

การทดสอบการใช้เชื้อเพลิงปาล์มไบโอดีเซลและน้ำมันพืชใช้แล้วแบบทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน ในเครื่องยนต์ดีเซลเรือกอล์ฟและที่สภาวะการใช้งานจริง

The Testing Palm Biodiesel and Transesterification Biodiesel from Waste Cooking Oil in Korlah-boat Engine in Real Conditions

ประธาน ศรีชัย¹, วสันต์ พลาชัย¹

Prathan Srichai¹, Wasan Palasai¹

(Received: June 8, 2019; Revised: August 8, 2019; Accepted: August 14, 2019)

บทคัดย่อ

ผลความแปรปรวนของราคาเชื้อเพลิงในประเทศน้ำมันดีเซลเป็นหนึ่งในเชื้อเพลิงที่ได้รับผลกระทบจากความแปรปรวนของน้ำมันเชื้อเพลิง การใช้พลังงานทางเลือกนับเป็นทางเลือกของเครื่องยนต์ดีเซล ในจังหวัดนราธิวาสมีผลผลิตจากปาล์มน้ำมันซึ่งสามารถนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงได้ เนื่องจากสภาวะราคาปาล์มตกต่ำ จึงมีแนวคิดที่ใช้ปาล์มเป็น เชื้อเพลิงทางเลือกเพื่อลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงจากฟอสซิลน้ำมันพืช นับเป็นวัตถุดิบอย่างหนึ่งในการปรุงอาหาร หลังจากน้ำมันพืชหมดสภาพการใช้งานหากถูกทิ้งลงสู่แม่น้ำลำคลองหรือกำจัดน้ำมันดังกล่าวไม่เหมาะสมก่อให้เกิดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม โดยที่น้ำมันเชื้อเพลิงดังกล่าวสามารถนำมาผลิตเชื้อเพลิงไบโอดีเซลได้ ผลกระทบของราคาเชื้อเพลิงมีผลต่อชาวประมงที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลเป็นต้นกำลังในการออกหาปลาแล้วนั้น การใช้เชื้อเพลิงปาล์มไบโอดีเซลและน้ำมันพืชใช้แล้วทำให้สมรรถนะของเครื่องยนต์ลดลง ดังนั้นจึงต้องจำเป็นที่ต้องมีการบริหารการทรานส์เอสเตอริฟิเคชันเพื่อปรับสภาวะของเชื้อเพลิงคุณสมบัติทางกายภาพให้เหมาะสมกับเครื่องยนต์ดีเซล ในงานวิจัยนี้นำเสนอการทดสอบเพื่อประเมินการสิ้นเปลืองของไบโอดีเซลในการใช้กับเรือกอล์ฟและการวิ่งใช้งานจริงในทะเลจากผลการทดลอง พบว่า ปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงของปาล์มไบโอดีเซลและไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงที่มากกว่าดีเซลเนื่องจากค่าความหนาแน่นการสิ้นเปลืองที่สูงกว่า ผลของการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของปาล์มไบโอดีเซลเอสเตอริฟิเคชันและน้ำมันพืชใช้แล้วที่มีอัตราเร่งที่ช้ากว่าดีเซลที่ 5.07 และ 9.2 เปอร์เซนต์ต่ออัตราการสิ้นเปลืองของน้ำมันพืชใช้แล้วและปาล์มไบโอดีเซลเอสเตอริฟิเคชันมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่สูงกว่าดีเซล ที่ 28 และ 43 เปอร์เซนต์ ตามลำดับที่ความเร็ว 7 knots เนื่องจากค่าความหนืดจลน์ของไบโอดีเซลมีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้การเปลี่ยนแปลงสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอได้ยากกว่า และมีผลต่อรูปแบบของการเป็นฝอยละอองจึงทำให้การเผาไหม้ที่ส่งผลให้การผลิตกำลังงานของเครื่องยนต์ลดลง

คำสำคัญ: การใช้ไบโอดีเซล เครื่องยนต์ดีเซล เรือกอล์ฟและ

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

¹ Faculty of Engineering, Princess of Naradhiwas University



Abstract

Variability of fuel prices in countries affect on fuel price instability. Diesel is also most a fuel that is affected by price variability. The use of alternative energy fuels is an approach for diesel engine. The large source of fuel energy production in Narathiwat province is palm oil that can be used to produce fuel. Due to lower palm oil prices, it has a concept that using palm as an alternative fuel to reduce the demand on fossil fuels. Vegetable oil is one of the raw materials for cooking. After the vegetable oil expires, it will be the environmental pollution if it is dumped into the river and canal or improper disposal. This expired vegetable oil can be used to produce biodiesel fuel. The effects of fuel prices affect on fishermen who fill in diesel engines to find fish. The use of palm biodiesel fuel and used vegetable oil reduces engine performance. Therefore, it is necessary to improve fuel physical properties by transesterification process.

In this research, a test is used to evaluate the fuel consumption of a boat filled with biodiesel in actual conditions. From the experiment, it was found that fuel consumptions for palm biodiesel and used vegetable oil are higher than that of diesel due to the higher consumption density. As a result of the acceleration boat using used waste cooking oil and palm biodiesel is lower than that of diesel by 5.07 and 9.2 percent. Fuel consumptions of palm biodiesel ester and used vegetable oil are higher than that of 28 and 43%, respectively, at boat speed 7 knots. Due to high viscosity of biodiesel effect on spray phase change from liquid to vapor which effect on spray pattern reduce engine combustion efficiency.

