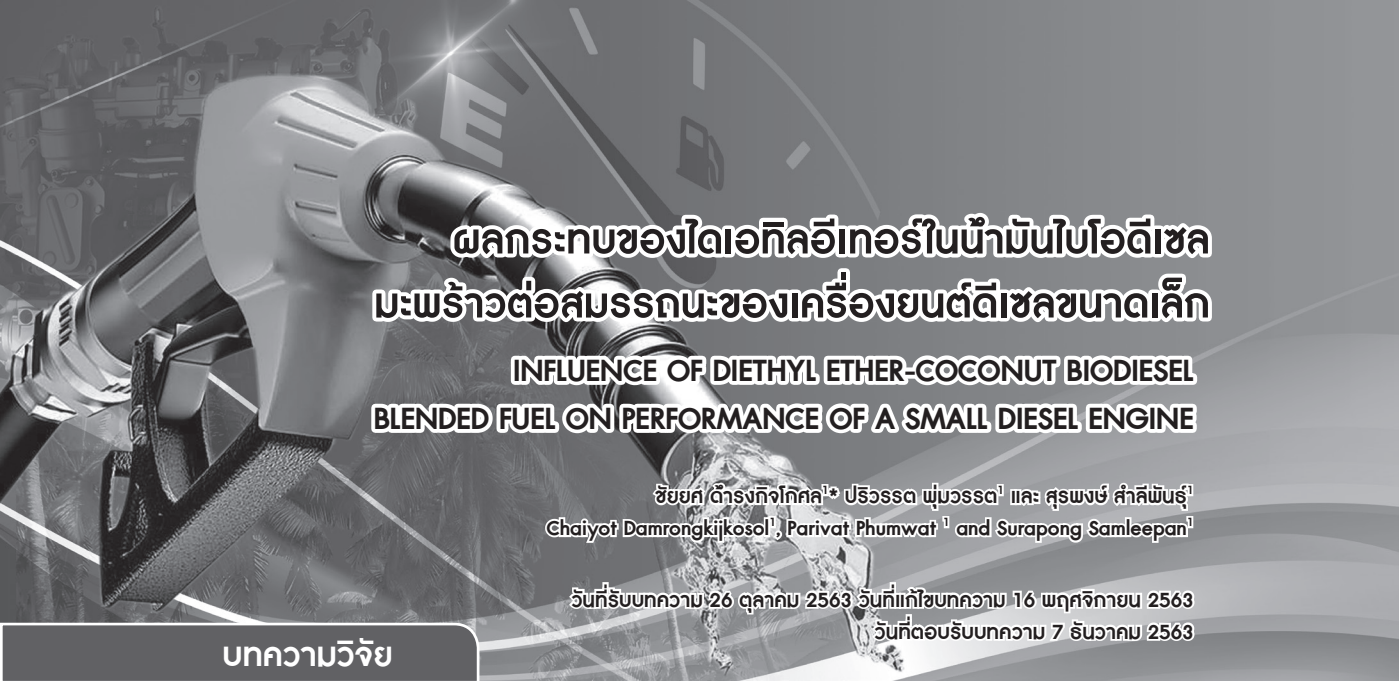


ผลกระทบของไดเอทิลอีเทอร์ในน้ำมันไบโอดีเซลมะพร้าวต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก

INFLUENCE OF DIETHYL ETHER-COCONUT BIODIESEL BLENDED FUEL ON PERFORMANCE OF A SMALL DIESEL ENGINE

ชัยยศ ดำรงกิจโกศล[1]* ปริวรรต พุ่มวรรต[1] และ สุรพงษ์ สำลีพันธุ์[1]
Chaiyot Damrongkijkosol[1], Parivat Phumwat [1] and Surapong Samleepan[1]

วันที่รับบทความ 26 ตุลาคม 2563 วันที่แก้ไขบทความ 16 พฤศจิกายน 2563
วันที่ตอบรับบทความ 7 ธันวาคม 2563

บทความวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของไดเอทิลอีเทอร์ในน้ำมันไบโอดีเซลมะพร้าวต่อสรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก ในอัตราส่วนร้อยละ 99 ต่อ 197 ต่อ 3 และ 95 ต่อ 5 โดยปริมาตร และนำไปทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก YANMAR-TF 90 DI-L ขนาด 1 สูบ ที่ติดตั้งกับไดนาโมมิเตอร์ โดยทดสอบที่ความเร็วรอบคงที่เท่ากับ 1,500 rpm ที่สภาวะโหลดสูงสุด เพื่อศึกษาผลกระทบต่อคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง ผลกระทบด้านสมรรถนะ ได้แก่ แรงบิด กำลัง การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก และประสิทธิภาพเชิงความร้อน

ผลการวิจัย พบว่าการผสมสารไดเอทิลอีเทอร์ส่งผลกระทบทั้งต่อคุณสมบัติของน้ำมันและด้านสมรรถนะของเครื่องยนต์ โดยในด้านคุณสมบัติของน้ำมัน การผสมสารไดเอทิลอีเทอร์ในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าความร้อน ค่าความหนืด และ ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันไบโอดีเซลผสมไดเอทิลอีเทอร์มีค่าลดลง ด้านสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลการผสมสารไดเอทิลอีเทอร์ในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าแรงบิด ค่ากำลัง และค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ มีค่าเพิ่มขึ้น ขณะที่ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกมีค่าลดลง

คำสำคัญ : ไบโอดีเซล ไดเอทิลอีเทอร์ สารออกซิเจนเนต การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์

Abstract

This research objective is to study the influence of the coconut biodiesel blended with diethyl ether at different ratios. The mixing ratio of coconut biodiesel and diethyl ether were 99:1, 97:3 and 95:5 by volume. The blended fuels were tested with

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมยานยนต์และพลังงาน ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องต้นกำลัง
วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
Corresponding Author : chaiyot.d@cit.kmutnb.ac.th

the one-cylinder small diesel engine “YANMAR-TF 90 DI-L” which was installed on the engine dynamometer “ANAKA-STYLE DYNAMOMETER P-1.5”. The effects of dfferent diethyl ether fractions on engine performance such as torque, engine power, brake specific consumption and thermal efficiency were investigated at 1,500 rpm of engine speed at full load condition.

