

การออกแบบและสร้างเครื่องผลิตก๊าซชีวมวลสำหรับเครื่องยนต์ขนาดเล็ก Design and Build of Biomass Machine for Small Engines

วสวัตดี เสาวดี^{1*}, อโนทัย สุขแสงพนมรุ่ง¹, ชวิน จันทรเสนาวงศ์²

Wasawat Saowadee^{1*}, Anotai Suksangpanomrung¹, Chawin Chantharasenawong²

¹กองวิศวกรรมเครื่องกล ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า จังหวัดนครนายก 26001

²สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางมด เขตทุ่งครุ กทม. 10140

ผู้นิพนธ์ประสานงาน : wasawat.sa@crma.ac.th

วันที่รับบทความ: 18 เมษายน 2566 / วันที่แก้ไขบทความ: 22 สิงหาคม 2566 / วันที่ตอบรับการตีพิมพ์: 31 สิงหาคม 2566

บทคัดย่อ เครื่องผลิตก๊าซชีวมวลทำให้เกิดกระบวนการเผาไหม้แบบไม่สมบูรณ์เป็นการจำกัดออกซิเจนที่ใช้ในการเผาไหม้ให้น้อยกว่าการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ 30 - 40 % โดยก๊าซชีวมวลที่ได้จากกระบวนการการเผาไหม้แบบแก๊สซิฟิเคชันมีส่วนประกอบหลักคือ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), ก๊าซไฮโดรเจน (H₂), ก๊าซมีเทน (CH₄), ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และก๊าซอื่น ๆ ที่สามารถติดไฟได้ โดยในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาออกแบบเครื่องผลิตก๊าซชีวมวลสำหรับเครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ ขนาด 7 แรงม้า ความจุกระบอกสูบ 208 ซีซี ของเครื่องย่อยกิ่งไม้ยี่ห้อแพนด้า SZ-76 เพื่อใช้ย่อยกิ่งไม้ในพื้นที่การเกษตร โดยการใช้พลังงานชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงให้กับเครื่องยนต์นั้น ในขั้นแรกได้ทำการทดลองเพื่อหาค่าปัจจัยของก๊าซชีวมวลในแต่ละสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ โดยมีการปรับเปลี่ยนค่าปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้ ความเร็วของก๊าซชีวมวลที่ป้อนเข้าสู่เครื่องยนต์, อุณหภูมิของก๊าซชีวมวลบริเวณก่อนเข้าห้องเผาไหม้และอัตราส่วนผสมระหว่างก๊าซชีวมวลกับอากาศ จากนั้นเปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลกับน้ำมันเบนซิน (แก๊สโซฮอล์ 95) ซึ่งผลที่ได้พบว่าอัตราเฉลี่ยในการใช้น้ำมันเบนซินในการเดินเครื่องยนต์เป็นเวลาหนึ่งชั่วโมงใช้ปริมาณน้ำมัน 722.67 ซีซี คิดเป็นเงิน 15.72 บาท และเมื่อเปลี่ยนเป็นการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลในการเดินเครื่องยนต์เป็นเวลาหนึ่งชั่วโมงใช้ถ่านไม้กระถินณรงค์ไปจำนวน 975.50 กรัม คิดเป็นเงิน 9.75 บาท เชื้อเพลิงทั้งสองประเภทอ้างอิงราคาน้ำมันเบนซิน เมื่อวันที่ 9 กันยายน 2563 โดยราคาดังกล่าว 21.75 บาท และถ่านไม้กระถินณรงค์ราคา กิโลกรัมละ 10 บาท จากนั้นเดินเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวลร่วมกับน้ำมันเบนซิน พบว่าสามารถลดการใช้น้ำมันเบนซินได้ 7.86 บาทต่อหนึ่งชั่วโมง และจากต้นทุนการสร้างเครื่องผลิตก๊าซชีวมวลต้นแบบดังกล่าว ต้องใช้งานเครื่องผลิตก๊าซชีวมวลนี้ที่ประมาณ 47 สัปดาห์ถึงจะเกิดความคุ้มค่า

คำสำคัญ : เครื่องผลิตก๊าซชีวมวล, พลังงานชีวมวล, แก๊สซิฟิเคชัน, เชื้อเพลิงชีวมวล

Abstract Biomass machines cause incomplete combustion because of the limited amount of oxygen used in combustion, which is 30–40% less than complete combustion. Biomass gas derived from the gasification combustion process contains such main components as carbon monoxide (CO), hydrogen (H₂), methane (CH₄), carbon dioxide (CO₂), and other combustible gases. This research aims to study the design of a biomass generator for 4-stroke gasoline engine, size 7 horsepower, displacement: 208 cc. of the Panda SZ-76 wood chipper by using biomass as its fuel. Initially, experiments were conducted to determine the biomass gas factors in each operating condition of the engine. Several parameters were adjusted, namely the speed of biomass entering the engine, the temperature of biomass in the combustion chamber, and the ratio of ingredients between biomass gas and air.

Subsequently, the use of biomass fuel was compared with benzene gasohol (95 benzene). The results indicated that the average rate of using the gasohol 95 in running the engine for one hour used an amount of 722.67 cc, equivalent to 15.72 THB. On the contrary, changing to biomass fuel to run the engine for one hour is equal to using 975.50 grams of charcoal from Krathin-Narong trees, all of which are worth 9.75 THB. The prices of both types of fuel are referred to as the one of gasohol 95 on September 9, 2020, at 21.75 baht per liter and another of Krathin-Narong Charcoal at 10 THB per kilogram. Operating an engine using biomass fuel together with gasohol 95 could reduce benzene consumption by 7.86 THB per hour. In return for the cost of constructing a traditional biomass generator, it takes approximately 47 weeks for operation to become cost-effective.

Keywords: biomass machine, biomass energy, gasification, biomass fuel

1. บทนำ

ประเทศไทยมีประชากรส่วนใหญ่อยู่ในภาคการเกษตรและปลูกพืชหลากหลายชนิดตามสภาพภูมิอากาศในแต่ละภาค ทำให้แต่ละปีมีเศษวัสดุเหลือใช้จากการเก็บเกี่ยว หรือจากการแปรรูปผลิตผลทางการเกษตรจำนวนมาก กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ประเมินว่าในแต่ละปีจะมีเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร หรือที่เรียกว่าชีวมวล (Biomass) ประมาณปีละ 60 ล้านตัน ซึ่งเป็นปริมาณมหาศาลที่ต้องกำจัดทิ้งไป มีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่จะถูกนำไปใช้ประโยชน์ จากกระแสนอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม และลดการใช้พลังงานจากฟอสซิล เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน ทำให้มีการพัฒนาเทคโนโลยี เพื่อนำเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรกลับมาใช้ใหม่ โดยการแปรรูปพลังงานที่ถูกกักเก็บไว้ตามธรรมชาติ ในเศษวัสดุเหล่านี้ ซึ่งเรียกเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรโดยรวมว่า ชีวมวลซึ่งหมายถึงสารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติ และสามารถนำมาใช้ผลิตพลังงานได้ สารอินทรีย์เหล่านี้ได้มาจากพืชและสัตว์ต่าง ๆ เช่น เศษไม้ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งเป็นแหล่งกักเก็บพลังงานของพืช ที่ต้องอาศัยแสงอาทิตย์ในการสังเคราะห์แสงและเจริญเติบโต จากนั้นจะแปรเปลี่ยนสภาพเป็นของแข็ง หรือแปรสภาพ