Keywords: Biodiesel, Diesel engine, Kolah boat

บทนำ

การทำประมงพื้นบ้านของชาวบ้านในพื้นที่จังหวัดนราธิวาสและแถบจังหวัดภาคใต้ตอนล่างส่วนใหญ่ใช้เรืออกและในการเดินทางออกหาปลา ทั้งในการออกเรือประมงลากอวนขนาดเล็ก ตกหมึกหาปลาและวางกระชัง ซึ่งเรือดังกล่าวชาวบ้านผลิตเองโดยมีลักษณะเป็นเรือยาวต่อด้ายไม้กระดานนิยมทาสีแล้วเขียนลวดลายด้วยสีจุดฉาดเป็นลายไทยหรือลายอินโดนีเซีย ปัจจุบันเรืออกและมี 2 แบบ คือ แบบหัวสั้น และแบบหัวยาว ขนาดของเรือแบ่งเป็น 4 ขนาด โดยยึดความยาวของลำเรือเป็นเกณฑ์ในการแบ่ง คือ ขนาดใหญ่ยาว 12.5 เมตร ขนาดกลางยาว 11 เมตร ขนาดเล็กยาว 10 เมตร และขนาดเล็กมากเรียกว่า “ลูกเรืออกและ” ยาว 3 เมตรโดยประมาณ การทำประมงชายฝั่งเป็นอาชีพหลักของชาวบ้านที่มีถิ่นอาศัยติดกับทะเลอ่าวไทย โดยเฉพาะเขต หมู่บ้านบึงฉลอม ม.10 ต.ไพรวัน อ.ตากใบ จ.นราธิวาส พบว่า จำนวนของเรือประมงที่ลงทะเบียนเรือประมงปี 2559 จำนวน 118 ลำ จำนวนชาวประมงประมาณ 230 คน และส่วนใหญ่เครื่องยนต์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนเรืออกและร้อยละ 98 เป็นเครื่องยนต์ดีเซลกระบอกสูบเดียว ระบายความร้อนด้วยน้ำขนาด 8-12 แรงม้า

เนื่องจากเครื่องยนต์ดีเซลเป็นเครื่องยนต์สันดาปภายในที่ให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency) สูงกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีนตามงานวิจัยที่ผ่านมาของ Tatsuo et al. (2008) การใช้เครื่องยนต์ดีเซลจึงเป็นข้อได้เปรียบของการใช้ค่าพลังงาน เนื่องจากน้ำมันดีเซลมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นและมีความแปรปรวนทำให้เกิดผลกระทบในทางด้านขนส่งและมีผลต่อราคาวัตถุดิบทั้งในภาคการขนส่ง ตลอดจนรวมถึงปัญหาทั้งของน้ำมันพืชที่ใช้แล้วลงสู่ท่อระบายน้ำทำให้เกิดการอุดตันของท่อระบายน้ำประกอบกับปัญหาทางการเงินของประเทศที่ต้องนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศทำให้เสียดุลการค้าและที่สำคัญคือปัญหาด้านมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมที่มีเพิ่มมากขึ้น ตามที่กระทรวงพลังงานได้กำหนดแผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี (2551-2565)

โดยมีเป้าหมายในการเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนเป็นร้อยละ 20 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายของประเทศภายในปี 2565 การเพิ่มสัดส่วนของไบโอดีเซลผสมดีเซลได้ ลดการเกิดสภาวะโลกร้อนส่งผลให้การมองหาพลังงานทางเลือกที่ใช้ทดแทนน้ำมันดีเซล ได้แก่ น้ำมันไบโอดีเซลเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากพืชหรือไขมันสัตว์ โดยเป็นผลผลิตภายในประเทศ ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาได้มีการทดลองหลายชนิดในการประเมินความเป็นไปได้ของการใช้เชื้อเพลิงพลังงานทดแทนต่างๆ ในภาพของเชื้อเพลิงช่วยหรือเชื้อเพลิงทดแทนการใช้เชื้อเพลิงพลังงานทดแทนชนิดนี้ โดยไม่มีการดัดแปลงหรือปรับปรุงเครื่องยนต์ ส่วนมากทำให้สมรรถนะลดลงหรือค่ามลพิษเพิ่มขึ้น ในขณะที่เชื้อเพลิงบางประเภทจำเป็นต้องดัดแปลงเครื่องยนต์เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งมักมีค่าใช้จ่ายในการดัดแปลงสูง นอกจากนี้การพิจารณาผลกระทบโดยรวมของเชื้อเพลิงทดแทนในปัจจุบันยังต้องการการพิจารณาวัฏจักรชีวิต (Life cycle) ซึ่งเป็นการพิจารณาเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมและมลภาวะอื่นๆ ที่ปล่อยสู่บรรยากาศในขบวนการ การผลิต การขนส่ง การแจกจ่าย และการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแทนที่ค่าหนึ่งถึงเฉพาะมลพิษจากไอเสียเครื่องยนต์เพียงอย่างเดียวจากข้อดีของการใช้ไบโอดีเซลคือ เป็นการคงที่การเกิดขึ้นของวงจรวัฏจักรคาร์บอนของเชื้อเพลิงจากน้ำมันพืช จึงเริ่มมีการหันมาสนใจการใช้ไขมันจากพืช โดยเฉพาะน้ำมันไบโอดีเซลเป็นทางเลือกหนึ่งซึ่งได้สามารถผลิตได้จากผลผลิตทางการเกษตรซึ่งการหันมาใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลกันมากขึ้นเป็นการลดค่าใช้จ่ายและลดปริมาณการนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศได้แต่การจะนำน้ำมันไบโอดีเซลมาใช้ในเครื่องยนต์จะเปิดด้วยการอัดหรือเครื่องยนต์ดีเซลนั้นจำเป็นต้องมีการศึกษาผลกระทบของตัวแปรต่างๆ ในหลายด้านเนื่องจากเนื่องมาจากคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเชื้อเพลิงหลายส่วนมีค่าแตกต่างกับเชื้อเพลิงดีเซล โดยผลดังกล่าวซึ่งจะมีผลต่อเครื่องยนต์ในหลายด้าน เช่น คุณลักษณะการเผาไหม้ และมลภาวะที่เกิดขึ้น

งานวิจัยที่ผ่านมาในการใช้ไบโอดีเซลในเครื่องยนต์ดีเซล

EPPO & PTT Public Company Limited (2010) ได้ทำการทดสอบไบโอดีเซลผสมดีเซลในเครื่องยนต์ดีเซลในรถปิคอัพไม่เปิดฝายูนิตและยี่ห้อ ขนาดปริมาตรกระบอกสูบ 2,500 ซีซี จำนวนสี่สูบ ระบายความร้อนด้วยน้ำ ระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคอมมอนเรลโดยไม่มีการปรับแต่งเครื่องยนต์ ในอัตราส่วนของไบโอดีเซลต่างกัน และเทียบกับดีเซล พบว่า การผสมไบโอดีเซลทำให้สมรรถนะของเครื่องยนต์ลดลงตามเปอร์เซ็นต์ของไบโอดีเซลที่เพิ่มขึ้น