The results showed that mixing diethyl ether at different fractions with coconut biodiesel had effects on both fuel properties and engine performance. For the fuel properties, the heating value, viscosity and specific gravity of the blended fuels were decreased when the diethyl ether fraction increased. For the engine performance, torque, engine power and thermal efficiency were increased while the brake specific fuel consumption was decreased when the diethyl ether fractions increased.

Keywords : Coconut Biodiesel, Diethyl ether, Oxygenate, Engine Performance

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีศักยภาพในการผลิตวัตถุดิบสำหรับผลิตน้ำมันไบโอดีเซล ปัจจุบันมีการส่งเสริมการใช้น้ำมันไบโอดีเซลอย่างแพร่หลาย เพื่อช่วยลดการนำเข้าน้ำมันปิโตรเลียมจากต่างประเทศ และรัฐบาลมีนโยบายบังคับใช้น้ำมันไบโอดีเซล B10 ให้เป็นน้ำมันดีเซลพื้นฐานของประเทศ[1] โดยสนับสนุนการผลิตและการใช้พลังงานทดแทนตามศักยภาพของแหล่งเชื้อเพลิงในพื้นที่ เปิดโอกาสให้ชุมชนและประชาชนมีส่วนร่วมในการผลิตและบริหารจัดการพลังงาน ส่งเสริมให้มีการใช้น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว B20 และ B100 [2] สำหรับประเทศไทยน้ำมันไบโอดีเซล B100 ที่มันถูกนำไปใช้กับเครื่องยนต์การเกษตรหรือเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กส่วนใหญ่ผลิตมาจากน้ำมันปาล์ม อย่างไรก็ตามมะพร้าวเป็นพืชน้ำมันประเภทหนึ่งที่สามารถนำมาผลิตเป็นน้ำมันไบโอดีเซลได้ ซึ่งข้อมูลในการนำน้ำมันไบโอดีเซลมะพร้าวไปใช้กับเครื่องยนต์ยังมีไม่มากนัก โดยน้ำมันไบโอดีเซลมะพร้าวมีค่าความหนืดที่ต่ำกว่าน้ำมันไบโอดีเซลปาล์ม [3] แต่น้ำมันไบโอดีเซลมะพร้าวมีคุณสมบัติบางข้อที่ด้อยกว่าน้ำมันดีเซลเช่นค่าความหนืดและจุดไหลเทที่สูงกว่าน้ำมันดีเซล[4] ซึ่งอาจส่งผลให้น้ำมันไบโอดีเซลมะพร้าวเป็นฝอยได้ยากขึ้น (Poor Atomization) และอาจเกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ได้ (Incomplete Combustion) [5] การเติมสารเติมแต่งต่างๆเช่น สารในกลุ่มออกซิเจนเนต ที่เป็นสารที่มีองค์ประกอบของออกซิเจนในโมเลกุลจะช่วยในการปรับปรุงคุณสมบัติต่าง ๆ ของน้ำมันไบโอดีเซลได้ [6] โดยไดเอทิลอีเทอร์($C_2H_5)_2O$ เป็นหนึ่งในสารกลุ่มออกซิเจนเนต ที่นอกจากจะมีองค์ประกอบของออกซิเจนในสารแล้วยังมีค่าซีเทนสูง [4] งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาผลกระทบต่อสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลมะพร้าวผสมไดเอทิลอีเทอร์ในอัตราส่วนต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูล

ในการนำน้ำมันไบโอดีเซลมะพร้าว 100%และน้ำมันไบโอดีเซลมะพร้าวผสมไดเอทิลอีเทอร์ในอัตราส่วนต่างไปใช้งานกับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาผลกระทบของไดเอทิลอีเทอร์ในน้ำมันไบโอดีเซลมะพร้าวต่อสรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเรื่องการเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลที่ผสมไดเอทิลอีเทอร์ในอัตราส่วนต่างๆเป็นเชื้อเพลิงได้นำทฤษฎีและเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้เพื่อนำมาปรับใช้ในการศึกษาโดยครอบคลุมเนื้อหาภายใต้หัวข้อดังต่อไปนี้

1.หลักการทำงานเครื่องยนต์ดีเซล

เครื่องยนต์ดีเซลเป็นเครื่องยนต์รูปแบบหนึ่งของเครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine) ซึ่งเป็นเครื่องต้นกำลังที่เปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงให้เป็นพลังงานความร้อนโดยการเผาไหม้ และพลังงานความร้อนก็จะเปลี่ยนเป็นงานเครื่องยนต์ดีเซลนั้นจะมีการจุดระเบิดส่วนผสมระหว่างอากาศ และเชื้อเพลิงเองซึ่งเรียกว่า Compression Ignition โดยเชื้อเพลิงจะถูกอัดฉีดเข้าไปในห้อง เผาไหม้ที่มีอากาศถูกอัดไว้จนเกิดการลุกไหม้ขึ้นและผลักให้เพลาข้อเหวี่ยงหมุนไปหลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ

จังหวะดูด ลิ้นไอดีจะเริ่มเปิดก่อนที่ลูกสูบจะเคลื่อนที่ถึงศูนย์ตายบน เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ลงจากศูนย์ตายบน (TDC หรือ Top Dead Center) อากาศจะถูกดูดเข้ากระบอกสูบ เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่เลยจากศูนย์ตายล่าง (BDC หรือ Bottom Dead Center) อากาศจะยังคงไหลเข้ากระบอกสูบด้วยแรงเฉื่อยจนกว่าลิ้นไอดีจะปิด