เป็นของเหลว ที่สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนแทนพลังงานจากฟอสซิลได้

ชีวมวล (Biomass) จึงจัดเป็นพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) ที่สำคัญชนิดหนึ่ง โดยมีการนำชีวมวลมาใช้เป็นพลังงาน โดยมีแหล่งที่มาได้ 2 แหล่ง คือ เศษวัสดุจากการเกษตร และการแปรรูปอุตสาหกรรมเกษตร เพื่อนำมาเป็นเชื้อเพลิงพลังงาน ชีวมวลที่เกิดขึ้นในพื้นที่หลังจากการเก็บเกี่ยว หรือโค่นต้น เช่น ฟางข้าว ใบอ้อย ยอดอ้อย เหง้ามันสำปะหลัง ยอดใบข้าวโพด ลำต้นข้าวโพด ใบปาล์ม ทางปาล์ม ยอดใบและลำต้นถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วลิสง ทะลายมะพร้าว ทางมะพร้าว ใบมะพร้าว ลำต้นปาล์มน้ำมัน ปาล์มไม้ ตอ ราก และกิ่งก้านไม้ยางพารา

นอกจากนี้ยังมีชีวมวล ที่เกิดขึ้นในกระบวนการของโรงงานอุตสาหกรรม หลังแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เช่น แกลบ ชานอ้อย ชังข้าวโพด เปลือกมันสำปะหลัง กากมันสำปะหลัง ทะลายปาล์มเปล่า เส้นใยปาล์ม กะลาปาล์ม ปีกไม้ยางพารา ขี้เลื่อยไม้ยางพารา เศษไม้ยางพารา เปลือกมะพร้าว กาบมะพร้าว และกะลามะพร้าว จากปริมาณ ชีวมวลที่เกิดขึ้นแต่ละปี ที่มีจำนวนมหาศาล ได้มีการนำ ชีวมวลเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะการผลิตไฟฟ้าและนำชีวมวลบางประเภทไปใช้เป็นส่วนผสมน้ำมันเชื้อเพลิง หรือไบโ

ดีเซล ซึ่งกระบวนการแปรรูปไปเป็นพลังงาน มีหลายรูปแบบ

1. การเผาไหม้โดยตรง (Combustion) เป็นการนำชีวมวลมาเผา จะได้ความร้อนที่แตกต่างกันตามชนิดของชีวมวล ความร้อนที่ได้สามารถนำไปใช้ในการผลิตไอน้ำที่มีอุณหภูมิ และความดันสูงไอน้ำนี้จะถูกนำไปขับเคลื่อนกังหันไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าต่อไป ชีวมวลประเภทนี้ คือ เศษวัสดุทางการเกษตร และเศษไม้

2. การผลิตก๊าซ (Gasification) เป็นกระบวนการเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็ง หรือชีวมวลด้วยกระบวนการเผาแบบอัดอากาศได้ก๊าซเชื้อเพลิง เรียกว่า ก๊าซชีวมวลมีองค์ประกอบของก๊าซมีเทน ไฮโดรเจน และคาร์บอนมอนอกไซด์ สามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์ก๊าซ

3. การหมัก (Fermentation) เป็นการนำชีวมวลมาหมักด้วยแบคทีเรียในสภาวะไร้อากาศ ชีวมวลจะถูกย่อยสลาย และแตกตัวได้ก๊าซชีวภาพ ที่มีองค์ประกอบของก๊าซมีเทน นำก๊าซมีเทนใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์สำหรับผลิตไฟฟ้า

4. การผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากพืช โดยใช้กระบวนการทางชีวภาพ ย่อยสลายแป้ง น้ำตาล และเซลลูโลสจากพืชทางการเกษตร เช่น อ้อย มันสำปะหลัง ให้เป็นเอทานอล เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์เบนซิน หากนำไปผ่านกระบวนการทางฟิสิกส์และเคมี โดยสกัดน้ำมันออกจากพืช น้ำมัน น้ำมันปาล์ม แล้วนำไปผ่านกระบวนการ Transesterification ก็จะผลิตเป็นไบโอดีเซลออกมา เป็นต้น

การนำชีวมวลมาเป็นเชื้อเพลิงมีข้อดี คือ การเผาไหม้ชีวมวลแม้จะเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เกิดจากการเผาไหม้ แต่จะถูกหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่โดยพืชเพื่อสังเคราะห์แสง จึงไม่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก และมีกำมะถัน หรือก๊าซซัลเฟอร์ต่ำ ซึ่งไม่สร้างปัญหาเรื่องฝนกรด จีเอ็มที่ได้จากการเผา สามารถนำไปเพาะปลูก หรือปรับสภาพดินที่เป็นกรดได้ ในด้านเศรษฐกิจ การเผาชีวมวลเพื่อผลิตไฟฟ้า ช่วยลดภาระในการกำจัดเศษวัสดุ



รูปที่ 1 เครื่องย่อยกิ่งไม้ ยี่ห้อแพนด้า SZ-76

ใช้เครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ 7 แรงม้า ความจุระบอบสูบ 208 ซีซี [3]

2.งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นายวัชรกร ใจตรงและคณะ[4] ทำการพัฒนาเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากชีวมวลซึ่งงานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาและการทดลองหาประสิทธิภาพเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากชีวมวล ซึ่งมีวัตถุประสงค์ศึกษากระบวนการเกิดก๊าซจากเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจาก ชีวมวลและพัฒนาเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากชีวมวล โดยนำก๊าซที่ได้จากเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากชีวมวลมาเป็นเชื้อเพลิงให้กับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนขนาด 4.5 แรงม้า ทดลองเผา เชื้อเพลิงแข็ง 3 ชนิดได้แก่ถ่านไม้ ฟืนและ