Rakopoulos, Antonoploulos, Hountalas & Giakoumis (2006) ได้ทำการทดสอบเครื่องยนต์ยี่ห้อ Richado Hydra แบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงเข้าห้องเผาไหม้ (Direct injection) โดยใช้ดีเซลผสมกับไบโอดีเซลจากน้ำมันพืช 20 และ 80 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดสอบพบว่า ค่ามลพิษควันดำมีผลลดลงเมื่อเพิ่มส่วนผสมของไบโอดีเซลเป็นส่วนผสม ค่าไนโตรเจนไดออกไซด์มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มส่วนผสมของไบโอดีเซล แต่การเผาไหม้ของไบโอดีเซลมีอากาศเหลือในการเผาไหม้มากกว่าดีเซล ทำให้ค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนผสมของไบโอดีเซลเพิ่มขึ้นทั้งที่ภาระงานกึ่งหนึ่งและภาระงานสูงสุด

Mongkon, Nuwong , Subongkoj , Chinda & Takeyuki (2009) ได้มีการทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ น้ำมันไบโอดีเซลแบบเอสเตอร์เปรียบเทียบกับด้านสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลแบบฉีดตรงเข้าห้องเผาไหม้ (Direct injection) ขนาดปริมาตรกระบอกสูบ 3,214 ซีซี กำลังงานต่อเนื่อง 62.5 kW พบว่าค่าแรงบิดของเครื่องยนต์ลดลงเมื่อใช้ไบโอดีเซลและส่งผลให้อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะมีค่าเพิ่มขึ้นมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าการใช้เชื้อเพลิงดีเซล

Suteerasak, Sanitjai, & Chancaona (2009) การทดสอบเครื่องยนต์เพื่อศึกษาคุณลักษณะการเผาไหม้น้ำมันดีเซลผสมไบโอดีเซล และผลกระทบการอุ่นน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลสี่สูบแบบฉีดเชื้อเพลิงเข้าห้องเผาไหม้โดยตรงที่สภาวะการทำงานคงที่ จากผลการศึกษาพบว่า การอุ่นน้ำมันดีเซลผสมไบโอดีเซลอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ทำให้การแตกตัวเป็นละอองฝอย (Spray atomization) และการระเหยกลายเป็นไอดีขึ้น ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงลดลงเมื่อเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซลที่อุณหภูมิห้อง นอกจากนั้นผลการวิเคราะห์คุณลักษณะการเผาไหม้ชี้ให้เห็นว่าช่วงความล่าช้าในการจุดระเบิดลดลง



0.2 -1.0 องศา เฟลาเชื้อเพลิงช่วงการเผาไหม้แบบเผาไม่ล่วงหน้า (Premixed combustion) ลดลงที่ 0.5-1.5 องศา เฟลาเชื้อเพลิง ส่วนช่วงการเผาไหม้แบบการควบคุมการเผาไหม้ (Mixing - Controlled) เพิ่มขึ้น 0.4- 1.1 องศา เฟลาเชื้อเพลิงซึ่งส่งผลกระทบต่อ การปลดปล่อยพลังงานในแต่ละช่วงการเผาไหม้อุณหภูมิไอเสียและปริมาณมลพิษจำพวกไนโตรเจนออกไซด์และคาร์บอนดำมีแนวโน้มที่ลดลง

Raheman & Ghadge (2008) ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบด้านสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลกับไบโอดีเซล ในอัตราส่วนผสมร้อยละ 20 40 และ 60 และไบโอดีเซล (B100) ในเครื่องยนต์สูบล้อระบายความร้อนด้วยน้ำโดยทดสอบที่ภาระต่อเนื่องที่ 7.5 kW รอบเครื่องยนต์ 3000 รอบต่อนาที พบว่าแรงบิดของเครื่องยนต์ใช้ ไบโอดีเซลผสมอัตราส่วนร้อยละ 20 มีแรงบิดที่เพิ่มขึ้น 0.1-1.3 เปอร์เซ็นต์ และการใช้ไบโอดีเซลอัตราส่วน 20 ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ค่าแรงบิดมีค่าลดลงในช่วง 2-23 เปอร์เซ็นต์ตลอดจนค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของอัตราส่วนผสมไบโอดีเซลร้อยละ 20 และ 40 มีความประหยัดเชื้อเพลิงกว่าดีเซล 0.8 - 7.4 เปอร์เซ็นต์ แต่ในการนี้ร้อยละ 60 ถึงไบโอดีเซลล้วน มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะที่สูงกว่าดีเซล 11 - 48 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบที่ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน พบว่าการใช้ไบโอดีเซลผสมมีค่าเพิ่มขึ้นดังนี้ B20 26.79 เปอร์เซ็นต์ B40 29.13 เปอร์เซ็นต์ แต่ในการนี้การผสมไบโอดีเซลร้อยละ 60.80 และ ถึงไบโอดีเซลล้วน มีค่าลดลงที่ 24.46, 23.96 และ 22.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การทดสอบการใช้งานแบบใช้งานระยะยาวของการใช้ไบโอดีเซลในเครื่องยนต์ Tawit, Tangsatitchai, Chamnanprasart & Pittiya Thippayap (2003) ได้ทดลองศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลแบบฉีดตรง (Direct Injection) และแบบฉีดอ้อม (Indirect Injection) รวมทั้งข้อมูลความคงทนของเครื่องยนต์ทั้งสองระบบเมื่อได้ใช้งานหนักเป็นเวลานาน 270 ชั่วโมง นอกจากนี้ยังได้ทดสอบหาคุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิง คุณสมบัติทางกายภาพ และ คุณสมบัติทางเคมี ของน้ำมันปาล์มดิบ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การใช้น้ำมันปาล์มดิบอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส แล้วจ่ายให้กับระบบฉีดเชื้อเพลิง พบว่าให้สมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลทั้งสองแบบฉีดตรงและแบบฉีดอ้อมระบบในระยะสั้นเท่าเทียมกับการใช้น้ำมันดีเซลเครื่องยนต์แบบฉีดอ้อมมีความเหมาะสมต่อการใช้น้ำมันปาล์มเป็นเชื้อเพลิงมากกว่าเครื่องยนต์แบบฉีดตรง เนื่องจาก การสะสมตัวของตะกั่วคาร์บอนในห้องเผาไหม้น้อยกว่ากำลังเครื่องยนต์ลดต่ำลงน้อยกว่า ผลการทดสอบน้ำมันเชื้อเพลิงพบว่า การปนเปื้อนน้ำมันหล่อลื่นน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อน้ำมันปาล์มดิบมีคุณสมบัติที่แทนน้ำมันเครื่องยนต์ดีเซลได้หากมีการอุ่นร้อนที่เหมาะสม ที่เมื่อได้ทดลองเครื่องเป็นเวลานาน 270 ชั่วโมง พบว่าสมรรถนะของเครื่องยนต์จะลดลงแต่ยังไม่อาจสรุปได้ว่ายังไม่พบความเสียหายของเครื่องยนต์

