

การเปรียบเทียบผลของเชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว (HiBD) และเชื้อเพลิงดีเซลเชิงพาณิชย์ (CD) ที่มีต่อการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและมลพิษของรถยนต์

A Comparative Study of using Synthetic Diesel from Waste Cooking Oil (HiBD) and Commercial Diesel Fuel on a Vehicle's Fuel Consumption and Emissions

คณิต วัฒนวิเชียร* และ พรหมรักษา ฤทธิประเสริฐมณี
ห้องปฏิบัติการวิจัยเครื่องยนต์สันดาปภายใน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Email wkanit@chula.ac.th*

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้จะรายงานเปรียบเทียบผลการใช้เชื้อเพลิงดีเซลเชิงพาณิชย์ (CD) และเชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว (HiBD) ที่มีต่อการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและมลพิษของรถยนต์เมื่อขับด้วยความเร็วรถยนต์คงที่ที่ 50, 60, 70 และ 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง บนแท่นทดสอบชนิดแชลลิสไดนาโมมิเตอร์ โดยที่แต่ละค่าความเร็วรถยนต์คงที่นั้นได้จำลองภาระขับเคลื่อนรถยนต์ด้วยการปรับค่าแรงต้านทานที่ตรึงของแท่นทดสอบที่ร้อยละ 6, 8 และ 10 ของค่าภาระสูงสุด และระหว่างการทดสอบได้วัดอัตราการใช้เชื้อเพลิงและปริมาณ HC, NO_x และ CO จากท่อไอเสียรถยนต์ โดยผลทดสอบรถยนต์พบว่า เมื่อความเร็วรถยนต์เพิ่มสูงขึ้น ค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและอัตราสิ้นเปลืองจำเพาะมีค่าลดลง โดยการใช้ HiBD ค่าทั้งสองจะต่ำกว่าการใช้ CD มลพิษจากปลายท่อไอเสียของรถยนต์พบว่าที่ความเร็ว 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมงปริมาณ CO จาก HiBD ที่ทุกภาระมีค่าต่ำกว่า ขณะที่การขับที่ความเร็วรถยนต์ 60 70 และ 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีค่าใกล้เคียงกัน ปริมาณ HC จากท่อไอเสียที่ความเร็ว 50 และ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมงของ HiBD มีแนวโน้มให้ค่าต่ำกว่าถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ความเร็ว 70 และ 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่าปริมาณ HC ของ HiBD มีค่าสูงกว่าที่ทุกภาระ ส่วนปริมาณ NO_x พบว่าทั้ง HiBD และ CD จะให้ NO_x เพิ่มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มความเร็วรถยนต์ โดยที่ทุกความเร็วรถยนต์เมื่อภาระต่ำการใช้ HiBD จะปล่อย NO_x สูงกว่าการใช้ CD ถึงไม่แตกต่างกัน ส่วนที่ความเร็ว 70 และ 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมงและภาระทดสอบมีค่าร้อยละ 10 CD จะปล่อย NO_x สูงกว่า ซึ่งผลเบื้องต้นที่ได้จากงานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นว่า HiBD สามารถนำไปใช้ทดแทน CD ในรถยนต์ได้โดยไม่ต้องมีการปรับแต่ง

คำสำคัญ

เชื้อเพลิงดีเซลเชิงพาณิชย์ เชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง มลพิษแชลลิสไดนาโมมิเตอร์