ใบไม้ โดยเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการเผาและระยะเวลาในการเดินเครื่องยนต์ ถ่านไม้ น้ำหนัก 20 กิโลกรัม ระยะเวลาในการเผาไหม้หนึ่งชั่วโมงสามารถเดินเครื่องยนต์ได้เวลา 36 นาที ฟืน น้ำหนัก 20 กิโลกรัม ระยะเวลาในการเผาไหม้ 50 นาที สามารถเดินเครื่องยนต์ได้เป็นเวลา 20 นาที และใบไม้ น้ำหนัก 20 กิโลกรัม ระยะเวลาในการเผาไหม้ 40 นาที ไม่สามารถเดินเครื่องยนต์ได้จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าถ่านไม้เหมาะสำหรับการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากชีวมวลมากที่สุด ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดลองเผาไหม้ [4]

ชนิดเชื้อเพลิง	น้ำหนัก (kg)	ระยะเวลาเผาไหม้ (นาที)	ระยะเวลาเครื่องยนต์เดินด้วยแก๊สเชื้อเพลิงจากชีวมวลโดยไม่ต่อโหลด (นาที)	ระยะเวลาเครื่องยนต์เดินด้วยแก๊สเชื้อเพลิงจากชีวมวลโดยต่อโหลด (นาที)
ถ่านไม้	20	60	36	31
ฟืน	20	60	20	15
ใบไม้	20	40	0	0

พงษ์ศักดิ์ ทรัพย์สารและคณะ[5] ทำการวิจัยถึงองค์ประกอบที่ได้จากการผลิตของกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันด้วยชุดแก๊สซิไฟเออร์แบบการไหลลง (Downdraft Gasifier) โดยใช้กะลามะพร้าวสดและถ่านกะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิงและใช้ช่วงความเร็วอากาศที่ 7, 10 และ 14 เมตรต่อวินาที ซึ่งผลการศึกษาพบว่าองค์ประกอบก๊าซเชื้อเพลิงกะลามะพร้าวสดและถ่านจากกะลามะพร้าวมีร้อยละองค์ประกอบก๊าซหลัก คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

15.64, 17.39 ก๊าซไฮโดรเจน (H₂) 15.89, 8.47 ก๊าซมีเทน (CH₄) 4.77, 2.36 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) 16.09 และ 18.17 ตามลำดับ โดยช่วงความเร็วอากาศที่ดีที่สุดคือช่วงความเร็วอากาศเข้า 10 เมตรต่อวินาที ให้ร้อยละประสิทธิภาพของเตาแก๊สซิไฟเออร์สูงสุดเท่ากับ 57.45, 84.59 ค่าความร้อนของก๊าซที่ได้ 6,307 4,441 kJ/m³ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 2.58 และ 2.86 kg/h ดังตารางที่ 2, 3 และ 4

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงกะลามะพร้าวสดและถ่านกะลามะพร้าว [5]

เชื้อเพลิง	ความเร็ว อากาศ (m/s)	ความชื้น มาตรฐานแห้ง (%)	เถ้า (%)	สารระเหย (%)	ถ่าน (%)	HHV _{fuel} * (kJ/kg)
กะลามะพร้าวสด	7	11.87	66.93	99.04	1.63	20,208.72
	10		58.77	99.16	1.89	
	14		64.27	99.08	1.65	
ถ่านกะลามะพร้าว	7	10.23	63.26	99.10	1.43	31,212.64
	10		48.12	99.31	1.46	
	14		45.63	99.35	1.50	

ตารางที่ 3 องค์ประกอบของก๊าซที่เกิดขึ้นในกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน [5]

เชื้อเพลิง	ความเร็วอากาศ (m/s)	องค์ประกอบของโปรดิวเซอร์แก๊ส (%)			
		CO	H ₂	CH ₄	CO ₂
กะลามะพร้าวสด	7	15.62	14.55	4.82	15.21
	10	16.54	15.12	5.09	16.48
	14	16.79	14.45	4.27	17.97
ถ่านกะลามะพร้าว	7	17.18	8.22	2.46	7.84
	10	17.67	8.07	2.52	8.67
	14	17.32	8.08	2.11	8.89

ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาแก๊สซิไฟเออร์และคุณสมบัติที่เกี่ยวข้อง [5]

เชื้อเพลิง	ความเร็วอากาศ (m/s)	ประสิทธิภาพ (%)	A/F Ratio	อัตราการใช้เชื้อเพลิง (kg/h)	HHV _{gas} (kJ/m ³)
กะลามะพร้าวสด	7	26.67	17.51	2.43	5,996
	10	50.97	23.57	2.58	6,307
	14	47.96	29.35	2.90	5,906
ถ่านกะลามะพร้าว	7	12.01	17.00	2.50	4,373
	10	19.40	21.26	2.86	4,441
	14	18.64	27.33	3.11	4,223

จากผลการสำรวจเอกสารที่เกี่ยวข้องแสดงให้เห็นว่า นักวิจัยคนแรกได้เลือกใช้เชื้อเพลิงแข็ง 3 ชนิดได้แก่ถ่านไม้ ฟืนและใบไม้ และพบว่าถ่านไม้น้ำหนัก 20 กิโลกรัม ระยะเวลาในการเผาไหม้หนึ่งชั่วโมงสามารถเดินเครื่องยนต์ได้เวลา 36 นาที ส่วนนักวิจัยท่านต่อมาได้ผลิตของกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันด้วยชุดแก๊ส ซีไฟเออร์แบบการไหลลง (Downdraft Gasifier) โดยใช้กะลามะพร้าวสดและถ่านกะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิงพบว่ากะลามะพร้าวสดสามารถให้ประสิทธิภาพการเดินเครื่องยนต์สูงที่สุด ซึ่งข้อมูลจากงานวิจัยดังกล่าวสามารถนำมาต่อยอดประยุกต์ใช้เพื่อสร้างเครื่องผลิตก๊าซชีววมวลในลักษณะอื่น ๆ ได้ในอนาคต ผู้วิจัยยังไม่พบการออกแบบและจัดสร้างเครื่องผลิตก๊าซชีววมวลขนาดกลางที่เบาและโครงสร้างไม่ซับซ้อนที่สามารถนำเคลื่อนย้ายเข้าไปยังพื้นที่ห่างไกล และมีท่อส่งก๊าซแบบอ่อนที่สามารถต่อเข้ากับเครื่องยนต์ทางการเกษตรได้ง่าย เพื่อรองรับกับการใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ และในอนาคตยังสามารถพัฒนาให้สามารถต่อยอดให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเพื่อเหมาะกับการใช้งานต่าง ๆ ได้

3. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การศึกษาการใช้พลังงานชีววมวลเป็นเชื้อเพลิงทดแทนให้กับเครื่องยนต์ส่วนที่เป็นหัวใจหลักคือ เครื่องผลิตก๊าซชีววมวล ซึ่งจากการสืบค้นงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าเครื่องผลิตก๊าซชีววมวลแบบอากาศไหลลง (Downdraft Gasifier) [6-8] เหมาะสมสำหรับการทำการวิจัยในครั้งนี้ เนื่องจากในกระบวนการก่อให้เกิดคราบเขม่าและน้ำมันดินในปริมาณที่น้อยและยังมีขั้นตอนการออกแบบและจัดสร้างที่ไม่ซับซ้อน โดยขั้นตอนทั้งหมดที่ผู้วิจัยทำการจัดสร้างนั้นแบ่งขั้นตอนต่าง ๆ ออกได้เป็น 6 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นตอนการออกแบบและสร้างส่วนของเตาเผา

ออกแบบเตาเผาที่มีลักษณะเป็นทรงกระบอกกลวง ผนังของเตาเผาหนาประมาณ 5 มิลลิเมตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 25 เซนติเมตร ความสูง

ประมาณ 120 เซนติเมตร โดยภายในเตาบริเวณห้องเผาไหม้ทำเป็นคอคอดและด้านนอกเตาทางช่องด้านบนสุดสามารถเปิด-ปิด เพื่อเติมชีววมวลได้ โดยมีขนาดความจุเตา 0.4 ลูกบาศก์เมตร ท่อทรงกระบอกด้านบนเป็นท่อทางเข้าของอากาศ ท่อตรงกลางเป็นช่องที่ไว้สำหรับจุดไฟในตอนเริ่มต้น ซึ่งช่องนี้คือบริเวณห้องเผาไหม้ของเตาเผา และท่อด้านล่างสุดเป็นช่องทางที่ก๊าซชีววมวลไหลออกจากเตาเพื่อต่อไปยังชุดกรองหยاب ดังรูปที่ 2

2. ขั้นตอนการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ตัวกรองแบบหยاب

อุปกรณ์ตัวกรองนี้มีลักษณะเป็นทรงกระบอกกลวง โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 12 เซนติเมตรและมีความสูง 40 เซนติเมตร โดยมีลักษณะการทำงานเป็นแบบไซโคลน(Cyclone) โดยก๊าซชีววมวลไหลผ่านเข้ามาในระบบกรองจากทางด้านข้าง เศษวัสดุที่มีความแหลมคม, ที่ติดไฟอยู่หรือที่มีน้ำหนักมากจะแยกตกลงสู่ด้านล่างและก๊าซก็จะไหลไปทางท่อด้านบนไปยังขั้นตอนต่อไป บริเวณด้านล่างสุดของตัวกรองมีท่อเป็นเกลียวพร้อมฝาที่สามารถเปิดและปิดเพื่อทำความสะอาดนำเอาเศษฝุ่นหรือถ่านออกมาได้ ดังรูปที่ 3

3. ขั้นตอนการสร้างอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

ทำการออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อลดอุณหภูมิของก๊าซ โดยใช้ท่อเหล็กทรงกลมกลวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร ความยาวแต่ละท่อน 30 เซนติเมตร จำนวน 6 ท่อน เชื่อมต่อเข้ากับเหล็กกล่องขนาดกว้าง 5 เซนติเมตรและสูง 5 เซนติเมตร เชื่อมต่อกันทำเป็นท่อทางเดินของก๊าซในระบบ โดยมีพัดลมขนาด 10 นิ้ว 12 โวลต์เปิดด้านหลังอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศภายนอกกับก๊าซในระบบ โดยพัดลมดังกล่าวสามารถปรับความเร็วของพัดลมได้ เพื่อควบคุมอุณหภูมิของก๊าซในระบบให้มีอุณหภูมิคงที่ ดังรูปที่ 4

4. ขั้นตอนการสร้างอุปกรณ์ตัวกรองแบบละเอียด

อุปกรณ์ตัวกรองละเอียดจะมีลักษณะคล้ายกับตัวกรองหยาบ โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 เซนติเมตร ความสูง 40 เซนติเมตร แต่ภายในตัวกรองจะมีใยกรองละเอียดเป็นชั้น ๆ โดยก๊าซจะไหลเข้าทางท่อด้านบนผ่านชั้นกรองแต่ละชั้น เพื่อกรองคราบเขม่าหรือสิ่งปะปนมาพร้อมกับก๊าซชีววมวลแบบละเอียดอีกครั้ง ก่อนที่ก๊าซจะไหลออกทางท่อด้านล่างเพื่อเข้าสู่ขั้นตอนต่อไปดังรูปที่ 5

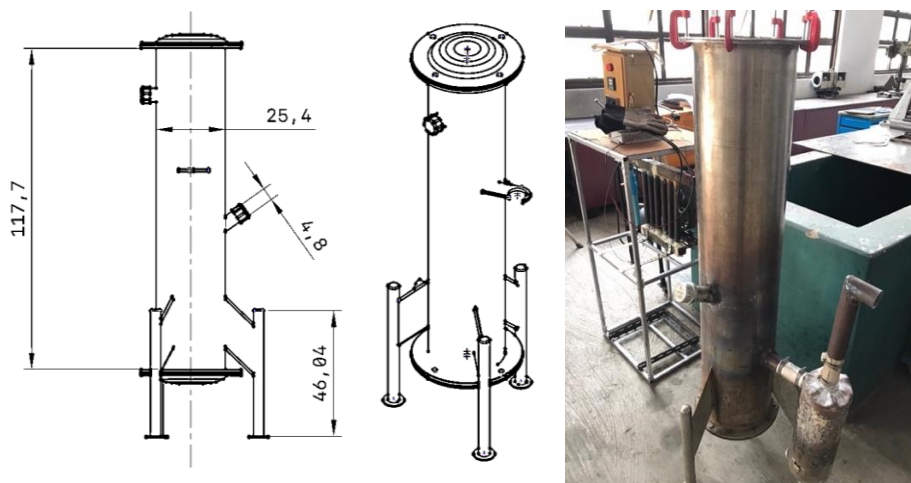
5. ขั้นตอนการประกอบส่วนอุปกรณ์เข้าด้วยกัน

นำชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ได้ทำการจัดสร้างมาประกอบรวมเข้าด้วยกัน โดยมีรายละเอียดดังรูปที่ 6

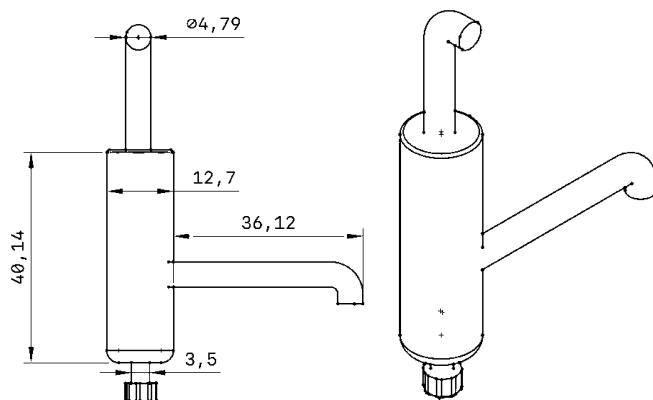
6. ขั้นตอนการติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

