่เหมาะสม และการวัดอุณหภูมิที่จุดต่างๆ เพื่อเช็คและแสดงผลล้วนต้องใช้แรงงานในการเฝ้าติดตามและบันทึกผล อีกทั้งด้วยขนาดของปฏิกรณ์ทั่วไปมีขนาดใหญ่จึงต้องใช้แรงงานในการปีนขึ้นลงเพื่อ เปิด-ปิด และปรับระดับวาล์ว ต้องระวังเรื่องความปลอดภัยในขณะทำงาน และต้องอาศัยความชำนาญงาน เพื่อปรับและควบคุมการทำงาน ในการเติมส่วนผสมในจุดต่างๆ

ดังนั้นเพื่อเป็นการพัฒนาไปอีกขั้น จึงมีแนวคิดในการนำเทคโนโลยีระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติ ที่ถูกสร้างขึ้น เพื่อเป็นระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติในการควบคุมอัตราการป้อนเชื้อเพลิง และอัตราการไหลของอากาศ ซึ่งทำการวัดและควบคุมอุณหภูมิเก็บข้อมูล ประมวลผล และแสดงผลแบบต่อเนื่อง ด้วยระบบกึ่งอัตโนมัติ นับเป็นการนำเทคโนโลยีของระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติมาประยุกต์ใช้งานกับระบบ Down draft gasification ในการเพิ่มประสิทธิภาพ สามารถใช้งานง่าย ไม่จำเป็นต้องอาศัยแรงงานที่มีความรู้และประสบการณ์ด้านนี้โดยตรง ในระบบมีความสม่ำเสมอ แม่นยำ ใช้แรงงานในการปฏิบัติงานน้อย ซึ่งมีระบบกึ่งอัตโนมัติในการควบคุมเลือกใช้งาน การใช้งานในส่วนต่างๆ ของเครื่องปฏิกรณ์ และอากาศในสัดส่วนที่เหมาะสมในแต่ละช่วงของอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ เป็นการลดต้นทุนค่าแรงงาน มีความปลอดภัยในการใช้งาน เหมาะสำหรับกลุ่มผู้ผลิตเตาเผาไหม้ชีวมวล และกลุ่มโรงงานเซรามิก เพื่อแก้ปัญหาและนำเทคโนโลยีไปใช้เป็นเครื่องมือในการลดต้นทุนในการผลิตในภาคอุตสาหกรรม ที่มีความทันสมัยสามารถควบคุมประสิทธิภาพการผลิต ใช้งานได้ง่าย ลดปัญหาการขาดแคลนแรงงาน การใช้พลังงานทดแทนในชุมชน นอกจากนี้ยังเป็นการส่งเสริมงานวิจัยและพัฒนาภายในประเทศ ลดการนำเข้าเครื่องจักรที่มีราคาสูงจากต่างประเทศ ส่งเสริมการวิจัยและเทคโนโลยีภายในประเทศไทย

การทบทวนวรรณกรรม

ไชยยะ คงมณี, วิโชติ จงรุ่งโรจน์, บัญชา สมบูรณ์สุข และ ปุรวิชญ์ พิทยาภินันท์(2560) ได้ศึกษาวิจัย วิธีการประเมินศักยภาพชีวมวลอย่างง่าย กรณีศึกษาการประเมินศักยภาพชีวมวลจาก ไม้ยางพารา สำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กมากใน 3 จังหวัดชายแดนใต้ ซึ่งเป็นพื้นที่หนึ่งที่มี ศักยภาพในการผลิตชีวมวลจากไม้ยางพารา เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กมาก นั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. เสนอวิธีการอย่างง่ายสำหรับประเมินศักยภาพปริมาณ ชีวมวลจากไม้ยางพารา
2. ศึกษาปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความแปรปรวนของปริมาณชีวมวลจากไม้ ยางพารา
3. ศึกษาแนวทางการจัดหาชีวมวลจากไม้ยางพารา สำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กมาก ข้อมูลที่ใช้ประกอบด้วยข้อมูลทุติยภูมิแบบอนุกรมเวลารายปีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 ถึง ปี พ.ศ. 2557 และข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้ให้ข้อมูลหลัก ซึ่งใช้การเลือกแบบเจาะจงการ วิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา การวิเคราะห์เชิงปริมาณและการวิเคราะห์เนื้อหาที่ปรากฏผล การศึกษาพบว่า ในช่วงปี พ.ศ. 2558 ถึง ปีพ.ศ. 2572 จังหวัดยะลา นราธิวาส และปัตตานี มีปริมาณชีวมวลจากไม้ยางพาราคงเหลือที่พยากรณ์ได้ระหว่าง 46,192 ถึง 48,820, 43,969 ถึง 47,118 และ 14,838 ถึง 18,351 ตันชีวมวลต่อเดือน ตามลำดับ ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการใช้ ชีวมวลจากไม้ยางพาราของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กมาก ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความแปรปรวนของ ปริมาณชีวมวลจากไม้ยางพารา ได้แก่ ราคาไม้ยางพารา ราคายางพารา อายุสวนยางพาราและ ปริมาณผลผลิตน้ำยาง การแข่งขันระหว่างผู้ใช้ชีวมวลจากไม้ยางพาราและนโยบายรัฐที่เกี่ยวข้องการจัดหาชีวมวลจากไม้ยางพาราสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กมากมี 4 ทางเลือก คือ