Abstract

This research paper will present the outcome from a comparative study of using synthetic diesel from waste cooking oil (HiBD) and commercial diesel fuel on a vehicle's fuel consumption and emissions. The work was conducted by a constant speeds of 50, 60 70 and 80 km/hr drive test of a commercial vehicle fuelling with HiBD and CD on a chassis dynamometer. Each of constant speed testing, the road load was varied by changing drum braking load at 6%, 8%, and 10% of full load. Vehicle fuel consumption and HC, CO and NO_x exhaust tailpipe emissions for each test set were measured and recorded in order to compare the results of using CD with HiBD. The vehicle test results have shown that the higher the vehicle speed the lower the vehicle fuel consumption and bsfc. The use of HiBD shows the lower in vehicle fuel consumption as well as the bsfc than the use of CD. At constant vehicle speed of 50 km/hr at all vehicle load, CO emissions of using HiBD was found lower than CD, while at constant vehicle speed of 60, 70 and 80 km/hr the CO emission of both fuels was not showed any significant differences. The HC emission form the vehicle speed of 50 and 60 km/hr, showed that the use of HiBD tend to have lower to similar figure with no significant differences to the use of CD. As the higher the vehicle speeds of 70 and 80 km/hr, the use the HiBD tend to have higher HC emission at all vehicle test load. The use of both HiBD and CD shows that the higher the vehicle speeds, the higher the NO_x emission. However, at lower vehicle testing load it was found that NO_x emission of using HiBD range from higher to similar figure with no significant differences to the use of CD. Whereas the higher vehicle speed of 70 and 80 km/hr and highest vehicle test load, the use of CD will deliver higher NO_x. These preliminary results have shown a promise potential of using HiBD to replace CD in a commercial vehicle without the need of any modification

Keywords

commercial diesel (CD), synthetic diesel from waste cooking oil (HiBD), fuel consumption, emissions, chassis dynamometer

1. บทนำ

เครื่องยนต์ชนิดจุดระเบิดด้วยการอัด (CI Engine) ซึ่งเป็นต้นกำลังที่แปรรูปพลังงานเคมีในเชื้อเพลิงเป็นพลังงานกลด้วยกระบวนการเผาไหม้ชนิดจุดติดไฟได้

เองของส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงและอากาศจากการอัดอากาศให้ร้อนในห้องเผาไหม้ [1] เป็นต้นกำลังหลักที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจ ทำให้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงที่มีความสำคัญมากในชีวิตประจำวัน

ซึ่งปัจจุบันได้มีการใช้น้ำมันดีเซลจำนวนมากในภาคอุตสาหกรรมและการขนส่ง และเนื่องจากปริมาณน้ำมันดิบสำรองของโลกมีปริมาณลดต่ำลงจึงได้ศึกษาพัฒนาหาแหล่งทดแทนซึ่งทางเลือกหนึ่งคือการนำน้ำมันจากพืชหรือน้ำมันพืชประกอบอาหารที่ใช้แล้ว (ซึ่งในบทความนี้จะเรียกว่า “น้ำมันพืชใช้แล้ว”) มาแปรรูปเพื่อผลิตเป็นน้ำมันดีเซลสังเคราะห์ โดยในการศึกษาวิจัยนี้ได้เลือกศึกษาผลการใช้เชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว (HiBD)

เชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว (HiBD) ได้ผลิตและตรวจคุณสมบัติเชื้อเพลิงที่ศูนย์เชื้อเพลิงและพลังงานชีวมวล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี ใช้กระบวนการแตกสลายพันธะไฮโดรคาร์บอนด้วยความร้อนโดยใช้ไดโพลไมต์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยที่คุณสมบัติของเชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว (HiBD) ที่ผลิตได้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับเชื้อเพลิงดีเซลเชิงพาณิชย์ (CD) ทำให้เหมาะกับการใช้เป็นเชื้อเพลิงทางเลือกกับยานพาหนะ โดยในบทความนี้จะรายงานเปรียบเทียบผลการใช้เชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว (HiBD) และเชื้อเพลิงดีเซลเชิงพาณิชย์ (CD) ในรถยนต์ทดสอบซึ่งจำลองการขับขี่ด้วยความเร็วคงที่บนแท่นทดสอบรถยนต์ชนิด Chassis dynamometer เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำเชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว (HiBD) ไปประยุกต์ใช้งานจริงให้แพร่หลายต่อไปในอนาคต

2. ทฤษฎีบทที่เกี่ยวข้อง

2.1 วัตถุดิบและกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว (HiBD)

2.1.1 น้ำมันพืชใช้แล้ว (Waste Cooking Oil) [2]

วัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว (HiBD) คือน้ำมันประกอบอาหารที่ใช้แล้ว หรือน้ำมันพืชที่ใช้แล้วจากแหล่งต่างๆ เช่น จากครัวเรือน ร้านอาหาร และอุตสาหกรรมอาหาร เป็นต้น ซึ่งในน้ำมันพืชที่ใช้ในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์จากน้ำมันปาล์ม ดังนั้นน้ำมันพืชใช้แล้วที่เก็บรวบรวมในประเทศไทยจึงมี triacylglycerol ที่มีไฮโดรคาร์บอนและกรดไขมันอิ่มตัวหลายชนิดเป็นสารประกอบ อาทิ เช่น กรดโอเลอิก 52.9%, กรดปาล์มติก 20.4% และกรดลิโนเลนิก 13.5% โดยน้ำมันพืชที่ใช้แล้วมีข้อดีหลายประการ เช่น

- ไม่จำเป็นต้องผ่านขบวนการเพื่อแปรสภาพให้เป็นของของเหลวก่อนนำมาใช้งาน
- มีปริมาณสารอโรมาติกต่ำ
- และมีสารกำมะถันในปริมาณต่ำจึงช่วยลดอัตราการเกิดครอนขึ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์

2.1.2 กระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis Reaction) [2]

กระบวนการไพโรไลซิสคือกระบวนการสลายตัวทางความร้อนของวัตถุดิบที่ประกอบด้วยอุณหภูมิสูงในบรรยากาศที่ปราศจากหรือควบคุมออกซิเจน (thermal decomposition) ปฏิกิริยาทางเคมีและปฏิกิริยาทางฟิสิกส์ของกระบวนการไพโรไลซิส จำแนกออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.1.2.1 การทำให้สารสลายตัวด้วยความร้อนโดยไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (Thermal Cracking Pyrolysis)

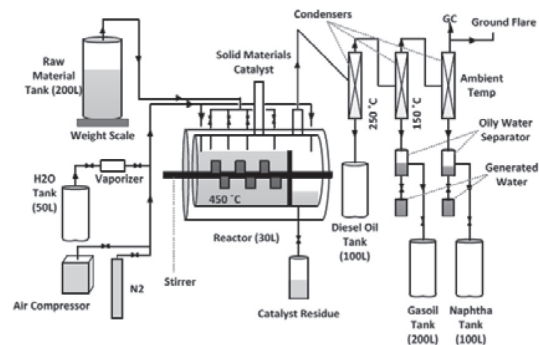
ใช้กันอย่างแพร่หลายในวงการกลั่นน้ำมันและปิโตรเคมี เป็นการแยกสลายวัตถุดิบหรือให้เป็นน้ำมันโดยใช้อุณหภูมิสูงราว 400-500 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดันสูงจนออกมาเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนประเภทโอเลฟิน

2.1.2.2 กระบวนการแตกสลายพันธะไฮโดรคาร์บอนด้วยความร้อนโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalytic Pyrolysis Cracking) [2]

เป็นกระบวนการแยกสลายวัตถุดิบหรือให้เป็นน้ำมันโดยใช้สารเร่งปฏิกิริยาเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงขึ้นในสภาวะที่ต้องการ