งานวิจัยไบโอดีเซลที่ใช้ในเครื่องยนต์เรือทางทะเล

การใช้ไบโอดีเซลในเรือและการขนส่งทางยานพาหนะทางทะเลจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า (Cytoculture, 2019) ในกรณีใช้ไบโอดีเซลผสมดีเซลที่มีส่วนผสมไม่เกินร้อยละ 20 จะไม่พบการผิดปกติของการทำงานในเครื่องยนต์ แต่หากใช้ไบโอดีเซลแทน พบว่า อัตราส่วนของการอุดตันของท่อทางเดินเชื้อเพลิงตัวอย่างเรือที่ทดลอง ที่ร้อยละ 6 และส่วนที่เหลือร้อยละ 84 ไม่พบสิ่งผิดปกติ และยังมีการแนะนำการล้างทำความสะอาดถึงน้ำมันเชื้อเพลิงก่อนที่จะใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลล้วน

จากงานวิจัยที่ผ่านมาทั้งการใช้และการทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ไบโอดีเซลเป็นพลังงานทดแทนในเครื่องยนต์ดีเซลและยังขาดการเปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิงต่างชนิดกันในสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์กับเรือกอล์ฟและ

ผลที่คาดว่าจะได้รับคือผลของปริมาณการฉีดเชื้อเพลิง อัตราเร่ง ค่าพลังงานเชื้อเพลิงที่ใช้และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง เพื่อประเมินใช้ไบโอดีเซลจากปาล์มไบโอดีเซลและน้ำมันพืชใช้แล้วทรานส์เอสเตอริฟิเคชันในเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้กับเรือกอล์ฟ

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อทดลอง อัตราเร่ง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ตลอดจนการคำนวณด้านค่าใช้จ่าย และค่าพลังงานของเรือกอและที่ใช้เชื้อเพลิงปาล์มไบโอดีเซลและน้ำมันพืชเทียบกับดีเซลภายใต้สภาวะการทดลองใช้งานที่ทะเล

ระเบียบวิธีวิจัย

เชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดลอง

คุณสมบัติเชื้อเพลิงดังตารางที่ 1 คุณสมบัติทางกายภาพเปรียบเทียบของ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง ความหนืดจลน์ ความหนาแน่น จุดติดไฟ เลขดัชนีซีเทนของน้ำมันดีเซล (Diesel) และน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้จากน้ำมันพืชใช้แล้ว (WCBDF) และน้ำมันทรานส์เอสเทอร์ฟิคชันจากปาล์ม (PBDF)

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ

คุณสมบัติ	เชื้อเพลิง		
	ดีเซล (Diesel)	น้ำมันทรานส์เอสเทอร์ฟิคชัน ดีเซลจากพืชน้ำมันพืชใช้แล้ว (WCBDF)	น้ำมันทรานส์เอสเทอร์ฟิคชัน ไบโอดีเซลจากปาล์ม (PBDF)
ค่าความร้อนในเชื้อเพลิง (LHV), MJ/kg	45.1	38.6	39.8
ค่าความหนืดจลน์, cSt @ 40 °C	3.2	6.0	4.47
ค่าความหนาแน่น, kg/l @ 60 °C	0.823	0.86	0.87
จุดติดไฟ, °C	>52	172	170
เลขดัชนีซีเทน (Cetane index)	56.4	60	59

เงื่อนไขการทดลอง

การทดลองทางทะเลในเงื่อนไขการใช้งานในทะเลจริงในช่วงเช้าที่คลื่นและลมสงบ โดยแบ่งการทดลองได้ 2 อย่างอันได้แก่ การวัดอัตราเร่ง และการวัดอัตราการสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง

ตารางที่ 1 แสดงการวัดอัตราเร่งที่วัดอัตราเร่งของเรือ ได้แก่ เชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดลอง และความเร็วของเรือที่ความเร็ว 3 ถึง 7 knots ที่คันเร่งของเครื่องยนต์เปิดสูงสุด โดยเป็นความเร็วของเรือในขณะวิ่งล่อมวนที่สอบถามจากตัวแทนชาวประมงที่ใช้เรือกอและจากนั้นนำเวลาในจากแล่นเรือเพื่อคำนวณหาอัตราเร่งต่อไป

ตารางที่ 2 เงื่อนไขการวัดอัตราเร่งของเรือ

ตัวแปรในการทดลอง	ตัวแปร
เชื้อเพลิง	น้ำมันทรานส์เอสเทอร์ฟิคชัน ดีเซลจากพืชน้ำมันพืชใช้แล้ว (PBDF), น้ำมันทรานส์เอสเทอร์ฟิคชัน ดีเซลจากปาล์ม (WSCO) และ ดีเซล (Diesel)
ความเร็วเรือ (knots)	3 ถึง 7

การกำหนดเงื่อนไขการทดลอง ระบุไว้ในตารางที่ 2 เป็นไปตามการใช้งานเรือกอและที่ผ่านการสัมภาษณ์จากชุมชนเรือกอและ และได้ทำการระบุเงื่อนไขการทดลองความเร็วของการทดลองได้จากความเร็วในการเดินทางไปนอกหาปลาซึ่งความเร็วดังกล่าวเป็นความเร็วของเรือกอและที่ทางชาวประมงใช้ โดยปกติแล้วหากเป็นเรือขนาดความยาวไม่เกิน 10 เมตร



และเครื่องยนต์ 12 แรงม้า จะให้ความเร็วของเรือสูงสุดที่ไม่เกิน 7 knots การวัดอัตราเร่งที่ความเร็วของเรือเริ่มต้นที่ 3 knots และใช้เปอร์เซ็นต์คันเร่งเปิดสุดเพื่อเร่งให้เรือล่อมปลา โดยส่วนอัตราการสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิงจริง โดยวัดจากมวลของเชื้อเพลิงที่ใช้ไปแล้วแปลงเป็นหน่วยลิตร และคำนวณปริมาณเพลิงที่ใช้ไปในหน่วยของลิตรต่อระยะทางในการเดินทางของเรือกอลและเพื่อเป็นตัวแปรต้นในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการใช้ไบโอดีเซลเป็นพลังงานทางเลือก