ติดตั้งกล่องควบคุมและตรวจวัดอุณหภูมิ และจุดวัดความเร็วลมของก๊าซชีววมวล โดยมีการวัดอุณหภูมิตามจุด ดังนี้ 1) อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม 2) อุณหภูมิของก๊าซขาเข้าชุดแลกเปลี่ยนความร้อน 3) อุณหภูมิของก๊าซขาออกชุดแลกเปลี่ยนความร้อน 4) อุณหภูมิของก๊าซชีววมวลก่อนเข้าเครื่องย่นต์ ดังรูปที่ 7

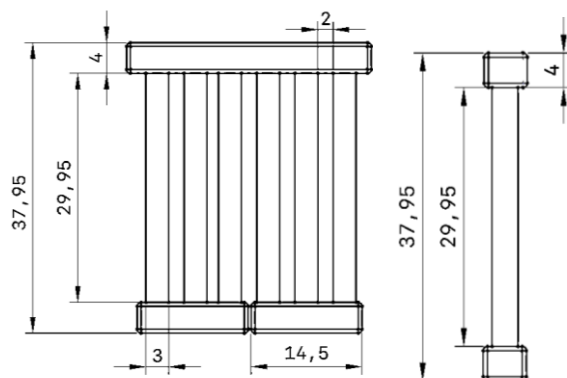
เชื้อเพลิงชีววมวลที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้คือ ถ่านไม้กฐินณรงค์ทุบให้ละเอียดขนาดประมาณ 1-2 เซนติเมตร ใส่ในบริเวณห้องเผาไหม้ จากนั้นทำการจุดไฟในเครื่องผลิตก๊าซชีววมวล โดยต้องรอให้ระบบเตาสามารถผลิตก๊าซชีววมวลได้ในระยะเวลาหนึ่ง โดยสามารถทดสอบได้โดยการจุดไฟที่ท่อทางออกก๊าซ เมื่อพบว่าก๊าซชีววมวลสามารถติดไฟได้ แสดงว่าก๊าซชีววมวลนั้นมีปริมาณความเข้มข้นมากพอที่จะต่อกับระบบเพื่อทำการเก็บผลการทดลองต่อไป ดังรูปที่ 8



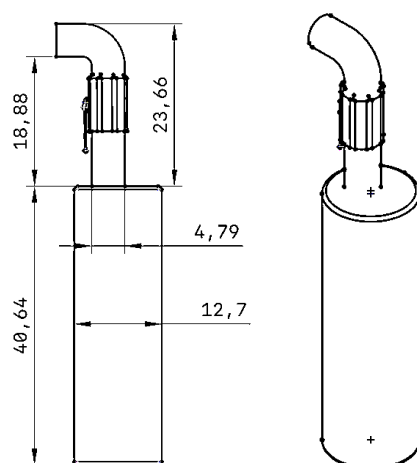
รูปที่ 2 แสดงภาพเครื่องผลิตก๊าซชีววมวล (หน่วย เซนติเมตร)



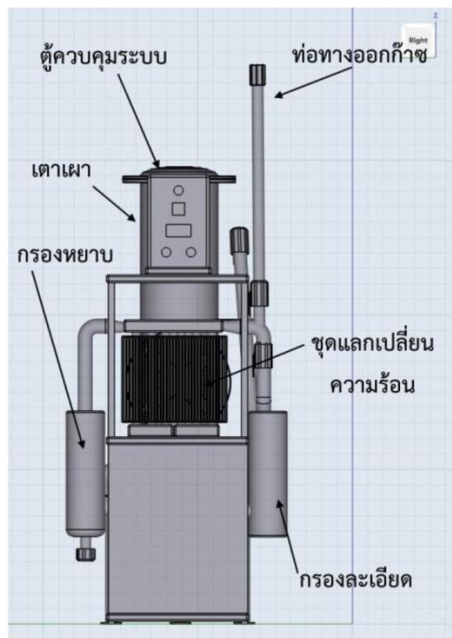
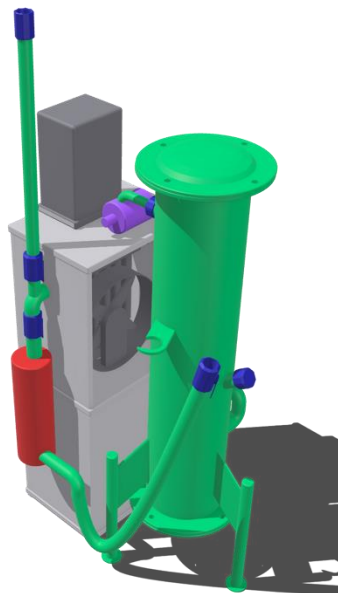
รูปที่ 3 แสดงภาพตัวกรองหยาบ (หน่วย เซนติเมตร)



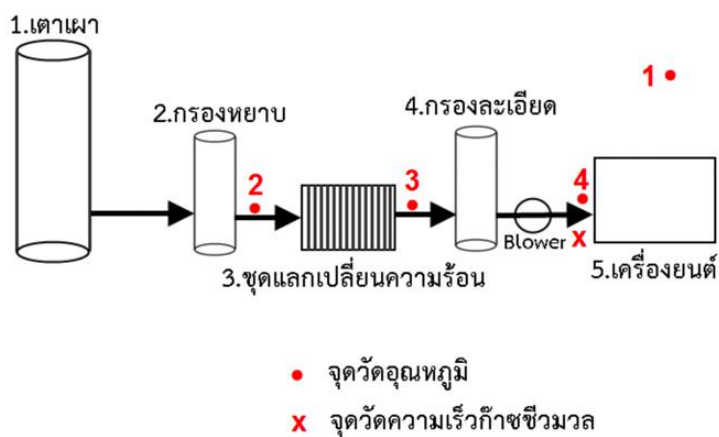
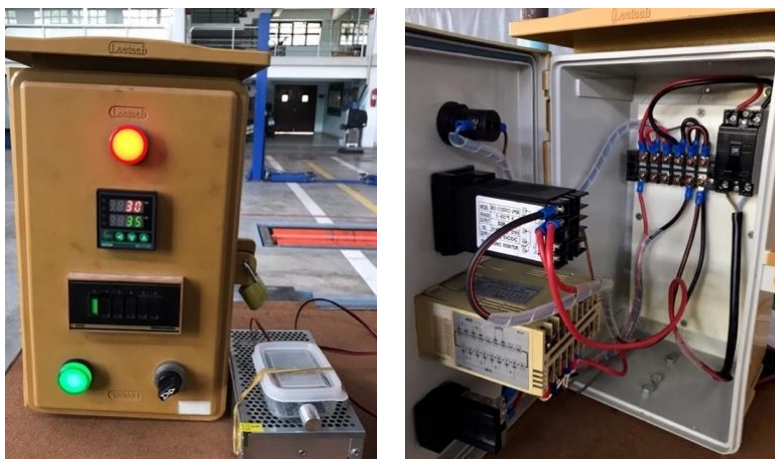
รูปที่ 4 แสดงภาพอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (หน่วย เซนติเมตร)