2.2 โรงงานต้นแบบ

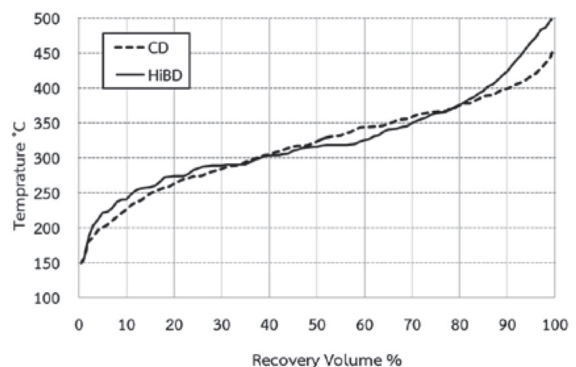
โรงงานต้นแบบ ดังแสดงในภาพที่ 1 สร้างโดยศูนย์ค้นคว้าวิจัยของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยสระบุรี ซึ่งโรงงานต้นแบบมีเตาปฏิกรณ์ (agitated bed reactor) ขนาด 45 ลิตร (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 250 มม. x 975 มม.) ลิตร โดยในขณะทำงานปฏิกิริยาจะเริ่มเกิดที่อุณหภูมิราว 430 องศาเซลเซียสภายใต้ความดันบรรยากาศ น้ำมันพืชใช้แล้วจะถูกส่งผ่านปั๊มโดยใช้ไนโตรเจนเป็นตัวส่งให้น้ำมันพืชใช้แล้วเข้าไปในระบบ แล้วแตกโมเลกุลของไฮโดรคาร์บอนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงเพื่อย่อยสลายให้เป็นสารโมเลกุลต่ำซึ่งจะอยู่ในรูปไอระเหย เพื่อส่งต่อเข้าสู่ชุดควบแน่นซึ่งประกอบชุดควบแน่นที่ทำงานในระดับอุณหภูมิควบแน่น 3 ระดับด้วยกัน คือ การควบแน่นที่อุณหภูมิ 250, 150, และ 20 องศาเซลเซียส เพื่อคัดแยกน้ำมันชนิดต่างๆ ตามระดับชั้นอุณหภูมิการกลั่นตามลำดับ สามารถกลั่นแปรรูปน้ำมันพืชใช้แล้วให้ออกมาเป็นเชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว (HiBD) เฉลี่ย 10 ลิตรต่อชั่วโมง หรือ 200 ลิตรต่อวัน



ภาพที่ 1 แผนผังการทำงานของโรงงานต้นแบบ [3]

2.3 คุณสมบัติเชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว (HiBD) [4]

เชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว (HiBD) มีพฤติกรรมการระเหยที่อุณหภูมิต่างๆ (Distillation Curve) ใกล้เคียงกับเชื้อเพลิงดีเซลเชิงพาณิชย์ (CD) ดังแสดงในภาพที่ 2 [4]



ภาพที่ 2 กราฟเปรียบเทียบสัดส่วนการระเหยที่อุณหภูมิต่างๆ (Distillation Curve) ระหว่างเชื้อเพลิง CD และ HiBD [4]

นอกจากนี้ยังพบว่าเชื้อเพลิงทั้งสองมีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน ดังจะเห็นได้จากผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติที่แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงดีเซลเชิงพาณิชย์ (CD) และเชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว (HiBD) [4]

Property	Test Method	CD	HiBD
Density at 15 °C (kg/m ³)	ASTM D1298	827.49 kg/m ³	820.29 kg/m ³
Kinematic viscosity at 40 °C (mm ² /s)	ASTM D445	3.74	2.92
Heating Value (MJ/kg)	ASTM 04-5865	44,864±0.295	44,484±0.129
CHN Elements			
Carbon (%wt)		81.17±0.66	77.14±1.15
Hydrogen (%wt)		15.285±0.02	14.6005±0.41
Nitrogen (%wt)		0.066545±0.00	0.077545±0.01
API Gravity	ASTM D1298	39.5	41
Distillation (°C)			
IBP		206.59	221.61
T10		251.7	265.56
T50		316.18	310.46
T90		375.34	401.62
FBP		398.21	449.71
Cetane Index	ASTM D4737	56.8	59.4
Flash Point (°C)	ASTM D92	81.5±0.7	93.5±2.1
Fire Point (°C)	ASTM D92	85.0±0.0	103.0±4.2