1. การรับ ซื้อจากเกษตรกรชาวสวนยาง/กลุ่มเกษตรกรชาวสวนยาง
2. การรับซื้อจากโรงงานแปรรูปไม้ยางพารา
3. การรับซื้อจากลานรับซื้อไม้ยางพาราของเอกชน
4. การรับซื้อจากพ่อค้าคนกลาง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาอัตราการป้อนอากาศเข้าห้องเผาไหม้ ที่เหมาะสมของเครื่องต้นแบบระบบผลิตแก๊สสังเคราะห์ที่อัตราการป้อนอากาศ ที่ 0.0104, 0.0109, 0.0115, 0.0120, 0.0126 กิโลกรัมต่อวินาที เพื่อหาค่าประสิทธิภาพทางความร้อนได้ดีที่สุดจากการทดลอง
2. ศึกษาวิเคราะห์เปรียบเทียบอุณหภูมิต่าง ๆ ในแต่ละโซน เพื่อสังเกตการณ์กระจายตัวทางความร้อนและนำไปพัฒนาการ เพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการศึกษา

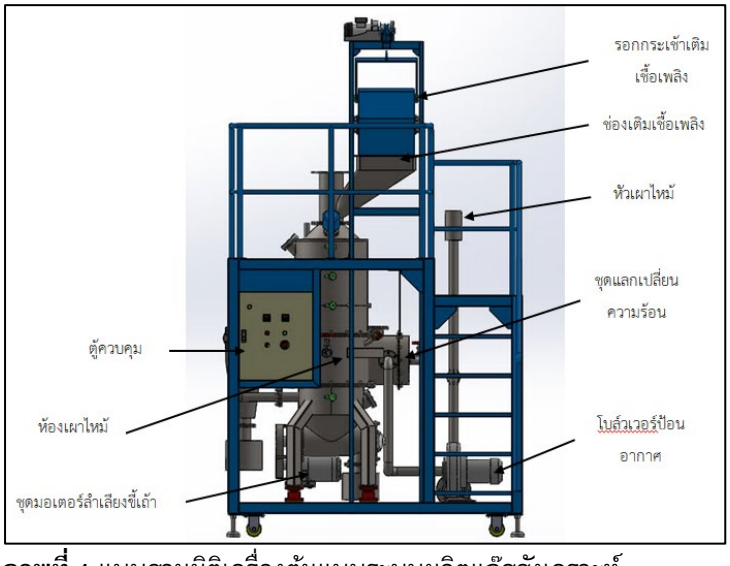
1. เขียนแบบเครื่องต้นแบบระบบผลิตแก๊สสังเคราะห์
2. วิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทิศทางการเคลื่อนที่ของอุณหภูมิ และความแข็งแรง การรับแรงในส่วนต่าง ๆ ของตัวโครงสร้าง และส่วนประกอบต่าง ๆของเครื่องจักร
3. สร้างและประกอบเครื่องต้นแบบระบบผลิตแก๊สสังเคราะห์
4. ทำการเก็บข้อมูลจากการทดสอบ และทำการปรับแก้ในส่วนต่าง ๆของเครื่องจักรเพื่อหาประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องจักรให้เหมาะสมที่สุด
5. สรุปผลการวิจัยและทำรายงานการวิจัย

ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาและทดสอบหาค่าที่เหมาะสมสำหรับเครื่องต้นแบบระบบผลิตแก๊สสังเคราะห์ เพื่อป้อนอากาศเข้าห้องเผาไหม้ที่ 5 ระดับ โดยการป้อนอากาศที่ 0.0104, 0.0109, 0.0115, 0.0120, 0.0126 กิโลกรัมต่อวินาที กำหนดใส่เชื้อเพลิงเข้าสู่เตา 22 กิโลกรัมต่อรอบการทดลอง ใส่เต็มเตาเพื่อการทดลอง ใช้เชื้อเพลิงถ่านในการทดลอง เพื่อลดปัญหาทางด้านความชื้น ได้ความเสถียรและสะอาดกว่าการใช้ไม้สด เนื่องจากถ่านไม้ผ่านกระบวนการไล่ความชื้นและสารระเหยออกแล้ว ถ่านไม้มีสัดส่วนคาร์บอนสูง ให้ค่าความร้อนที่ดีเยี่ยม เมื่อเปลี่ยนรูปเป็นแก๊สสังเคราะห์ ทำให้การเผาไหม้ในเตาแก๊สซิไฟเออร์สม่ำเสมอ

2. ศึกษาวิเคราะห์เปรียบเทียบ เก็บผลอุณหภูมิต่างๆ ในแต่ละโซน เพื่อสังเกตการณ์กระจายตัวทางความร้อนและนำไปวิเคราะห์การเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเตาแก๊สซิไฟเออร์ต่อไป

การออกแบบเครื่องต้นแบบระบบผลิตแก๊สสังเคราะห์



ภาพที่ 1 แบบสามมิติเครื่องต้นแบบระบบผลิตแก๊สสังเคราะห์



ภาพที่ 2 เครื่องต้นแบบระบบผลิตแก๊สสังเคราะห์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

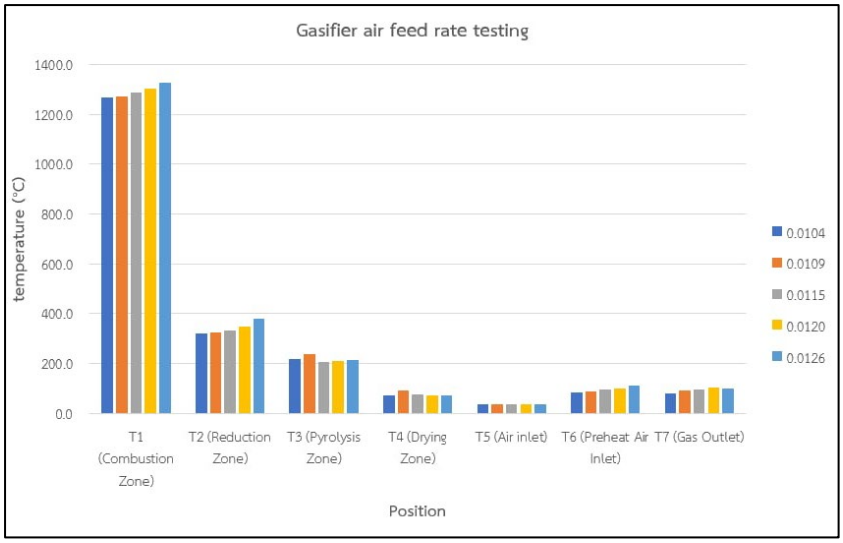
1. เครื่องต้นแบบระบบผลิตแก๊สสังเคราะห์
2. ตราชั่ง
3. แอมมิเตอร์
4. ชีวมวล
5. ดาต้าล็อกเกอร์
6. ถังแก๊ส
7. หัวเผาไหม้แก๊ส
8. ถุงเก็บตัวอย่างแก๊สผลิตภัณฑ์
9. เครื่องมือวิเคราะห์องค์ประกอบของแก๊ส