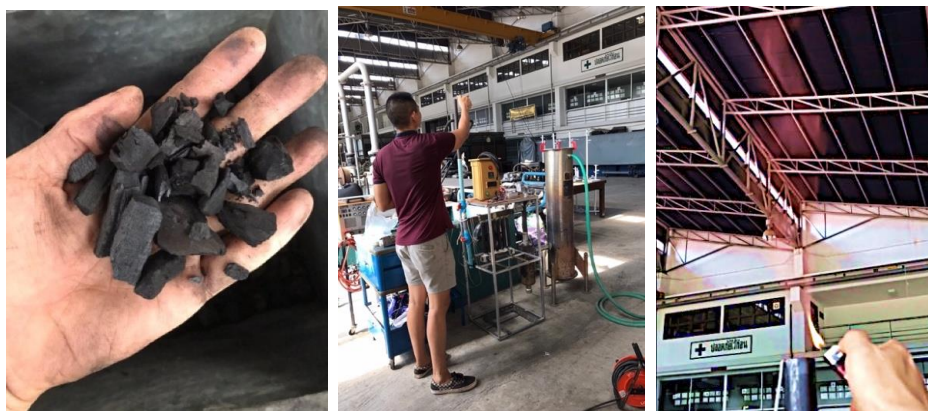
รูปที่ 5 แสดงภาพตัวกรองแบบละเอียด (หน่วย เซนติเมตร)



รูปที่ 6 แสดงภาพชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่นำมาประกอบรวมกัน



รูปที่ 7 แสดงภาพกล่องควบคุมและจุดติดตั้งเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและวัดความเร็วของก๊าซชีววมวล



รูปที่ 8 แสดงภาพเชื้อเพลิงชีววมวลและการทดสอบการจุดติดไฟของก๊าซชีววมวล

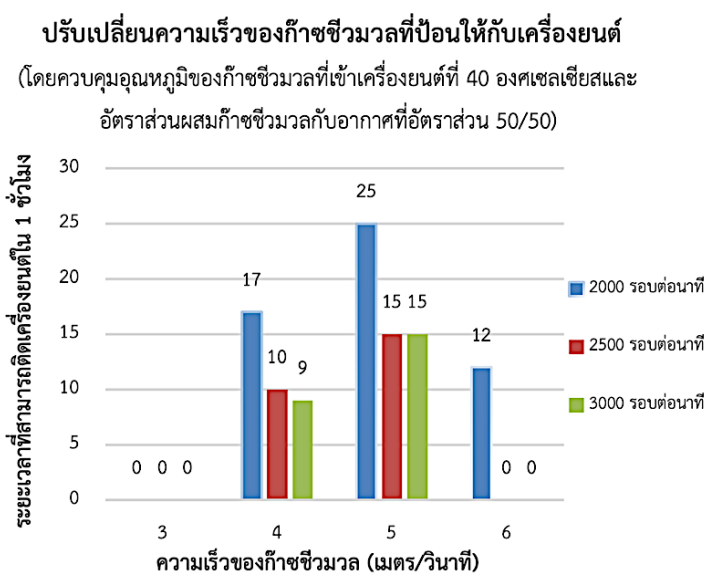
4. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผู้วิจัยเก็บข้อมูลการทดลองตามสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบ 2,000 2,500 และ 3,000 รอบต่อนาที โดยก๊าซชีววมวลที่ผลิตได้จากถ่านไม้สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงให้กับเครื่องยนต์ขนาดเล็กและสามารถใช้ร่วมกับเชื้อเพลิงอื่นได้ ทำการเก็บผลการทดลองเพื่อหาปัจจัยของก๊าซชีววมวลที่มีผลต่อการเดินเครื่องยนต์ โดยการปรับเปลี่ยนปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

1.ปรับเปลี่ยนความเร็วของก๊าซชีววมวล (โดยควบคุมอุณหภูมิของก๊าซชีววมวลที่เข้าเครื่องยนต์ที่ 40

องศาเซลเซียสและอัตราส่วนผสมก๊าซชีววมวลกับอากาศที่อัตราส่วน 50/50)

ความเร็วของก๊าซชีววมวลที่ป้อนให้กับเครื่องยนต์ที่ 3 เมตรต่อวินาที ไม่สามารถติดเครื่องยนต์ได้ในทุกช่วงความเร็ว ที่ความเร็ว 6 เมตรต่อวินาที สามารถติดเครื่องยนต์ได้แค่ในช่วงความเร็ว 2,000 รอบต่อนาที เพราะปริมาณและความเข้มข้นของก๊าซชีววมวลมีไม่เพียงพอ ส่วนความเร็วของก๊าซชีววมวลที่ 4 และ 5 เมตรต่อวินาที เครื่องยนต์สามารถสตาร์ทให้ติดได้ในทุกช่วงความเร็วของรอบเครื่องยนต์ที่ทำการเก็บผลการทดลอง ดังรูปที่ 9



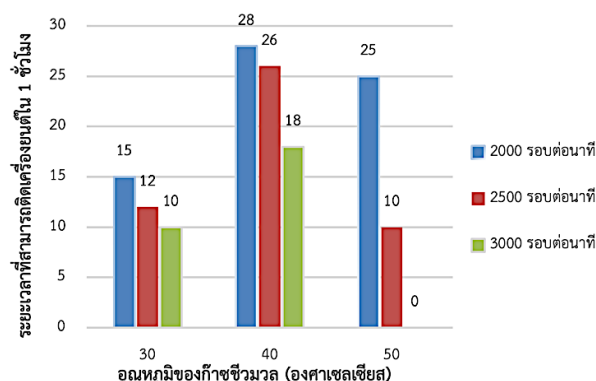
รูปที่ 9 แสดงผลที่ได้จากการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของก๊าซชีววมวล

2. อุณหภูมิของก๊าซชีววมวล มวล (โดยควบคุมความเร็วของก๊าซชีววมวลที่เข้าเครื่องยนต์ที่ 5 เมตรต่อวินาที และอัตราส่วนผสมก๊าซชีววมวลกับอากาศที่อัตราส่วน 50/50)