2.4 สมการที่ใช้ในการทดสอบ

สมการที่ใช้ในการทดสอบ [1,5] มีดังนี้
กำลังเบรคของเครื่องยนต์

$$P_e = T_e \omega = 2\pi n_e T_e \quad (1)$$

เมื่อ P_e = กำลังเบรคของเครื่องยนต์, kW

T_e = แรงบิดเบรคเครื่องยนต์, Nm

n_e = ความเร็วรอบเครื่องยนต์, rpm

อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเครื่องยนต์

$$bsfc = \frac{m_f}{P_e} \quad (2)$$

เมื่อ $bsfc$ = อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรค, g/kWh

m_f = อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง, g/h

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเครื่องยนต์

$$\eta_{th} = \frac{3600}{bsfc(g/kWh) \times Q_{HV}(MJ/kg)} \quad (3)$$

η_{th} = ประสิทธิภาพเชิงความร้อน, %

Q_{HV} = ค่าความร้อนจำเพาะ, MJ/kg

แรงบิดเบรคเครื่องยนต์ที่ต้องการเพื่อสร้างแรงบิดที่ล้อ, T_w จะมีค่าดังนี้

$$T_e = \frac{T_w}{i_{overall} \times \eta_{th}}$$

ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่สัมพันธ์กับขนาดวงล้อ

R_w และความเร็วรถยนต์, V แสดงด้วยสมการ

$$n_e = \frac{30 \times V \times i_{overall} \times \eta_{th}}{\pi \times R_w}$$

ดังนั้นอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถยนต์

$$SFC = \frac{bsfc \times P_e}{V \times \rho_{fuel}}$$

3. วิธีการทดสอบและอุปกรณ์

3.1 วิธีการทดสอบ

การทดสอบเพื่อเปรียบเทียบผลของการใช้เชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว (HiBD) และเชื้อเพลิงดีเซลเชิงพาณิชย์ (CD) ในรถยนต์ทดสอบเมื่อขับด้วยความเร็วคงที่ที่ 50 60 70 และ 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ด้วยเกียร์ 4 ของรถยนต์เพื่อให้เป็นอัตราทดระหว่างเครื่องยนต์และชุดเกียร์ เป็น 1:1 ได้ดำเนินการจำลองการขับที่ทดสอบบนแท่นทดสอบชนิด Chassis Dynamometer เพื่อสร้างภาระขับเคลื่อนจำลองให้กับรถยนต์ในการทดสอบที่แต่ละค่าความเร็วคงที่ โดยที่แต่ละค่าความเร็วในการขับจะทำการปรับเปลี่ยนภาระแรงต้านทานเบรคที่ดรัมของแท่นทดสอบที่ร้อยละ 6 8 และ 10 ของค่าภาระเบรคสูงสุดของ Chassis Dynamometer แล้วบันทึกข้อมูลตัวแปรการทำงานต่างๆ อาทิ ความเร็วรถยนต์ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และมลพิษต่างๆ ที่ปล่อยออกจากปลายท่อไอเสีย ตลอดการวิ่งทดสอบบนแท่นทดสอบ โดยมีรายละเอียดของอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

3.2 รถที่ใช้ในการทดสอบ

ในการทดสอบนี้ได้ใช้รถยนต์เชิงพาณิชย์ ยี่ห้อ Isuzu รุ่น DMax Ddi i-TEQ MT ปี 2004 ขนาดความจุเครื่องยนต์ 2.5 ลิตร ดังแสดงไว้ในภาพที่ 3 รายละเอียดของรถยนต์ที่ใช้ทดสอบได้แสดงไว้ในตารางที่ 2



ภาพที่ 3 รถที่ใช้ในการทดสอบ

ตารางที่ 2 ข้อมูลเทคนิคของรถยนต์ที่ใช้ทดสอบ

Dimension		
Overall dimension		
Length x Width x Height	mm	5,030 x 1,810 x 1,740
Wheel base	mm	3,060
Tire size		
Static wheel radius	mm	245/70 - R16
Weight		
Total standard veh. Mass	kg	1845 kg
Engine		
Model	-	4JK1-TC
Layout	-	4 cylinders inline
Capacity	cm ³	2,499
Max. Torque at 2200 rpm	Nm	280
Max. Power	Hp	85
Bore / Stroke	mm	95.4 / 87.4
Compression ratio (to 1)	-	18.4
Basic fuel	-	Diesel
Combustion type	-	Direct injection