ผลการวิจัย

การทดสอบโดยจะทำการแบ่งงานวิจัยและทดสอบออกเป็น 2 ส่วน โดยกำหนดให้สามารถผลิตแก๊สสังเคราะห์ ดังนี้
ส่วนที่ 1. เพื่อทดสอบหาอัตราการป้อนอากาศขาเข้าที่เหมาะสมในการเพิ่มประสิทธิภาพแก๊สสังเคราะห์ที่ใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ ที่อัตราการป้อนอากาศ 0.0104, 0.0109, 0.0115, 0.0120, 0.0126 กิโลกรัมต่อวินาที เพื่อหาค่าประสิทธิภาพทางความร้อนได้ดีที่สุดจากการทดลอง และทำการวัดค่าเปรียบเทียบการกระจายตัวทางความร้อนที่เกิดขึ้นภายในเตาแต่ละโซน และสังเกตการณ์กระจายตัวทางความร้อน
ส่วนที่ 2. เพื่อตรวจสอบหาประสิทธิภาพการนำไปใช้งาน โดยการตรวจวัดค่าธาตุประกอบที่อยู่ในซินแก๊ส หรือแก๊สผลิตภัณฑ์ที่ได้จาการเผาไหม้

ตารางที่ 1 การทดสอบเครื่องต้นแบบระบบผลิตแก๊สสังเคราะห์ หาอัตราการป้อนอากาศ 5 ระดับ คือ 0.0104, 0.0109, 0.0115, 0.0120, 0.0126 กิโลกรัมต่อวินาที กำหนดใส่เชื้อเพลิงเข้าสู่เตา 22 กิโลกรัมต่อรอบการทดลอง ใส่เต็มเตาเพื่อการทดลอง โดยใช้เชื้อเพลิงชนิดเดียวกัน ล็อตเดียวกันตลอดการทดลอง การเก็บข้อมูลของอุณหภูมิเฉลี่ยจะทำการเก็บเมื่อเตาเข้าสู่สภาวะคงตัวทางความร้อน (Steady State)

ครั้งที่	อัตราการป้อนเชื้อเพลิงเข้า	อัตราป้อนอากาศเข้า	อุณหภูมิของเตาแต่ละโซน (องศาเซลเซียส)						
			โซนที่ 1 Combustion	โซนที่ 2 Reduction	โซนที่ 3 Pyrolysis	โซนที่ 4 Drying	อุณหภูมิอากาศป้อน	อุณหภูมิอากาศป้อนหลังผ่านชุดแลกเปลี่ยนความร้อน	อุณหภูมิแก๊สผลิตภัณฑ์
	(kg/h)	(kg/s)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
1	12.7	0.0104	1267.7	319.6	217.6	71.5	35.2	85.2	80.2
2	12.6	0.0109	1273.2	325.9	237.2	91.3	36.3	87.9	93.6
3	12.9	0.0115	1287.9	334.0	205.9	76.2	35.7	96.1	97.2
4	13.3	0.0120	1301.6	349.3	208.3	73.9	36.1	99.8	103.8
5	13.1	0.0126	1327.2	380.2	212.7	70.3	35.3	110.7	101.2



กราฟที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในแต่ละตำแหน่งของเตาแก๊สซิไฟเออร์เทียบกับการทดลองหาอัตราการป้อนอากาศที่เหมาะสมจาก 5 ระดับ ตามที่กำหนด

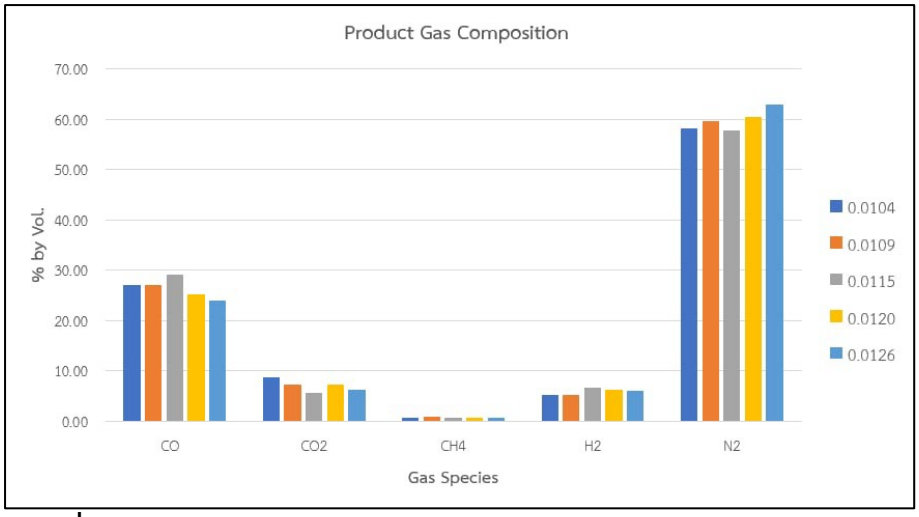
จากการทดลองพบว่าในตารางที่ 1 และกราฟที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ของการทดลองระหว่างอุณหภูมิในแต่ละตำแหน่งของเตาแก๊สซิไฟเออร์เทียบกับการทดลองหาอัตราการป้อนอากาศที่เหมาะสมจาก 5 ระดับ คือ 0.0104, 0.0109, 0.0115, 0.0120, 0.0126 กิโลกรัมต่อวินาที เมื่อเพิ่มอากาศป้อน ทำให้ค่าทางความร้อนของอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้เตาแก๊สซิไฟเออร์เพิ่มขึ้น จากการทดลองเพิ่มอากาศมากขึ้น อุณหภูมิจะสูงขึ้นตาม จนถึงสภาวะการเผาไหม้สมบูรณ์ และไม่สามารถเกิดกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน ทำให้ไม่สามารถผลิตแก๊สผลิตภัณฑ์ได้