ที่อุณหภูมิของก๊าซชีววมวลที่ 50 องศาเซลเซียส ไม่สามารถสตาร์ทเครื่องยนต์ให้ติดได้ในช่วงความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที ส่วนที่อุณหภูมิของก๊าซชีววมวล 30 และ 40 องศาเซลเซียส เครื่องยนต์สามารถสตาร์ทให้ติดได้ในทุกช่วงความเร็วที่ทำการเก็บผลการทดลองดังรูปที่ 10

ปรับเปลี่ยนอุณหภูมิของก๊าซชีววมวลก่อนเข้าห้องเผาไหม้

(โดยควบคุมความเร็วของก๊าซชีววมวลที่เข้าเครื่องยนต์ที่ 5 เมตรต่อวินาที และอัตราส่วนผสมก๊าซชีววมวลกับอากาศที่อัตราส่วน 50/50)



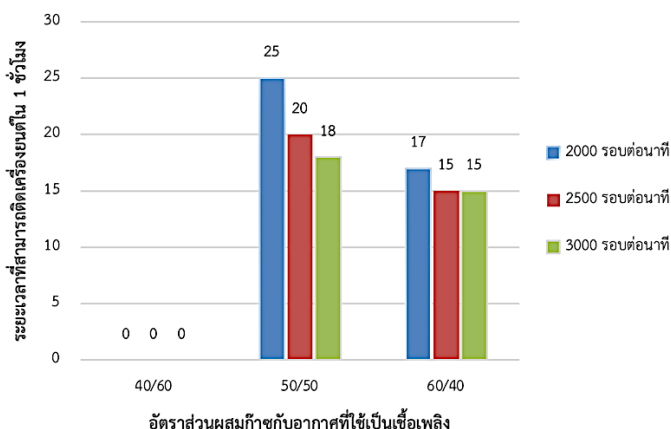
รูปที่ 10 แสดงผลที่ได้จากการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิของก๊าซชีววมวล

3. อัตราส่วนผสมก๊าซชีววมวลกับอากาศ (โดยควบคุมความเร็วของก๊าซชีววมวลที่เข้าเครื่องยนต์ที่ 5 เมตรต่อวินาที และอุณหภูมิของก๊าซชีววมวลที่เข้าเครื่องยนต์ที่ 40 องศาเซลเซียส)

อัตราส่วนผสมก๊าซกับอากาศที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง 40/60 เครื่องยนต์ไม่สามารถสตาร์ทติดได้ในทุกช่วงความเร็ว ส่วนที่อัตราส่วนผสมก๊าซกับอากาศที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง 50/50 และ 60/40 เครื่องยนต์ถูกสตาร์ทให้ติดได้ในทุก ๆ ช่วงความเร็วดังรูปที่ 11

อัตราส่วนผสมก๊าซกับอากาศที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง

(โดยควบคุมความเร็วของก๊าซชีววมวลที่เข้าเครื่องยนต์ที่ 5 เมตรต่อวินาที และอุณหภูมิของก๊าซชีววมวลที่เข้าเครื่องยนต์ที่ 40 องศาเซลเซียส)



รูปที่ 11 แสดงผลที่ได้จากการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนผสมก๊าซชีววมวลกับอากาศ

จากการเก็บผลการทดลองทั้ง 3 กรณี ผู้วิจัยจะได้ทราบถึงค่าปัจจัยต่าง ๆ ที่เหมาะสมที่สุดในการเดินเครื่องยนต์ดังนี้ ความเร็วรอบเครื่องยนต์คือที่ 2,500 รอบต่อนาที และต้องใช้ความเร็วก๊าซชีววมวล 5 เมตรต่อวินาที, อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนผสม 50/50

ในขั้นตอนต่อไปทำการเดินเครื่องยนต์เพื่อเก็บผลการทดลองการใช้ก๊าซชีววมวลร่วมกับเชื้อเพลิงน้ำมันเบนซิน (แก๊สโซฮอล์ 95)

จากการทดสอบผลการเดินเครื่องยนต์ด้วยเชื้อเพลิงก๊าซชีววมวลและน้ำมันเบนซินพบว่า อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเบนซินคิดเป็น 15.72 บาทต่อชั่วโมง และเชื้อเพลิงก๊าซชีววมวลมีค่าใช้จ่ายคิดเป็น 9.76 บาทต่อชั่วโมง และเมื่อใช้พลังงานทั้งสองในการเดินเครื่องยนต์ในหนึ่งชั่วโมง โดยแบ่งเป็นเดินด้วยเชื้อเพลิงน้ำมัน 30 นาที และเชื้อเพลิงชีววมวล 30 นาที จะใช้น้ำมันเบนซินไป 7.86 บาท และสิ้นเปลืองถ่านไม้ที่เผาไหม้เป็นเชื้อเพลิงชีววมวลไป 2.44 บาท ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงข้อมูลเปรียบเทียบสัดส่วนราคาน้ำมันเชื้อเพลิงและถ่านไม้

ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2500 รอบต่อนาที (ความเร็วก๊าซ 5 เมตรต่อวินาที, อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนผสม 50/50)	เวลาในการเดินเครื่องยนต์ (นาที)	อัตราสิ้นเปลือง (บาท)
เดินเครื่องยนต์ด้วยน้ำมันเบนซิน	10	2.41
	15	4.06
	20	4.93
	30	8.7
อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเฉลี่ย	60	15.72
เดินเครื่องยนต์ด้วยเชื้อเพลิงชีววมวล	10	0.89
	15	1.1
	20	1.6
	30	2.5
อัตราสิ้นเปลืองชีววมวลเฉลี่ย	60	9.76
เดินเครื่องยนต์ด้วยน้ำมันเบนซินร่วมกับก๊าซชีววมวลเป็นเวลา 60 นาที *	เวลาในการเดินเครื่องยนต์ (นาที)	อัตราสิ้นเปลือง (บาท)
เดินเครื่องยนต์ด้วยน้ำมันเบนซิน	30	7.86
เดินเครื่องยนต์ด้วยเชื้อเพลิงชีววมวล **	30	2.44
* ใช้เชื้อเพลิงในการทดสอบประเภทละ 30 นาที		
** รวมเวลาเข้ระบบเพื่อให้ระบบก๊าซเข้าสู่ค่าคงที่		

โดยในการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีค่าใช้จ่ายในการสร้างเตาเผาและอุปกรณ์ต่าง ๆ ราคารวม 15,000 บาท หากกำหนดให้ใช้งานวันละ 7 ชั่วโมง เป็นเวลา 6 วันต่อสัปดาห์ เท่ากับว่าระยะเวลาคุ้มทุนอยู่ที่ประมาณ 47 สัปดาห์ โดยอ้างอิงราคาน้ำมันเบนซินแก๊สโซฮอล์ 95 เมื่อวันที่ 9 กันยายน 2563 ราคาดลิตรละ 21.75 บาท [9] และถ่านไม้กระถินชนโรงครากะปิโลกรัมละ 10 บาท [10]