จังหวะอัด เมื่อลิ้นไอดีปิด อันเป็นจุดเริ่มต้นของจังหวะอัดซึ่งลูกสูบจะเคลื่อนที่ขึ้นไปสู่ศูนย์ตายบน จังหวะนี้อากาศประมาณ 16-22 ส่วนที่ถูกดูดเข้ากระบอกสูบมาในจังหวะดูดจะถูกอัดตัวให้มีปริมาตรเล็กลงเหลือประมาณ 1 ส่วน ดังนั้นอากาศจึงมีความดันและอุณหภูมิที่สูงขึ้นพร้อมสำหรับการสันดาป

จังหวะกำลัง (ซึ่งเริ่มนับจากหัวลูกสูบอยู่ที่ศูนย์ตายบน) หรือบางครั้งเรียกว่า จังหวะระเบิด (ซึ่งเริ่มนับจากหัวหัวฉีด ฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง) กำลังจากการระเบิดหรือการสันดาป (Combustion) ภายในห้องเผาไหม้จะผลักดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่ลงมาเป็นกำลัง งานขับเคลื่อนของเครื่องยนต์ในจังหวะนี้จะไปสิ้นสุดจนกว่าลิ้นไอเสียจะเปิด

จังหวะคาย จังหวะนี้เริ่มต้นจากลิ้นไอเสียจะเริ่มเปิดก่อนที่ลูกสูบจะเคลื่อนที่ถึงศูนย์ตายล่าง แก๊สไอเสียซึ่งยังมีความดันจากการขยายตัวอยู่จะระบายออกทางลิ้นไอเสีย เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่เลยจากศูนย์ตายล่าง (BDC) จะผลักดันให้ไอเสียไหลออกไปจากกระบอกสูบ [7]

2. มะพร้าว

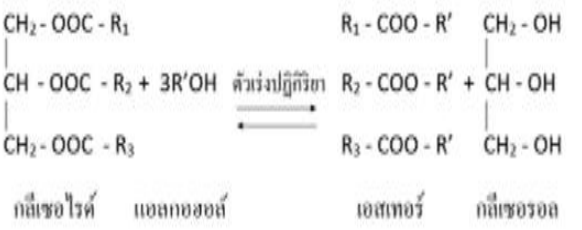
มะพร้าวมีชื่อวิทยาศาสตร์คือ Cocos nucifera Linn. มะพร้าวแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทต้นเตี้ยและต้นสูง มะพร้าวต้นเตี้ยมีลำต้นเล็ก โตเต็มที่สูง ประมาณ 12 เมตร ลักษณะเด่นคือ มีผลขนาดเล็ก มักให้ผลดกและไม่ค่อยกลายพันธุ์ นิยมปลูกเพื่อรับประทานผลอ่อน เพราะมีเนื้ออ่อนนุ่ม และน้ำมีรสหวาน บางพันธ์มีคุณสมบัติพิเศษ คือ มีกลิ่นหอม สำหรับมะพร้าวต้นสูงจะมีลำต้นใหญ่ โตเต็มที่สูงประมาณ 18 เมตร ใบเป็นใบประกอบ มีใบย่อยเป็นแผ่นแคบยาว เรียงสลับกันเป็นรูปขนนก ปลายใบแหลม ดอกออกเป็นช่อตามบริเวณกาบที่หุ้ม ดอกย่อยขนาดเล็ก ดอกหนึ่งมีกลีบดอกประมาณ 6 กลีบ ผลเป็นรูปกลมหรือรี มีเปลือกสามชั้นได้แก่ เปลือกชั้นนอก เป็นเส้นใยเหนียวและแข็ง เปลือกชั้นกลาง หรือใยมะพร้าว มีลักษณะเป็นเส้นใย และ เปลือกชั้นในหรือกะลา มีลักษณะแข็ง [8]

3. ไบโอดีเซล

ไบโอดีเซล คือ เชื้อเพลิงเหลวซึ่งผลิตได้จากกระบวนการที่เรียกว่า Transesterification ของน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์กับเมทานอล (Methanol) โดยมีโซเดียมหรือโปรแตสเซียมไฮดร็อกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทางเคมี (Catalyst) เปลี่ยนไขมันให้เป็น Methyl Esters และ Glycerol ซึ่งเป็นผลพลอยได้ที่มีคุณค่าทางอุตสาหกรรมยาและคอสเมติคส์ [7] น้ำมันไบโอดีเซลจะมีลักษณะคล้ายน้ำมันดีเซล ใช้แทนดีเซล หรือเติมเป็นส่วนผสมในดีเซลใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลได้ ซึ่งไบโอดีเซลจะมีมลพิษที่ต่ำกว่า เช่น มีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และ สารประกอบไฮโดรคาร์บอนต่ำกว่าน้ำมันดีเซล และเนื่องจากไม่มีกำมะถันในน้ำมันไบโอดีเซลจึงไม่มีปัญหาซัลเฟต [9]

4. ปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชั่น

การสังเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยวิธีทรานเอสเทอริฟิเคชั่นเป็นที่นิยมและยอมรับอย่างกว้างขวาง เพราะสามารถทำได้ที่อุณหภูมิไม่สูงมากและได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความจำเพาะเจาะจงกว่าการสลายโมเลกุลด้วยความร้อนให้ผลิตภัณฑ์ที่มากกว่าและยังมีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลปิโตรเลียม การทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชั่นเป็นการเปลี่ยนน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ซึ่งเป็นสารประเภทไตรกลีเซอไรด์ให้เป็นสารประกอบเอสเทอร์ (esters) โดยทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ ซึ่งนิยมนำมาใช้ได้แก่ เมทานอล หรือ เอทานอล เรียกว่า ปฏิกิริยาแอลกอฮอลไลซิส (alcoholysis) และมีผลิตภัณฑ์อื่น คือ กลีเซอรอล (glycerol) เป็นผลพลอยได้จากการผลิตซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านอื่น ๆ ได้อีก ปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน ดังแสดงในภาพที่ 1 เป็นปฏิกิริยาแบบย้อนกลับได้ จึงต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเข้าช่วยให้เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า[10]