ตารางที่ 3 การทดลองวัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเรือกอลและ

ตัวแปรควบคุมในการทดลอง	ตัวแปร
เชื้อเพลิง	น้ำมันทรานส์เอสเทอร์พีเคชั่น ดีเซลจากพืชน้ำมันพีซีแล้ว (PBDP), น้ำมันทรานส์เอสเทอร์พีเคชั่น ดีเซลจากปาล์ม (WSCO) และ ดีเซล (Diesel)
ความเร็วเรือ (knots)	3 , 5 และ 7
องศาการจู่ตะเอยของเครื่องยนต์ก่อนจุดศูนย์ตายบน (องศาเพลอาซอเทวียง)	5
การปรับความดันในการฉีดเชื้อเพลิง (kg/cm ²)	200

ขนาดของเรือ

ต้นกำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อนเรือกอลและ ชาวประมงส่วนมากนิยมใช้เป็นเครื่องยนต์ดีเซลแบบสูบเดี่ยว ขนาด 8-12 แรงม้า การระบายความร้อนโดยให้หมอน้ำต้ม (Hooper) ที่ใช้แรงดันของน้ำที่ไปจักรขับให้น้ำไหลหมุนเวียนเข้าหม้อต้ม โดยทำการติดตั้งชุดเดียวกับทางเลี้ยวจะติดตั้งอยู่ท้ายเรือเป็นจุดหมุนในการบังคับเรือพร้อมทางเลี้ยว การเลือกเรือในการทดสอบใช้เป็นเรือกอลและที่ใช้เป็นเรือไม้ตะเคียนขนาดความยาว 8.29 เมตร กว้าง 2.25 เมตรระหว่างขั้วน้ำ 3.62 ตันกรอส ซึ่งเป็นเรือของชาวประมงที่ใช้ออกทำการหาปลา การเลือกเรือขนาดนี้เพราะเป็นขนาดเล็กที่สุดที่ใช้สูงสุดในกลุ่มเรือประมง (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 เรือกอลและที่ใช้ในการทดสอบ



ภาพที่ 2 เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ

ขนาดของเครื่องยนต์เรือ

ต้นกำลังในการขับเคลื่อนเรือในการทดลองนี้ใช้ต้นกำลังเป็นเครื่องยนต์ดีเซลแบบสี่จังหวะระบายความร้อนด้วยน้ำ ขนาด 12 แรงม้า รายละเอียดของเครื่องยนต์แสดงดังตารางที่ 4 โดยที่ก้านของเครื่องยนต์ส่งผ่านอัตราทดรอบไปยังเพลาลูกเบี้ยวที่ 10 ต่อ 1 ขนาดความยาวทางเรือ 3.8 เมตร และใบจักรขนาด 20 นิ้ว 2 ครีบบใบจักร โดยรายละเอียดของการติดตั้งเครื่องยนต์แสดงได้ดังภาพที่ 2

ตารางที่ 4 รายละเอียดของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ในการทดลอง

หัวข้อ	รายละเอียด
ประเภทห้องเผาไหม้	แบบฉีดตรงเข้าห้องเผาไหม้ (Direct Injection)
ปริมาตรกระบอกสูบ, CC	638
แรงม้าต่อหนึ่ง, แรงม้า @รอบต่อนาที	10.5 @ 2400
อัตราส่วนการอัด	16 :1
ระบบระบายความร้อน	แบบหมอน้ำท่วมหมุนวนจากหลังใบจักร

วิธีการทดลอง

การวัดปริมาณการฉีดเชื้อเพลิง

ในงานทดสอบนี้ได้ทำการวัดปริมาณเชื้อเพลิงที่หัวฉีดจ่ายไปยังห้องเผาไหม้ในแต่ละวัฏจักรการวัดปริมาตรการฉีดเชื้อเพลิงใส่ขวดปิดผนึกป้องกันไอน้ำมันออก แล้วหมุนเครื่องยนต์ให้ได้อัตรารอบ 100 ครั้ง จากนั้นทำวัดผลต่างของมวลของเชื้อเพลิงก่อนและหลังการวัดด้วยเครื่องน้ำหนักแบบดิจิทัลที่ความละเอียด 0.01 กรัม ยี่ห้อ Metelcor ในการชั่งน้ำหนักของเชื้อเพลิงของการวัดอัตราการฉีด

การวัดอัตราเร่งโดยการจับเวลาวิ่งของเรือจากความเร็วของเรือ 3 ถึง 7 knots โดยใช้ GPS ในการวัดความเร็วที่หอ Haiyang รุ่น Smart 5 ค่าความแม่นยำในการวัดที่ระยะ 2.5 เมตร อัตราการตอบสนอง 1 วินาที และใช้นาฬิกาจับเวลาที่เรือจากเวลา 3 ถึง 7 knots ว่าใช้เวลากี่วินาที การคำนวณอัตราการเร่งโดยใช้ผลต่างของความเร็วและผลต่างของเวลาสามารถคำนวณอัตราเร่งได้ตามสมการที่ (1) (Acceleration measurement, 2019)



$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (1)$$

โดยที่ Δv คือ ผลต่างของความเร็ว
 Δt คือ ผลต่างของเวลา

การวัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

การวัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของการทดสอบเรือ โดยการวิ่งทดสอบที่สภาวะการทำงานของเรือจริง โดยมีการวัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในหน่วยของน้ำหนักและแปลงจากหน่วยของมวลเป็นปริมาตรเชื้อเพลิง

$$\text{อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง} = \frac{(\text{น้ำหนักของเชื้อเพลิงที่ใช้ไป/ค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิง})}{\text{ระยะทางที่ใช้ในการแล่นเรือทดสอบ}} \quad (2)$$

มวลของเชื้อเพลิงที่ใช้ไปคือผลต่างของน้ำหนักเชื้อเพลิงที่เครื่องยนต์ใช้ไปในการวิ่งเรือ (กรัม)

ความหนาแน่น คือความหนาแน่นของเชื้อเพลิงในการทดสอบ (kg/m^3)

ระยะทางในการวิ่งทดสอบเรือคือระยะทางในการวิ่งเรือโดยการวิ่งทดสอบที่ถูกจับด้วย GPS (ไมล์ทะเล)