3.3 แท่นทดสอบสมรรถนะรถยนต์ชนิด Chassis

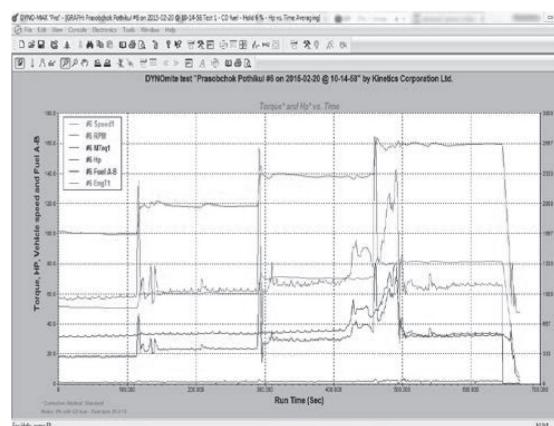
Dynamometer

แท่นทดสอบสมรรถนะรถยนต์ชนิด Chassis Dynamometer เป็นแบบ Single Roller Eddy Current

ยี่ห้อ DYNOmite™ ซึ่งควบคุมการทำงานและเก็บข้อมูลตัวแปรการทำงานต่างๆ ไว้ในคอมพิวเตอร์ชนิดพกพาด้วยโปรแกรม DYNO-MAX [6] พร้อมแสดงผลขณะทดสอบบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ของคอมพิวเตอร์ชนิดพกพา อุปกรณ์แท่นทดสอบได้แสดงไว้ดังภาพที่ 4 และข้อมูลตัวอย่างการแสดงผลการทดสอบรถยนต์บนแท่นชนิด Chassis dynamometer บนหน้าจอคอมพิวเตอร์ได้แสดงไว้ดังภาพที่ 5



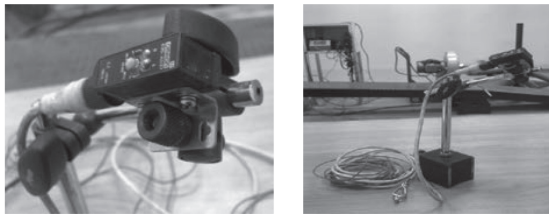
ภาพที่ 4 แท่นทดสอบสมรรถนะรถยนต์ชนิด Chassis Dynamometer



ภาพที่ 5 หน้าจอคอมพิวเตอร์แสดงผลการทดสอบบนแท่นชนิด Chassis Dynamometer

3.4 อุปกรณ์วัดความเร็วรอบเครื่องยนต์

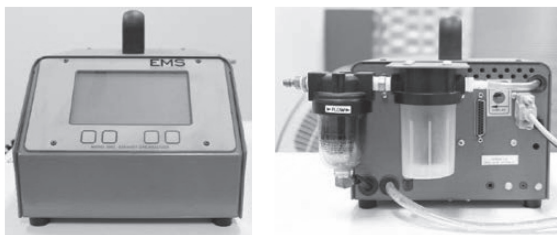
การวัดความเร็วรอบเครื่องยนต์ดำเนินการโดยใช้อุปกรณ์วัดรอบชนิดตรวจจับสัญญาณความเร็วการหมุนด้วยแสง (Photoelectric Sensor) โดยติดตั้งไว้ใต้รถยนต์และวัดความเร็วรอบของเครื่องยนต์จากการหมุนของเพลย์เพลอาข้อเหวี่ยง อุปกรณ์ได้แสดงไว้ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แสดงอุปกรณ์วัดความเร็วรอบเครื่องยนต์

3.5 อุปกรณ์วัดไอเสีย

การวัดปริมาณไอเสียที่ปลายท่อไอเสีย กระทำโดยใช้เครื่องมือวัดปริมาณไอเสียยี่ห้อ Emission System, Inc รุ่น Model #5002 [7] โดยเครื่องมือวัดปริมาณไอเสียได้แสดงไว้ดังภาพที่ 7 รายละเอียดของอุปกรณ์วัดไอเสียได้แสดงไว้ในตารางที่ 3



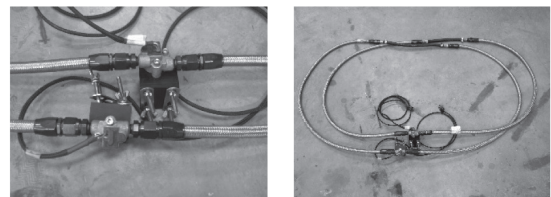
ภาพที่ 7 แสดงอุปกรณ์เครื่องมือวัดปริมาณไอเสีย