ภาพที่ 1 สมการเคมีปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชั่นของกลีเซอไรด์กับแอลกอฮอล์ [10]

5. ไดเอทิลอีเทอร์

ไดเอทิลอีเทอร์ (Diethyl Ether) เป็นหนึ่งในสารกลุ่มออกซิเจนเนต มีลักษณะเป็นของเหลว มีคุณสมบัติใส ไม่มีสี มีจุดเดือดต่ำ ไวไฟมาก มีมวลโมเลกุล (molecular weight) เท่ากับ 74 g/mol สูตรโมเลกุล (molecular formula) คือ $CH_3CH_2OCH_2CH_3$ หรือ $(C_2H_5)_2O$ มีมีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบโดยน้ำหนักเท่ากับ 21.6 % weight และมีค่าซีเทนสูง ประมาณ 125 [11]

6. การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์

สมรรถนะเครื่องยนต์หมายถึง ความสามารถของเครื่องยนต์นั้น ๆ ในการทำงานบ่งบอกให้ทราบถึงลักษณะเฉพาะตัวของเครื่องยนต์นั้น ๆ ซึ่งสมรรถนะเครื่องยนต์ถูกกำหนดด้วยหลายตัวแปรเช่น แรงบิด กำลัง ประสิทธิภาพเชิงความร้อน ความเร็วรอบเครื่องยนต์และการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ เครื่องยนต์จะถูกติดตั้งเข้ากับเครื่องทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ (Engine Dynamometer) เพื่อทดสอบสมรรถนะต่างๆของเครื่องยนต์ [7]

แรงบิด (Torque) แรงบิดของเครื่องยนต์วัดได้จากเพลาของเครื่องยนต์ที่ต่อเข้ากับไดนาโมมิเตอร์ โดยค่าแรงบิดของเครื่องยนต์สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1

$$T = F \times L \quad (1)$$

โดย

T คือ แรงบิดที่วัดได้จากเพลาเครื่องยนต์ (Nm)

F คือ แรงที่ใช้เบรกของไดนาโมมิเตอร์ (N)

L คือ ความยาวของแขนไดนาโมมิเตอร์ (m)

กำลังเครื่องยนต์ (Power) เป็นกำลังที่ได้จากเพลาเครื่องยนต์ ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

สมการที่ 2

$$Power = \frac{2\pi TN}{60\times1000} \quad (2)$$

โดย

Power คือ กำลังเครื่องยนต์ (kW)

T คือ แรงบิดที่วัดได้จากเพลาเครื่องยนต์ (Nm)

N คือ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (rpm)

ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (Brake Specific Fuel Consumption : BSFC) วัดจากอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเชิงมวลที่ป้อนเข้าสู่เครื่องยนต์ ซึ่งขนาดและประเภทของเครื่องยนต์ที่เปลี่ยนแปลงจะส่งผลต่อปริมาณการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง คำนวณได้จากสมการที่ 3

$$BSFC = \frac{\dot{m}_f}{Power} \quad (3)$$

โดย

BSFC คือ การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (g/kW.hr)

$\dot{m}_f$ คือ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (g/hr)

Power คือ กำลังเครื่องยนต์ (kW)

โดยอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง สามารถคำนวณได้จาก สมการที่ 4

$$\dot{m}_f = \frac{W}{t}4 \quad (4)$$

โดย

$\dot{m}_f$ คือ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (g/hr)

W คือ มวลของเชื้อเพลิง (g)

t คือ เวลาที่เชื้อเพลิงถูกใช้ไป (hr)

ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal Efficiency) คือ อัตราส่วนระหว่างกำลังของเครื่องยนต์ที่ได้ในแต่ละกลวัตรต่อพลังงานของเชื้อเพลิงที่ป้อนเข้าไป เพราะความร้อนบางส่วนสูญเสียให้กับระบบต่างๆ ในเครื่องยนต์ ส่งผลให้ประสิทธิภาพความร้อนลดลง จากสมการที่ 5

$$\eta_t = \frac{Power}{(\dot{m}_f \times Q_{HV})} \quad (5)$$

โดย

η_t คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%)

Power คือ กำลังเครื่องยนต์ (kW)

$\dot{m}_f$ คือ อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (kg/hr)

Q_{HV} คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (kJ/kg)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

S.Sivalakshmi, et al. [3] ทำงานวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบของไบโอดีเซลและไบโอดีเซลผสมไดเอทิลอีเทอร์ต่อสมรรถนะ ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียว ปรับโหลดห้าระดับและความเร็วรอบที่กำหนด 1,500 rpm ทั้งหมด ไบโอดีเซลที่ใช้มาจากเมล็ดสะเดา อัตราส่วนไบโอดีเซลผสมไดเอทิลอีเทอร์ 5,10,15% จากผลการวิจัย พบว่าการเติมไดเอทิลอีเทอร์ลงในไบโอดีเซลนั้นช่วยเพิ่มคุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของไบโอดีเซล ความดันสูงสุดของกระบอกสูบและอัตราการปลดปล่อยความร้อนสูงสุดคือไบโอดีเซลผสมไดเอทิลอีเทอร์ 5% สูงกว่าน้ำมันชนิดอื่นๆ