ภาพที่ 3 การทดสอบหาค่าต่างๆ ของเตาแก๊สซิไฟเออร์

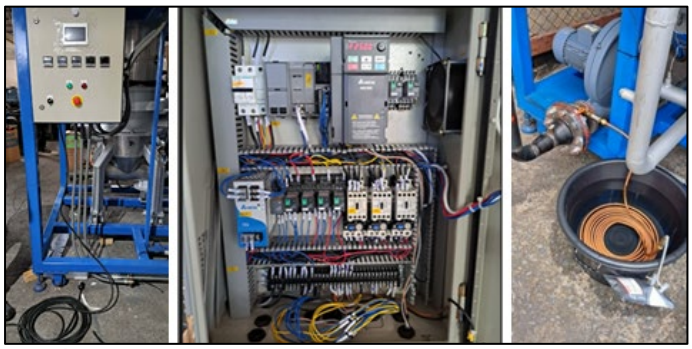
ตารางที่ 2 การตรวจสอบหาประสิทธิภาพการนำไปใช้งาน โดยการตรวจวัดค่าธาตุประกอบที่อยู่ในซินแก๊ส หรือแก๊สผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเผาไหม้

	Gas Species (% by Vol.)				
Inlet Air	**CO**	**CO2**	**CH4**	**H2**	**N2**
0.0104	27.02	8.76	0.72	5.23	57.14
0.0109	27.12	7.23	0.82	5.15	58.49
0.0115	29.13	5.58	0.80	6.72	56.32
0.0120	25.23	7.30	0.74	6.32	59.84
0.0126	23.97	6.32	0.67	6.12	61.92



กราฟที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าองค์ประกอบของธาตุแก๊สสังเคราะห์กับอัตราการป้อนอากาศที่เหมาะสมจาก 5 ระดับจากการทดลองที่ 1

จากการทดลองในตารางที่ 2 และกราฟที่ 2 ผลการตรวจสอบประสิทธิภาพการนำไปใช้งาน โดยการตรวจวัดค่าธาตุประกอบที่อยู่ในซินแก๊ส หรือแก๊สผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเผาไหม้ พบว่าเมื่อป้อนอากาศที่มีอัตราการไหล ทั้ง 5 ระดับ โดยที่ระดับอัตราการป้อนอากาศที่ 0.0115 มีค่าขององค์ประกอบธาตุ CO มากที่สุด อยู่ที่ 29.13 % และให้ค่า CO_2 ที่ต่ำที่สุด ซึ่งส่งผลต่อทำให้ค่าทางความร้อนที่สูง รวมถึงประสิทธิภาพทางความร้อนที่ดีขึ้นด้วย



ภาพที่ 4 การควบคุมการทำงานและวัดค่าอุณหภูมิ

การคำนวณหาค่าความร้อนต่ำ (LHV) ของแก๊สสังเคราะห์ และการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพทางความร้อน (Gas Efficiency)

องค์ประกอบแก๊สสังเคราะห์ (%โดยปริมาตร) COเท่ากับ 29.13%, CO_2 เท่ากับ 5.58%, CH_4 เท่ากับ 0.80%, H_2 เท่ากับ 6.72% และN_2 เท่ากับ 56.32%