ค่าพลังงานเชื้อเพลิงที่ใช้

การใช้ค่าพลังงานในต่อไมล์ทะเลโดยการนำมวลของการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ได้คูณด้วยค่าความร้อน (LHV) ดังสมการที่ (3)

$$\text{Energy} = \text{LHV} \times \text{มวลของเชื้อเพลิงที่ใช้ไป} \quad (3)$$

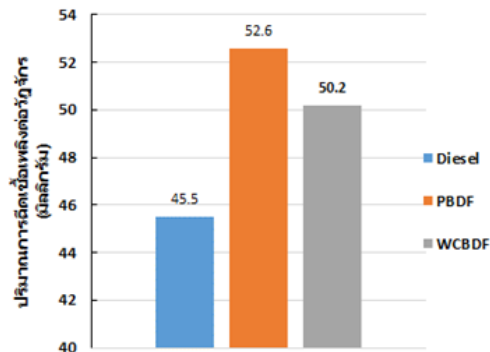
โดยที่ Energy คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงที่จ่ายให้กับเครื่องยนต์
 LHV คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงได้จากตารางที่ 1

ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

ส่วนต่อไปนำเสนอผลการทดสอบเรือกอกและที่ใช้เชื้อเพลิงพลังงานทางเลือกโดยแบ่งเป็นสองส่วนอันได้แก่ ส่วนของการวัดปริมาณการฉีดเชื้อเพลิง ส่วนการทดสอบเรือ ทั้งอัตราเร่ง อัตราการสิ้นเปลือง และค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิงต่อระยะทางในการวิ่งของเรือ โดยมีผลดังนี้

ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิง

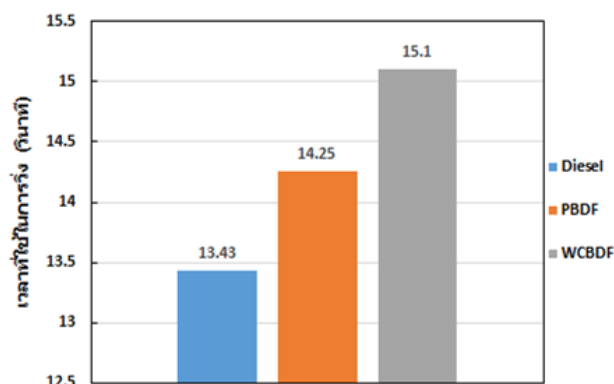
ปริมาณการฉีดของเชื้อเพลิงเมื่อใช้หัวฉีดต่อวัฏจักรดังแสดงในภาพที่ 3 ค่าของปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรมีผลมาจากความหนาแน่นของเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้นโดยเฉพาะไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วและน้ำมันปาล์มไบโอดีเซลที่มีผลทำให้ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นมากกว่าดีเซลที่ร้อยละ 15.3 และ 10.9 ที่เป็นปาล์มไบโอดีเซลและน้ำมันพืชใช้แล้วเนื่องจากผลของความหนาแน่นมีผลต่างกันเล็กน้อยแต่ความหนืดของเชื้อเพลิงที่มีต้านทานการไหลภายในหัวฉีดทำให้ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 3 ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรที่เชื้อเพลิงต่างกัน

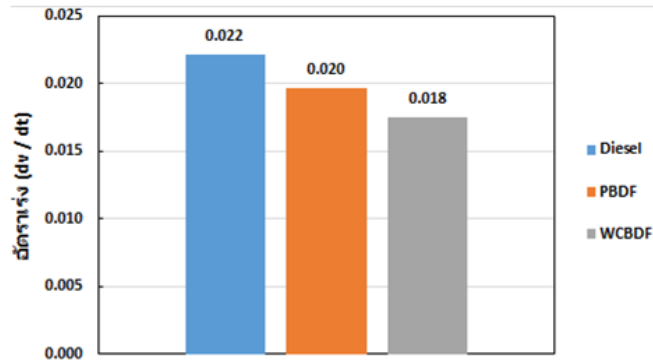
อัตราเร่งเรือ

การจับเวลาที่ได้จากการทดสอบของเรือที่นำเสนอ (ภาพที่ 4) จากผลการทดลองพบว่าเวลาในการเร่งจากความเร็วเรือ 3 ไปเป็น 7 knots เวลา 13.8, 14.5 และ 15.2 วินาที โดยที่ร้อยละ 5.07 และ 9.2 ที่เป็นเชื้อเพลิง ดีเซลปาล์มไบโอดีเซลและไบโอดีเซลจากพืชใช้แล้วตามลำดับในกรณีใช้ไบโอดีเซลทั้งปาล์มไบโอดีเซลและน้ำมันพืชใช้แล้วแต่ละเชื้อเพลิงมีแนวโน้มที่ใช้เวลาเพิ่มขึ้น เนื่องจากค่าความร้อนที่น้อยกว่าจึงทำให้เชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนสูงจะได้เปรียบในการผลิตกำลังของเครื่องยนต์ออกมาได้มากกว่าเป็นผลให้สร้างเป็นแรงขับเรือเพิ่มขึ้นและมีการตอบสนองของคันเร่งและภาระงานของเรือได้น้อยกว่า ส่วนค่าพลังงาน ดีเซล ปาล์มไบโอดีเซลน้ำมันพืชใช้แล้วมีค่าพลังงานความร้อน 2.05 2.09 และ 1.94 MJ ตามลำดับ ทั้งนี้ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงพบว่าอัตราการฉีดเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงดีเซลและปาล์มไบโอดีเซลมีค่าพลังงานความร้อนที่ใกล้เคียงกัน แต่ในส่วนของน้ำมันพืชใช้แล้วมีค่าพลังงานความร้อนน้อยกว่าดีเซลและปาล์มไบโอดีเซล เนื่องจากการดัดแปลงเครื่องยนต์ที่มีผลต่อความหนืดจลน์ทำให้ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงลดลง



ภาพที่ 4 เวลาในการวิ่งของเรือจากความเร็วจากความเร็ว 3 ถึง 7 knots

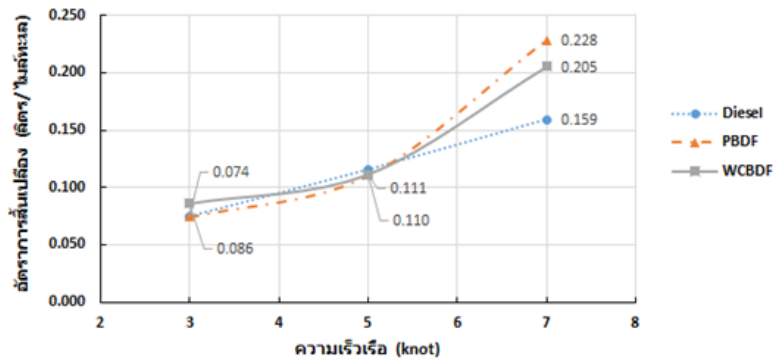
จากผลของความเร็วของเรือในภาพที่ 4 สามารถคำนวณอัตราเร่งของเรือจากสมการที่ 1 โดยนำเสนอผลการทดลองพบว่าอัตราเร่งของเชื้อเพลิงตามภาพที่ 5 จากผลการทดลองพบว่าอัตราเร่งของดีเซลมีอัตราเร่งสูงสุด การใช้ไบโอดีเซลจากปาล์มและไบโอดีเซลน้ำมันพืชใช้แล้ว พบว่า อัตราเร่งมีแนวโน้มลดลงเมื่อใช้ปาล์มไบโอดีเซลและน้ำมันพืชใช้แล้ว ทั้งนี้เนื่องจากเชื้อเพลิงไบโอดีเซลมีขนาดของฟอยล์ของของเชื้อเพลิงในช่วงกระบวนการเผาไหม้ที่แย่กว่าทำให้ประสิทธิภาพการแปลงเชื้อเพลิงเป็นพลังงานกลได้น้อยกว่าดีเซล



ภาพที่ 5 อัตราแรงของเรือกอกและที่เชื้อเพลิงต่างกัน

อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

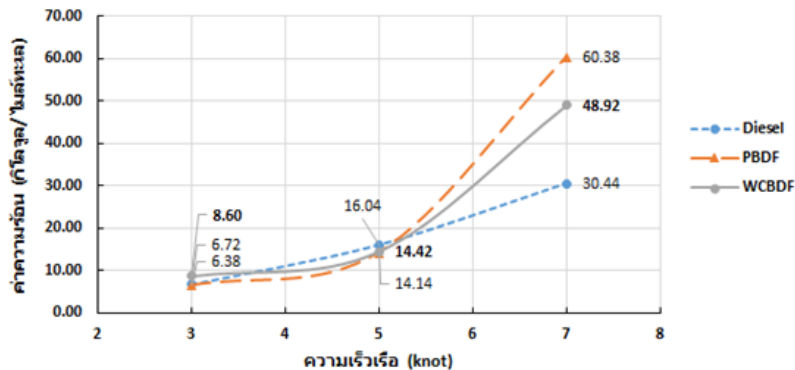
อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงดังแสดงได้ในภาพที่ 6 เพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วของเรือเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากรอบความเร็วของเครื่องยนต์ในการขับไปจักรสูงขึ้นทำให้การจ่ายเชื้อเพลิงสูงขึ้นตาม ส่วนของความเร็วที่ 3 และ 5 knots ผลของอัตราการสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิงมีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกันเนื่องจากแรงต้านของเรือที่แปรผันตามความเร็วการเพิ่มความเร็วของเรือกอกและเพิ่มขึ้นที่ความเร็ว 7 knots ส่งผลชัดเจนถึงอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของไบโอดีเซลมีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้การเพิ่มขึ้นของแรงต้านทานเรือที่เพิ่มขึ้นที่ความเร็วสูงทำให้การต้องการกำลังจากเครื่องยนต์สูงขึ้นตาม เนื่องจากค่าความร้อนของเชื้อเพลิงของไบโอดีเซลมีทั้งปาล์มและน้ำมันพืชใช้แล้วมีส่วนผสมของออกซิเจนในตัวเชื้อเพลิง (Oxygenate) ทำให้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงน้อยลง เนื่องจากออกซิเจนไม่มีค่าความร้อนช่วยในการเผาไหม้ ส่งผลให้ความร้อนในตัวเชื้อเพลิงลดลงตาม



ภาพที่ 6 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

ค่าพลังงานเชื้อเพลิงที่ใช้

ค่าพลังงานความร้อนที่จ่ายให้กับเครื่องยนต์ที่ความเร็วเรือและเชื้อเพลิงต่างกันตามสมการที่ (3) และมีการนำเสนอผลการทดลองตามภาพที่ 7 จากผลการทดลองพบว่าค่าความร้อนของเชื้อเพลิงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วเรือเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการต้องการพลังงานของการขับเคลื่อนเรือที่สูงขึ้น โดยเฉพาะที่ความเร็วสูงของเรือนั้นจะมีผลต่อผลของค่าพลังงานในเชื้อเพลิงตามค่าความร้อนของเชื้อเพลิง ถ้าค่าความร้อนของเชื้อเพลิงมากขึ้นเป็นผลทำให้อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงลดลง

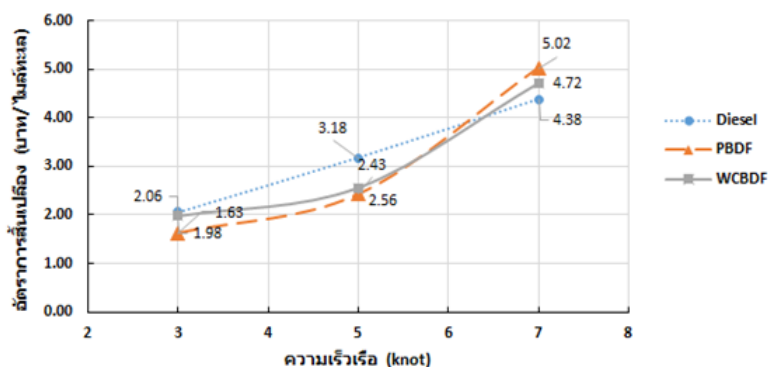


ภาพที่ 7 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงที่ใช้

ค่าใช้จ่ายในการเดินทางต่อระยะทาง

ในการคำนวณราคาของเชื้อเพลิงดีเซลอ้างอิงราคาเชื้อเพลิงในวันที่ 28 มิถุนายน 2562 ที่สถานีบริการเชื้อเพลิง อ.เมือง จังหวัดนราธิวาส (PTTwebsit, 2019) กำหนดราคาค่าเชื้อเพลิงต่อการเดินทางที่ราคาของดีเซลอยู่ที่ลิตรละ 28 บาท ราคาของปาล์มไบโอดีเซลที่ 22 บาท และราคาของไบโอดีเซลน้ำมันพืชใช้แล้วที่ 23 บาท นำไปคำนวณผลของการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสามารถหาในส่วนของราคาค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิงในการวิ่งของเรือต่อไมล์ทะเล