แต่การใช้งานในระยะสั้นผู้ใช้งานต้องหมั่นดูแลทำความสะอาดที่ระบายน้ำที่ชุดแลกเปลี่ยนความร้อนและชุดกรองทำความสะอาด เนื่องจากจะมีเศษวัสดุที่ปนมากับก๊าซอาจส่งผลต่อการอุดตันภายในระบบได้

ส่วนในระยะยาวนั้นผู้ใช้งานยังต้องคำนึงถึงค่าบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่าง ๆ ทั้งเครื่องผลิตก๊าซชีววมวลและเครื่องยนต์ เพราะก๊าซชีววมวลที่ได้จากการเผาไหม้นั้นมีคราบเขม่าและน้ำมันดินออกมาปะปนบ้าง อาจส่งผลเสียต่อชิ้นส่วนต่าง ๆ ภายในเครื่องยนต์ได้ ผู้ใช้งานแนะนำว่าต้องมีการบำรุงรักษาทำความสะอาดเครื่องยนต์อยู่เป็นระยะ ๆ

5. สรุปผล

5.1 ขั้นตอนแรก

จากผลการทดลองในขั้นแรกเพื่อหาค่าปัจจัยของก๊าซชีววมวลเพื่อให้เครื่องยนต์สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องและมีสภาวะทำงานที่ปกติ โดยปรับเปลี่ยนปัจจัยต่าง ๆ จนได้ผลค่าจากการทดลองดังนี้ ความเร็วของก๊าซชีววมวลที่ป้อนเข้าสู่เครื่องยนต์ 5 เมตรต่อวินาที, อุณหภูมิของก๊าซชีววมวลก่อนเข้าห้องเผาไหม้ที่ 40 องศาเซลเซียส และส่วนผสมของก๊าซชีววมวลกับอากาศที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงที่สัดส่วน 50/50 จากนั้นนำค่าที่ได้ไปเก็บผลเปรียบเทียบผลการทดลองต่อไป

5.2 ขั้นตอนที่สอง

เก็บผลการทดลองเพื่อเปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีววมวลกับน้ำมัน โดยจากการเปรียบเทียบเดินเครื่องยนต์ตามเวลาเป็นช่วง ซึ่งอัตราการใช้น้ำมันเฉลี่ยในการเดินเครื่องยนต์หนึ่งชั่วโมงใช้น้ำมันจำนวน 722 ซีซี คิดเป็นเงิน 15.72 บาท และเมื่อใช้เชื้อเพลิงชีววมวลใช้ถ่านไม้จำนวน 975 กรัม คิดเป็นเงิน 9.75 บาท

ในการใช้เชื้อเพลิงชีววมวลร่วมกับน้ำมัน ในขั้นตอนแรกเดินเครื่องยนต์ใช้เชื้อเพลิงชีววมวลเป็นเวลา 15 นาที คิดเป็น 25 เปอร์เซ็นต์ และจากนั้นเดินเครื่องยนต์ด้วยน้ำมันเบนซินอีก 30 นาที คิดเป็น 50 เปอร์เซ็นต์ โดยเวลาอีก 15 นาที เป็นเวลาในส่วนของการติดตั้งระบบและรอระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ ดังนั้นการใช้เชื้อเพลิง ชีววมวลจึงช่วยลดการใช้น้ำมันลงได้ประมาณ 7.86 บาทต่อหนึ่งชั่วโมง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณกองทุนวิจัยและพัฒนาของโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า และพันเอกอรุณพลจินดาทรัพย์ ผู้อำนวยการกองวิชาวิศวกรรมเครื่องกล และ พันเอก ผศ.ดร.อโณทัย สุขแสงพนมรุ้ง และกองวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า ที่ให้การสนับสนุนทั้งสถานที่และอุปกรณ์เครื่องมือสำหรับการทดลอง รวมทั้งเจ้าหน้าที่กองวิชาทุกนายที่ให้การช่วยเหลือในการทำงาน จนทำให้งานวิจัยประสบความสำเร็จได้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] Biomass. (2020, May. 12). “Biomass and Renewable Energy” [Online]. Available : <https://www.thebangkokinsight.com/news/environmental-sustainability/558298/>
- [2] Wood Chipper. (2023, August. 12). “Petrol Engine Wood Chipper Shredders” [Online]. Available : <https://www.nanagarden.com/product/223593>
- [3] Wood Chipper. (2023, August. 12). “Wood Chipper Panda SZ-76” [Online]. Available : <https://www.nanagarden.com/product/203182>
- [4] W. Jaitong, C. Tasee, T. Bunchum and N. Naatan, “Development of Biomass Fuel Gas Generator”, Journal of Industrial Technology and Engineering Research, Vol. 1, No. 1, Faculty of Industrial Technology. Pibulsongkram Rajabhat University, 2016. (in Thai).
- [5] P. Suppayasarn, J. Thongbunchoo, A. Rukruang, T. Chaichana, P. Kongsune and J. Kaew-On, “Analysis of Biomass Gas from Flow Gasifier Using Coconut Shells as Fuel”, Thaksin University Journal, Vol. 21, No. 2, July - December 2018. (in Thai).
- [6] Gasification Process. (2022, September. 5 . “Gasification Process Using Downdraft Fixed-Bed Gasifier for Different Feedstock” [Online]. Available : <https://www.intechopen.com/chapters/75309>
- [7] Department of Alternative Energy 2021, August.1) “Safety manual for the production and use of biomass gas”[Online].Available : <http://enesafety.ete.eng.cmu.ac.th/media/2559/manual/Biomass.pdf>.
- [8] Gasification Technology “wood chip gasification technology”[Online].Available : http://rubber.oie.go.th/file/8_เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นเศษไม้.pdf.
- [9] FuelPrice, “Historical oil prices”[Online].Available: <https://www.bangchak.co.th/th/oilprice/historical?year=2020>
- [10] Charcoal Factory, “Charcoal”[Online].Available: <http://www.peakcharcoal.com/products.php?cat=ถ่านไม้>

Authors' Biography:



Wasawat Saowadee is a lecturer of mechanical engineering at Department of Mechanical Engineering, Academic Division Chulachomklao Royal Military Academy (CRMA). He received

his M.Eng. in mechanical engineering from the King Mongkut's University of Technology, Thonburi, Bangmod, Thailand.



Asst. Prof. Dr. Anotai Suksangpanomrung is an assistant professor and head of mechanical engineering at Department of Chulachomklao Royal Military

Academy Engineering, (CRMA) Mechanical Academic Division,



Assoc. Prof. Dr. Chawin Chantharasanawong is an associate professor and full-time academic staff at the Department of Mechanical Engineering, King Mongkut's University of

Technology Thonburi, Thailand