ค่าความร้อนของแก๊สแต่ละชนิด LHV (MJ/Nm^3) LHV_{CO} เท่ากับ 12.63 MJ/Nm^3, LHV_{H2} เท่ากับ 10.78 MJ/Nm^3, LHV_{CH4} เท่ากับ 35.88 MJ/Nm^3

สมการคำนวณค่าความร้อนต่ำของแก๊สสังเคราะห์ (LHV_{gas})

$$LHV_{gas} = \left(\frac{\%CO}{100} \times LHV_{CO}\right) + \left(\frac{\%H_2}{100} \times LHV_{H_2}\right) + \left(\frac{\%CH_4}{100} \times LHV_{CH_4}\right)$$

$LHV_{gas} = \left(\frac{29.13}{100} \times 12.63\right) + \left(\frac{6.72}{100} \times 10.78\right) + \left(\frac{0.80}{100} \times 35.88\right)$

= 3.679+0.724+0.287

= 4.69 MJ/Nm^3

สมการคำนวณประสิทธิภาพทางความร้อน (Gas Efficiency)

$$\eta_{GE} = \frac{\dot{V}_{gas} \times LHV_{gas}}{\dot{m}_{biomass} \times LHV_{biomass}} \times 100\%$$

η_{GE} = ประสิทธิภาพทางความร้อนของกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน (%)

$\dot{V}_{gas}$ = อัตราการผลิตแก๊สสังเคราะห์ (44.91 Nm^3/h)

LHV_{gas} = ค่าความร้อนต่ำของแก๊สสังเคราะห์ (4.69 MJ/Nm^3)

$\dot{m}_{biomass}$ = อัตราการป้อนเชื้อเพลิงชีวมวล (12.9 kg/h)

$LHV_{biomass}$ = ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิงชีวมวล (28.82 MJ/kg)

$$\eta_{GE} = \frac{44.91 \times 4.69}{12.9 \times 28.82} \times 100\%$$

$$\eta_{GE} = 56.65\%$$

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ผลสรุปและอภิปรายผลการวิจัยพบว่า เครื่องต้นแบบระบบผลิตแก๊สสังเคราะห์ มีประสิทธิภาพในการทำงานที่ดีที่สุดจากการทดลอง คือ การทดลองระหว่างอุณหภูมิในแต่ละตำแหน่งของเตาแก๊สซิไฟเออร์เทียบกับการทดลองหาอัตราการป้อนอากาศที่เหมาะสมจาก 5 ระดับ คือ0.0104, 0.0109, 0.0115, 0.0120, 0.0126 กิโลกรัมต่อวินาที เมื่อเพิ่มอากาศป้อนเข้าไปทำให้ค่าทางความร้อนของอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้เตาแก๊สซิไฟเออร์เพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มอากาศมากขึ้น อุณหภูมิจะสูงขึ้นตามตามไปด้วย จนถึงสภาวะการเผาไหม้สมบูรณ์ และไม่สามารถเกิดกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันได้ ทำให้ไม่สามารถผลิตแก๊สผลิตภัณฑ์ได้ จากการตรวจวัดค่าธาตุประกอบที่อยู่ในซินแก๊ส หรือแก๊สผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเผาไหม้ พบว่า เมื่อป้อนอากาศที่มีอัตราการไหล ทั้ง 5 ระดับ โดยที่ระดับอัตราการป้อนอากาศที่ 0.0115 มีค่าขององค์ประกอบธาตุ CO มากที่สุด อยู่ที่ 29.13 % และให้ค่า CO_2 ที่ต่ำที่สุด ซึ่งส่งผลทำให้ค่าทางความร้อนที่สูงรวมถึงประสิทธิภาพทางความร้อนที่ดีขึ้นด้วย ดังนั้นผลิตภัณฑ์แก๊สสังเคราะห์ที่ดีที่สุดจากการทดลองได้องค์ประกอบที่สามารถวิเคราะห์แยกได้ ดังนี้ CO 29.13%, H_2 6.72%, CO_2 5.58%, CH_4 0.80% และ N_2 56.32% ซึ่งได้ค่าทางความร้อนของแก๊สสังเคราะห์เท่ากับ 4.69 เมกกะจูลต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพทางความร้อนของอัตราการป้อนอากาศ ที่ 0.0115 กิโลกรัมต่อวินาที สามารถระบุได้ว่ามีประสิทธิภาพทางความร้อนที่สูงที่สุดเท่ากับ 56.65% จากการทดลอง เนื่องจากมีอัตราส่วนผสมระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาภายในเตาแก๊สซิฟิเคชันแบบไหลลง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (ววน.) ปีงบประมาณ พ.ศ. 2568–2569