A.M.Liaquat, et al. [12] ทำงานวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบของดีเซลและไบโอดีเซลมะพร้าวผสมดีเซลต่อสมรรถนะ ที่ใช้เครื่องยนต์สูบเดียว ปรับโหลดที่ Full load และกำหนด 1,500 - 2,400 rpm เพิ่มขึ้น 100 rpm และวัดไอเสียที่ 2,200 rpm น้ำมันที่ทดสอบได้แก่น้ำมันดีเซล, น้ำมันดีเซลผสมไบโอดีเซล 5% และน้ำมันดีเซลผสมไบโอดีเซล 15% จากผลวิจัยพบว่าการนำน้ำไบโอดีเซลผสมกับน้ำมันดีเซลส่งผลให้ค่าแรงบิดและกำลังเบรกลดลง เนื่องจากค่าความร้อนของไบโอดีเซลที่ผสมต่ำกว่าน้ำมันดีเซลและความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกของไบโอดีเซลผสมดีเซลสูงกว่าเนื่องจากค่าความร้อนลดลงและค่าความหนาแน่นสูงขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยแบ่งการดำเนินการวิจัยเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การผลิตไบโอดีเซลผสมไดเอทิลเทอร์ภายในห้องทดลอง

การผลิตไบโอดีเซลผสมไดเอทิลอีเทอร์ เริ่มจากการเตรียมน้ำมันและสารเคมีได้แก่ น้ำมันมะพร้าว โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) เมทานอล (CH_3OH) และไดเอทิลอีเทอร์ ($CH_3CH_2OCH_2CH_3$) จากนั้นทำการสังเคราะห์ไบโอดีเซลมะพร้าวด้วยวิธีการทรานเอสเทอริฟิเคชั่น เมื่อได้ไบโอดีเซลมะพร้าว 100% (B100) นำไปผสมกับไดเอทิลอีเทอร์ในอัตราส่วนต่างๆได้แก่ น้ำมันไบโอดีเซลที่ผสมสารไดเอทิลอีเทอร์ในอัตราส่วน 99:1 (Bio+De 99:1) 97:3 (Bio+De 97:3) และ 99:5 (Bio+De 95:5)

ขั้นตอนที่ 2 การทดสอบคุณสมบัติของน้ำมัน

น้ำมันไบโอดีเซลมะพร้าวผสมไดเอทิลอีเทอร์ในอัตราส่วนต่างๆ ถูกนำไปทดสอบคุณสมบัติของน้ำมันได้แก่ ค่าความหนืด ค่าความถ่วงจำเพาะ และค่าความร้อนของเชื้อเพลิง โดยทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM ดังรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบคุณสมบัติน้ำมันไบโอดีเซลมะพร้าวผสมไดเอทิลอีเทอร์ในอัตราส่วนต่างๆ

รายการวิเคราะห์การทดสอบ	วิธีการทดสอบ	B100	Bio+de 99:1	Bio+de 97:3	Bio+de 95:5
Viscosity @ 40 °c (cSt)	ASTM D 445	4.8	4.4	4.0	3.9
Specific gravity @ 15.6 °c	ASTM D 1298	0.887	0.887	0.885	0.881
ค่าความร้อน (kJ/kg)	ASTM D 240	35974	35725	35515	35381

ขั้นตอนที่ 3 การเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์

1. เครื่องยนต์ดีเซลใช้ในการทดสอบ เป็นเครื่องยนต์ดีเซล ยี่ห้อ YANMAR TF 90 DI-L จำนวน 1 สูบ โดยมีข้อมูลทางเทคนิคต่างๆ ในแสดงในตารางที่ 2

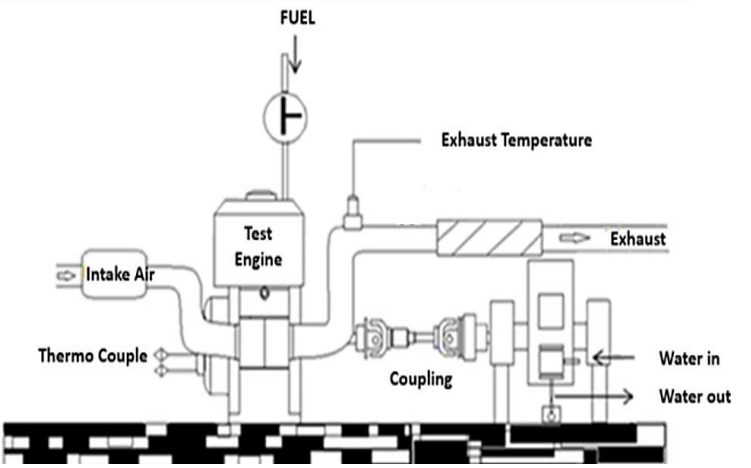
ตารางที่ 2 ข้อมูลเครื่องยนต์ยี่ห้อ YANMAR TF 90 DI-L 1 สูบ

รุ่นเครื่องยนต์	หน่วย	TF 90 DI-L
ระบบห้องเผาไหม้	-	แบบฉีดโดยตรง
จำนวนสูบ	-	1
กระบอกสูบ X ระยะชัก	มิลลิเมตร	85x87
ปริมาตร (ความจุกระบอกสูบ)	ซีซี (ลิตร)	493(0.493)
กำลังม้าสูงสุด แรงม้า/รอบต่อนาที	แรงม้า/รอบต่อนาที (PS)	9.0/2,400
ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	กรัม/แรงม้า-ชั่วโมง	177
อัตราส่วนการอัด	-	16.6:1
องศาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง	-	20 องศาก่อนศูนย์ตายบน
แรงดันการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง	กก./ตร.ซม.	200

หัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง	-	แบบเข็ม (เดือย)
ปั๊มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง	-	แบบปั๊มบ๊อช
ระบบหล่อลื่น	-	หล่อลื่นด้วยปั๊ม
ระบบระบายความร้อน	-	หม้อน้ำแบบรังผึ้ง

2. การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์

เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กจะถูกติดตั้งเข้ากับไดนาโมมิเตอร์ (Engine Dynamometer) ยี่ห้อ ANAKA-STYLE DYNAMOMETER รุ่น P-1.5 Engine Power Rang 44 kW.. มีความยาวแขน 0.716 m. ดังแสดงในภาพที่ 2 โดยเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กสูบเดียวที่ถูกติดตั้งเข้ากับไดนาโมมิเตอร์ชนิดใช้น้ำ (Water Brake) เพื่อสร้างภาระ (Load) ให้กับเครื่องยนต์ นอกจากนี้เครื่องยนต์จะถูกติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิต่างๆเช่น เครื่องวัดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น เครื่องวัดอุณหภูมิน้ำมันเครื่อง เครื่องวัดอุณหภูมิไอเสีย เพื่อใช้ตรวจสอบสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์



ภาพที่ 2 ไดอะแกรมชุดทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต ดีเซลขนาดเล็ก

ขั้นตอนที่ 4 การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์

1. จัดเตรียมน้ำมันเชื้อเพลิงที่จะใช้ในการทดสอบครั้งนี้ได้แก่ น้ำมันไบโอดีเซลมะพร้าว 100% (CB100) และน้ำมันไบโอดีเซลที่ผสมสารไดเอทิลอีเทอร์ในอัตราส่วนโดยปริมาตรดังต่อไปนี้ 99:1 (Bio+DE 99:1) 97:3 (Bio+DE 97:3) และ 99:5 (Bio+DE 95:5) รวม 4 ชนิดน้ำมันเชื้อเพลิง

2. ทำการอุ่นเครื่องยนต์เพื่อให้เครื่องยนต์มีอุณหภูมิอยู่ในช่วงการทำงานพร้อมที่จะทำการทดสอบ

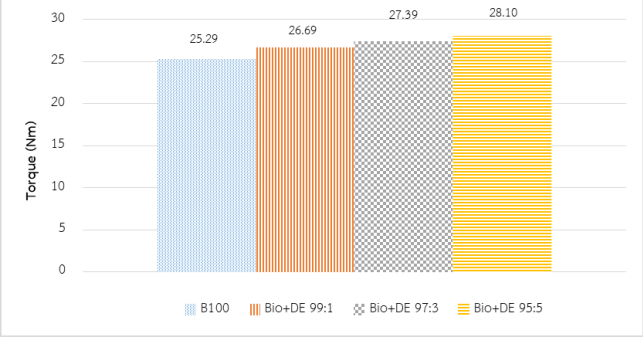
3. ทำการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบ 1,500 rpmที่สภาวะ โหลดเต็มที่ (Full Load) โดยปรับคันเร่งอยู่ในตำแหน่งเร่งเต็มที่และปรับเพิ่มโหลดให้กับ เครื่องยนต์โดยการเพิ่มปริมาณน้ำให้ไหลเข้าไดนาโมมิเตอร์เพื่อสร้างภาระในการทำงานเครื่องยนต์ให้มากที่สุดจนความเร็วรอบเครื่องยนต์ตกลงไปยังความเร็วรอบที่ต้องการ ซึ่งในการทดสอบยินยอมให้ความเร็วรอบเครื่องยนต์

ผิดพลาดได้ไม่เกิน ± 20 rpm และจะใช้เวลาในการวัดความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นเวลา 1 นาที (60 วินาที) จากนั้นทำการบันทึกค่าต่างๆ

4. ทดสอบเชื้อเพลิงแต่ละชนิดจำนวน 3 ครั้ง คำนวณหาค่าเฉลี่ย โดยทดสอบน้ำมันไบโอดีเซลมะพร้าว 100% (CB100) และไบโอดีเซลมะพร้าวผสมไดเอทิลอีเทอร์ในอัตราส่วน 99:1 97:3 และ 95:5 ตามลำดับ

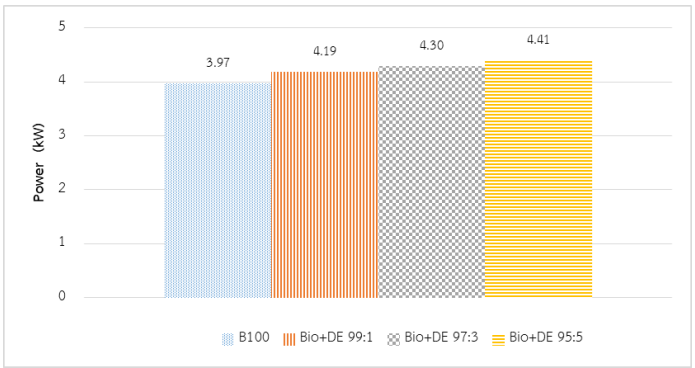
ผลการวิจัย

การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลได้แก่ แรงบิด กำลังเครื่องยนต์ ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ดีเซล มีผลการวิจัยดังแสดงในภาพที่ 3 ถึง 6



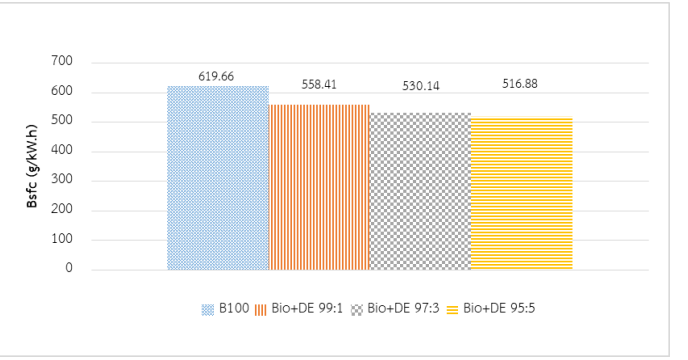
ภาพที่ 3 ผลการเปรียบเทียบแรงบิด (Torque)