จากผลการทดสอบในภาพที่ 8 พบว่าแนวโน้มของอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเร็วของเรือ ส่วนของค่าเชื้อเพลิงของปาล์มไบโอดีเซลและไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วมีค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิงที่น้อยกว่าในช่วงความเร็วเรือที่ 3 และ 5 knots และเมื่อความเร็วของเรือเพิ่มขึ้นเป็น 7 knots อัตราการสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิงปาล์มไบโอดีเซลมีแนวโน้มที่สูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากความเร็วเรือที่สูงทำให้ภาระงานที่เครื่องยนต์สร้างขึ้นสูงขึ้นตาม ดังนั้นส่งผลทำให้อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและค่าใช้จ่ายของเรือมีค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้นที่ 28 และ 43 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วเรือ 7 knots



ภาพที่ 8 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่เชื้อเพลิงและความเร็วเรือต่างกัน

สรุป

จากการศึกษาเชิงทดลองในการวัดอัตราการสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิงปาล์มไบโอดีเซลและไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วเทียบกับน้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์เรือกอกและที่สภาวะการใช้งานในทะเล สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงเชื้อเพลิงไบโอดีเซลมีปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงที่มากกว่าเนื่องจากความหนาแน่นของไบโอดีเซลที่เพิ่มขึ้นทำให้อัตราการไหลเชิงมวลในการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรมีค่าเพิ่มขึ้น



2. เวลาในการเร่งของเรือที่ใช้ไบโอดีเซลมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามความเร็วจาก 3-7 knots ส่งผลให้อัตราเร่งของเรือมีค่าลดลง ทั้งนี้มาจากค่าความร้อนของเชื้อเพลิงที่น้อยทำให้กำลังในการสร้างแรงดันขับเคลื่อนมีค่าน้อยกว่าทำให้อัตราเร่งลดลง
3. อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของไบโอดีเซลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะที่ความเร็วเรือที่ 7 knots เนื่องจากค่าความร้อนของเชื้อเพลิงที่ลดลงทำให้อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากขึ้น
4. ค่าใช้จ่ายในการเดินทางเรือกอลแลที่ใช้ไบโอดีเซลทั้งปาล์มไบโอดีเซลและน้ำมันพืชยังคงมีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าดีเซล โดยเฉพาะที่ความเร็ว 7 knots ทั้งนี้ปัจจัยในการอัตราการสิ้นเปลืองของราคาเชื้อเพลิง

ข้อเสนอแนะ

ในการต่อยอดการทดลองงานวิจัยนี้ให้ชุดวัดอัตราการสิ้นเปลืองแบบ Real-time เพื่อความรวดเร็วในการบันทึกผลการทดสอบ

1. ติดตั้งชุดวัดแรงบิดเพื่อทราบแรงบิดสำหรับคำนวณประสิทธิภาพในการใช้งานจริง
 2. การทดสอบความทนทานในการใช้งานไบโอดีเซลที่ใช้ชั่วโมงการทำงานที่สูงขึ้น
- การต่อยอดในการใช้ไบโอดีเซล
- การปรับปริมาณการฉีดของเชื้อเพลิง
1. เพิ่มความดันในการฉีดเชื้อเพลิงเพื่อชดเชยค่าความหนืดจลน์ของเชื้อเพลิง
 2. การเปลี่ยนแปลงขนาดหัวฉีดเพื่อเร่งการเป็นฝอยละอองของเชื้อเพลิงให้มีขนาดของละอองเชื้อเพลิง (Atomization)

ลดลง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจาก“ทุนพัฒนานักวิจัยสู่ตำแหน่งวิชาการเพื่อชุมชนและสังคม ประเภททุนพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ สัญญาทุนเลขที่ RDG5940004-2S03 คณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ฝ่ายชุมชนและสังคม (ฝ่าย 4) และโรงงานต้นแบบปาล์มไบโอดีเซล มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ตลอดจนกลุ่มชาวชาวประมง หมู่ที่ 10 ต.ไพรวัน อ.นราธิวาส ที่ให้ความร่วมมือในการทดสอบ

รายการอ้างอิง (Reference)

- Accretions measurement*. (2019). Restive form https://www.diffen.com/difference/Acceleration_vs_Velocity
- Chitsonboon, T., Tangsatitchai, C., Chamnanprasart, K., & Thippayap, R. (2003). *Full report Effect of fuel property on diesel engine using clude palm oil*. Thailand science research and Innovation.
- Cytoculture, Biodiesel for marine engine*. (2019). Restive form <http://www.cytoculture.com>.
- Fuel price*. (2019). Restive form <http://www.pttplc.com/th/media-center/oil-price/pages/province-oil-price.aspx>
- Gopalk, N. & et al. (2014) , Investigation of emissions and combustion characteristics of a CI engine fueled with waste cooking oil methyl ester and diesel blends. *Alexandria Engineering Journal*, 53(2), 281-287.
- Mongkon K.T, Nuwong C., Subongkoj T., Chinda C., & Takeyuki K. (2009) . Investigations of Engine Performance Combustion Characteristics and Emissions of a Direct-Injection Engine Using Neat Biodiesel. *The 2nd Thammasat University International Conference on Chemical, Environmental and Energy Engineering*.



- Raheman, H., & Ghadge, S.V. (2008). Performance of diesel engine with biodiesel at varying compression ratio and ignition timing. *Fuel*, 87, 2659-2666.
- Rakopoulos, K.A., Antonopoulous, C.D., Hountalas, D.T., & Giakoumis, E.G. (2006). Comparative performance and emission study of direct injection diesel engine using blends of diesel fuel with vegetable oil or bio-diesel of various origins. *Energy Conversion and Management*, 47, 3272-3287.
- Suteerasak, A., Sanitjai, S., & Chancaona, S. (2009). An influence of biodiesel fuel temperature on engine combustion characteristic. *The conference of Mechanical Engineering network of Thailand 23th* 4 - 7 October 2009, Chjangmai
- Tatsao, T. (2008). *Approach to High Efficiency Diesel and Gas Engines*. Restive from <http://www.mhi.co.jp/technology/review/pdf/e451/e451021.pdf>