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ข้อเสนอแนะสำหรับการดำเนินงานในระยะต่อไปสามารถทำการวิจัยและพัฒนาต่อยอดในด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบผลิตแก๊สสังเคราะห์ให้มีประสิทธิภาพทางความร้อนที่สูงขึ้น และสามารถผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าที่ใช้ทดแทนพลังงานไฟฟ้าได้ การพัฒนาต่อ ให้สามารถใช้งานได้กับงานหลากหลายประเภทมากขึ้น ด้วยต้นทุนในด้านพลังงานที่ไม่สิ้นสุด เหมาะสำหรับต่อยอดทั้งทางภาคอุตสาหกรรม และเกษตร เนื่องจากเป็นพลังงานสะอาดที่สามารถเป็นพลังงานทดแทนได้ อีกทั้งยังให้พลังงานความร้อนที่สูง ได้แก๊สสังเคราะห์ที่มีคุณภาพสูง ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและน้ำมัน

เอกสารอ้างอิง

เกษมสุข, สมคิด, และ บุญรอด, สุภัทร. (2017). การวิเคราะห์ก๊าซชีวมวลที่ได้จากแก๊สซิไฟเออร์แบบไหลลงโดยใช้กะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิง. *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ*, 20(2), 45-53

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.(2558). แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2553 – 2579. กระทรวงพลังงาน, หน้า 112.

โคสาแสง, ไตรรัตน์, และ สันติวรากร, รัชพล. (2559). การออกแบบเตาแก๊สซิฟายเออร์แบบไหลลงประสิทธิภาพสูง. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น,* 43(1), 15-22.

ไชยยะ คงมณี, วิโชติ จงรุ่งโรจน์, บัญชา สมบูรณ์สุข และ ปุรวิชญ์ พิทยาภินันท์.(2560).กรณีศึกษาการประเมินศักยภาพชีวมวลจากไม้ยางพาราสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กมากใน 3 จังหวัดชายแดนใต้. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์,หน้า 65-76

ทองแท่ง, ทรงเกียรติ, และ มีแก้ว, สมยศ. (2023). การเพิ่มประสิทธิภาพเตาแก๊สซิไฟเออร์แบบไหลลงโดยใช้กากกะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิงร่วมกับระบบควบคุมอัตโนมัติ. Recent Science and Technology, 17(3), 85-94.

บุญมา, สมชาย, เจริญสุข, อาทิตย์, และ ศรีสะอาด, นรินทร์. (2024). การออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบท่อหมุนระบบอัจฉริยะที่ใช้พลังงานร่วมจากแก๊สซิไฟเออร์แกลบและชีวมวลอัดเม็ด. *Journal of Industrial Technology and Engineering, Pibulsongkram Rajabhat University*, 2(1), 12-25.

ศุภวิทย์ ลวณะสกล. 2558. เทคโนโลยีการแปรรูปชีวมวลให้เป็นพลังงาน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, หน้า 150.

เสถียรพงษ์, พงษ์เจต, และ ประสิทธิ์, ประเสริฐ. (2016). การออกแบบเตาแก๊สซิฟายเออร์แบบไหลลงประสิทธิภาพสูง. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น,* 43(1), 15-22.

Chumpol, A., & Tongroon, M. (2020). A study on thermal efficiency of downdraft gasifier (swirl air type). *Journal of Current Science and Technology*, 10(2), 145-154.

Wattana, Arpakorn, Janpong, Sarawut, & Supichayanggoon, Yannavut. (2018). Downdraft gasifier identification via neural networks. *Journal of Current Science and Technology,* 8(2), 87–98.

Data Availability Statement: The raw data supporting the conclusions of this article will be made available by the authors, without undue reservation.

Conflicts of Interest: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Publisher's Note: All claims expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent those of their affiliated organizations, or those of the publisher, the editors and the reviewers. Any product that may be evaluated in this article, or claim that may be made by its manufacturer, is not guaranteed or endorsed by the publisher.



Copyright: © 2026 by the authors. This is a fully open-access article distributed under the terms of the Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).