จากภาพที่ 3 แสดงผลการทดสอบแรงบิดของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลมะพร้าว 100% และน้ำมันไบโอดีเซลมะพร้าวผสมไดเอทิลอีเทอร์อัตราส่วนผสมต่าง ๆที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,500 rpm จากการทดสอบพบว่าการผสมสารไดเอทิลอีเทอร์ส่งผลให้ค่าแรงบิดเพิ่มขึ้นโดยน้ำมันไบโอดีเซลมะพร้าวผสมไดเอทิลอีเทอร์อัตราส่วน 95:5 (Bio+DE 95:5) มีค่าแรงบิดสูงสุดเท่ากับ 28.10 Nm. สูงกว่าการใช้น้ำมันไบโอดีเซลมะพร้าว 100% (CB100) ร้อยละ 11.1



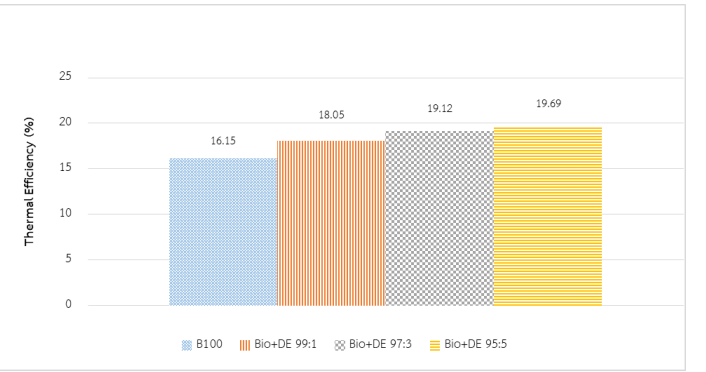
ภาพที่ 4 ผลการเปรียบเทียบกำลังเครื่องยนต์ (Engine Power)

จากภาพที่ 4 แสดงผลการทดสอบกำลังของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลมะพร้าว 100% และน้ำมันไบโอดีเซลมะพร้าวผสมไดเอทิลอีเทอร์อัตราส่วนผสมต่างๆ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,500 rpm พบว่าการผสมสารไดเอทิลอีเทอร์ส่งผลให้ค่ากำลังเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น โดยน้ำมันไบโอดีเซลมะพร้าวผสมไดเอทิลอีเทอร์อัตราส่วน 95:5 (Bio+DE 95:5) มีค่ากำลังเครื่องยนต์สูงสุดเท่ากับ 4.41 kW สูงกว่าการใช้น้ำมันไบโอดีเซลมะพร้าว 100% (CB100) ร้อยละ 11.1



ภาพที่ 5 ผลการเปรียบเทียบความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (BSFC)

จากภาพที่ 5 แสดงผลการทดสอบความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลมะพร้าว 100% และน้ำมันไบโอดีเซลมะพร้าวผสมไดเอทิลอีเทอร์อัตราส่วนผสมต่าง ๆ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,500 rpm พบว่า การผสมไดเอทิลอีเทอร์ส่งผลให้ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกลดลง โดยการใช้น้ำมันไบโอดีเซลผสมไดเอทิลอีเทอร์อัตราส่วน 95:5 (Bio+DE 95:5) เป็นเชื้อเพลิงมีค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเบรกจำเพาะเท่ากับ 516.88 g/kW.h ต่ำกว่าการใช้น้ำมันไบโอดีเซลมะพร้าว 100% (CB100) ร้อยละ 16.6



ภาพที่ 6 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal Efficiency)

จากภาพที่ 6 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อน ของของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลมะพร้าว 100% และน้ำมันไบโอดีเซลมะพร้าวผสมไดเอทิลอีเทอร์อัตราส่วนผสมต่างๆที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,500 rpm พบว่า การผสมสารไดเอทิลอีเทอร์ส่งผลให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น โดยการใช้น้ำมันไบโอดีเซลผสมไดเอทิลอีเทอร์อัตราส่วน 95:5 (Bio+DE 95:5) เป็น

เชื้อเพลิงมีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดเท่ากับ 19.69% สูงกว่าการใช้น้ำมันไบโอดีเซลมะพร้าว 100% (CB100) เป็นเชื้อเพลิง ร้อยละ 21.8

การอภิปรายผลการวิจัย

จากการทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลมะพร้าว 100% (B100) และไบโอดีเซลมะพร้าวผสมไดเอทิลอีเทอร์ในอัตราส่วนต่างๆ พบว่าสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลมะพร้าวผสมไดเอทิลอีเทอร์มีแรงบิด กำลังเครื่องยนต์ และประสิทธิภาพเชิงความร้อนเพิ่มขึ้น ขณะที่ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกลดลง เนื่องจากสารไดเอทิลอีเทอร์มีค่าความหนืดน้อยกว่าน้ำมันไบโอดีเซล ส่งผลให้น้ำมันไบโอดีเซลที่ผสมไดเอทิลอีเทอร์มีค่าความหนืดน้อยลง ซึ่งความหนืดที่น้อยลงช่วยให้การฉีดน้ำมันเป็นฝอยละอองได้ดีขึ้น [13,14] รวมถึงการที่ไดเอทิลีเทอร์มีค่าซีเทนที่สูงกว่าไบโอดีเซล [13] และค่าการระเหยที่สูงของไดเอทิลอีเทอร์ (High Volatility) ช่วยให้การผสมกันของเชื้อเพลิงและอากาศเข้าด้วยกันดีขึ้น (More homogeneous fuel-air mixture)นำไปสู่ประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่ดีขึ้นจึงช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้ให้สมบูรณ์ขึ้น ซึ่งส่งผลให้ใช้เชื้อเพลิงน้อยลงเพื่อให้ได้ปริมาณกำลังของเครื่องยนต์เท่ากัน [14]

อย่างไรก็ตามจากงานวิจัยของ Ibrahim A. [14] ที่ได้ทำการศึกษาผลกระทบของน้ำมันดีเซลผสมกับไบโอดีเซลและไดเอทิลอีเทอร์ พบว่าการผสมดีเซลกับไบโอดีเซลและ ไดเอทิลอีเทอร์ที่อัตราส่วน 70:25:5 โดยปริมาตรตามลำดับ ให้ค่าสมรรถนะเครื่องยนต์ที่สูงขึ้น เมื่อเทียบกับการผสมดีเซลกับไบโอดีเซลเพียงอย่างเดียวที่อัตราส่วน 70:30 อย่างไรก็ตามพบว่า การผสมดีเซลกับไบโอดีเซลและไดเอทิลอีเทอร์ในอัตราส่วนที่สูงขึ้นคืออัตราส่วน 70:20:10 พบว่า ค่าสมรรถนะเครื่องยนต์มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับการผสมที่อัตราส่วน 70:25:5 แสดงให้เห็นว่าการผสมไดเอทิลอีเทอร์มากเกินไปก็อาจส่งผลให้สมรรถนะของเครื่องยนต์ลดลงได้เช่นกัน ซึ่งเป็นผลมาจากค่าความร้อนที่ต่ำ และค่า latent heat of vaporization ที่สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลและน้ำมันไบโอดีเซล

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ควรศึกษาผลกระทบจากสารไดเอทิลอีเทอร์ในอัตราส่วนอื่นๆเพิ่มเติม

2. ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลกระทบในด้านการสึกหรอของเครื่องยนต์จากผสมไดเอทิลอีเทอร์

3 .ควรศึกษาผลกระทบจากสารเติมแต่งออกซิเจนเนตประเภทอื่นๆ

เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงพลังงาน. (2563). [ออนไลน์] **สมาพันธ์ปาล์มน้ำมันฯ ปลื้มนโยบาย B10 ขอบคุณกระทรวงพลังงาน.** [สืบค้นวันที่ 21 มีนาคม 2563]. จาก https://energy.go.th/2015/สมาพันธ์ปาล์มน้ำมันฯ=ปล/

[2] กระทรวงพลังงาน. (2562). [ออนไลน์]. **นโยบายด้านพลังงานของรัฐบาล**. [สืบค้นวันที่ 21 มีนาคม 2563]. จาก https://energy.go.th/2015/government-energy-policy/

[3] Habibullah, M., el at. (2014). **Biodiesel production and performance evaluation of coconut, palm and their combined blend with diesel in a single-cylinder diesel engine**. Energy Conversion and Management. Vol. 87 : 250-257.

[4] Sivalakshmi, S. and Balusamy, T. (2013). **Effect of biodiesel and its blends with diethyl ether on the combustion performance and emissions from a diesel engine.** Energy Sources Part A : Recovery, Utilization, and Environmental Effects. Vol 36 Issue 4 : 106-110.

[5] Vijay Kumar, M., Veeresh Babu, A. and Ravi Kumar, P. (2018). **The impacts on combustion, performance and emissions of biodiesel by using additives in direct injection diesel engine.** Alexandria Engineering Journal. Vol. 57 : 509-519.

[6] Pilar Dorado and Magin Lapuerta. (2010). **Stability, Lubricity, Viscosity, and Cold-Flow Properties of Alcohol–Diesel Blends**. Energy Fuels. Vol. 24 : 4497-4502.

[7] ภาณุพงศ์ ประทับกอง. (2560). **การศึกษาสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กสูบเดียวที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดสำโรง.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมพลังงาน ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องต้นกำลัง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[8] อาภากร ทรงสุมนัส. (2561). **องค์ประกอบทางพฤกษเคมีและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของมะพร้าว.** วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชียฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 12 ฉบับที่ 2 : 13-28.

[9] ธีระศักดิ์ พลโทพงศ์ และ ชัยยศ ดำรงกิจโกศล. (2562). **การศึกษาสมรรถนะและมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียวขนาดเล็กที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดงาม้อนเป็นเชื้อเพลิง.** วารสารพัฒนาเทคนิคศึกษา ปีที่ 32 ฉบับที่ 112 : 37-46.

[10] สมรัฐ เกิดสุวรรณ. (2546). **การเผาไหม้และการควบคุมมลพิษ.** พิมพ์ครั้งที่ 1 ปทุมธานี: สำนักพิมพ์ สกายบุ๊กส์ จำกัด.

[11] Samet Usla and Mustafa Bahattin Celik. (2018). **Prediction of engine emissions and performance with artificial neural networks in a single cylinder diesel engine using diethyl ether.** Engineering Science and Technology, an International Journal. Vol 21 : 1194-1201.

[12] Arunkumar, M., Kannan, M. and Murali, G. (2019). **Experimental studies on engine performance and emission characteristics using castor biodiesel as fuel in CI engine**. Renewable Energy. Vol 131 : 737-744.

[13] Imtenan, S. et al. (2014). **Impact of oxygenated additives to palm and jatropha biodiesel blends inthe context of performance and emissions characteristics of a light-dutydiesel engine.** Energy Conversion and Mangement. Vol. 83 : 149-158.

[14] Ibrahim, A. (2018). **An experimental study on using diethyl ether in a diesel engine operated with diesel-biodiesel fuel blend," Engneering Science and Technology**. Engineering Science and Technology, an International Journal. Vol. 121 : 1024-1033.