ตารางที่ 3 ข้อมูลเทคนิคของอุปกรณ์วัดไอเสีย [7]

Parameter	Description
Ranges:	
HC	0 – 2000 ppm
NO (Nitric Oxide)	0 – 5000 ppm
CO	0 – 10%
CO ₂	0 – 20%
O ₂	0 – 25%
Display resolution:	
HC	1 ppm vol
NO	1 ppm
CO	0.01% vol
CO ₂	0.1% vol
O ₂	0.01% vol
Accuracy (Bar 97 EPA ASM):	
HC	4 ppm HC
NO	25 ppm
CO	0.06% CO
CO ₂	0.3% CO ₂
O ₂	0.1% O ₂
System response time:	Bench: 1.5 Sec/25 ft. hose 5 sec. to 90% of final reading.
Ambient conditions:	2° C to 45° C, rel. humidity 0-98%
Sample hose:	7.5 m with QD coupling, 94° C Max.

3.6 อุปกรณ์วัดอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

การวัดค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงกระทำโดยใช้อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของเชื้อเพลิง 2 ตัว คือตัววัดอัตราการจ่ายเชื้อเพลิงต้นทางและตัววัดอัตราการไหลกลับ พร้อมทำการบันทึกข้อมูลผลการวัดผ่านโปรแกรม DYNO-MAX ของแท่นทดสอบสมรรถนะรถยนต์ชนิด Chassis Dynamometer โดยอุปกรณ์ดังกล่าวได้แสดงไว้ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 แสดงอุปกรณ์วัดอัตราการไหลของเชื้อเพลิง

4. ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบผลจากการใช้เชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว (HiBD) และเชื้อเพลิงดีเซลเชิงพาณิชย์ (CD) เมื่อจำลองผลของการเปลี่ยนแปลงภาระเมื่อขับด้วยความเร็วคงที่สามารถสรุปได้เป็นสองกรณีคือผลด้านอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และผลด้านมลพิษที่ปล่อยออกจากท่อไอเสีย ดังนี้

4.1 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถยนต์

ผลการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของรถยนต์สรุปได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สรุปผลทดสอบการอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของรถยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว (HiBD) และเชื้อเพลิงดีเซลเชิงพาณิชย์ (CD)

Vehicle Speed	Load (%)	Traction Torque (Nm)	Emissions					
			HiBD Fuel			CD Fuel		
			CO (%)	HC (ppm)	Nox (%)	CO (%)	HC (ppm)	Nox (%)
50 km/hr	6	60	0.03	7.13	57.13	0.05	9.75	64.13
	8	76	0.03	7.88	60.25	0.04	6.75	48.50
	10	180	0.03	7.63	54.50	0.04	8.00	53.50
60 km/hr	6	60	0.02	7.38	63.88	0.03	8.13	55.38
	8	80	0.02	8.86	65.43	0.02	8.25	58.25
	10	150	0.02	8.00	62.50	0.02	7.17	62.50
70 km/hr	6	70	0.02	8.25	67.38	0.02	5.38	64.88
	8	86	0.02	9.86	71.00	0.02	7.67	66.67
	10	165	0.02	8.38	64.00	0.02	8.38	82.50
80 km/hr	6	76	0.02	8.63	82.25	0.02	5.00	84.50
	8	95	0.02	9.71	86.86	0.02	7.83	86.17
	10	180	0.02	7.50	77.50	0.02	6.33	91.67

จากผลการทดสอบที่ทุกความเร็วการขับเคลื่อนที่คงที่คือ 50 60 70 และ 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เมื่อเพิ่มภาระจำลองแรงต้านทานการขับเคลื่อนยานยนต์ด้วยการปรับเปลี่ยนภาระแรงต้านทานเบรคที่ตรึงของแท่นทดสอบพบว่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีค่าลดลงและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะมีค่าลดลงเช่นเดียวกันเมื่อใช้ทั้งเชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว (HiBD) และเชื้อเพลิงดีเซลเชิงพาณิชย์ (CD) โดยที่ทั้งค่าอัตราการสิ้นเปลืองและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมัน

พืชใช้แล้ว (HiBD) มีค่าต่ำกว่าการใช้เชื้อเพลิงดีเซลเชิงพาณิชย์ (CD) และเมื่อความเร็วการขับเคลื่อนสูงขึ้นอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้จะเป็นผลมาจากค่าตัวเลขซีเทนที่สูงกว่าของเชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว (HiBD) ส่งผลให้มีช่วงดีเลย์ของการเผาไหม้ที่สั้นกว่า และให้การเผาไหม้ที่ดีกว่า โดยเฉพาะเมื่อเวลาการเผาไหม้มีระยะสั้นลงขณะความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงขึ้นเนื่องจากความเร็วรถยนต์เพิ่มขึ้น

4.2 ผลการทดสอบมลพิษจากปลายท่อไอเสีย

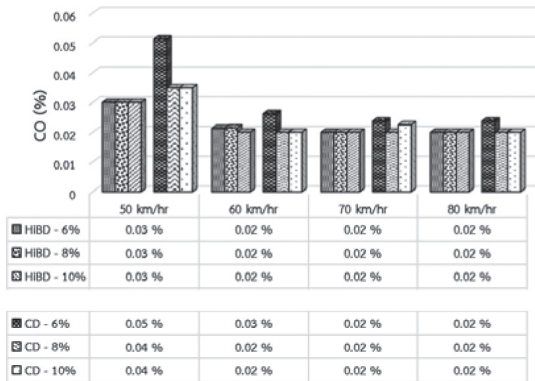
ของรถยนต์

ผลการทดสอบมลพิษจากปลายท่อไอเสียของรถยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว (HiBD) และเชื้อเพลิงดีเซลเชิงพาณิชย์ (CD) แสดงสรุปไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สรุปผลการทดสอบมลพิษจากปลายท่อไอเสียของรถยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว (HiBD) และเชื้อเพลิงดีเซลเชิงพาณิชย์ (CD)

Gear / Speed (km/hr)	Load (%)	Traction Torque (Nm)	Vehicle Fuel Consumption, SFC (l/100km)		bsfc (g/kWh)	
			HiBD Fuel	CD Fuel	HiBD Fuel	CD Fuel
4 / 50	6	60	5.91	8.06	274.27	377.43
	8	76	5.26	8.96	188.39	323.41
	10	180	10.22	10.66	159.99	168.21
4 / 60	6	60	7.27	9.91	274.46	377.46
	8	80	7.23	10.52	211.60	310.61
	10	160	11.33	12.43	168.33	186.43
4 / 70	6	70	8.63	11.74	244.23	335.42
	8	86	9.08	12.25	212.59	289.28
	10	165	13.90	14.96	171.01	185.64
4 / 80	6	76	10.71	13.58	251.82	322.18
	8	95	10.99	14.46	207.97	276.05
	10	180	15.57	16.60	154.23	165.87

การเปรียบเทียบผลของเชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว (HiBD) และเชื้อเพลิงดีเซลเชิงพาณิชย์ (CD) ที่มีต่อการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและมลพิษของรถยนต์



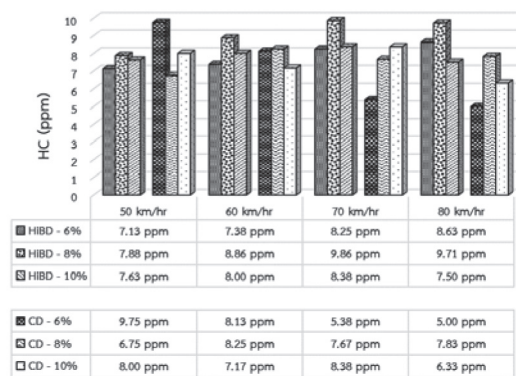
ภาพที่ 9 ผลเปรียบเทียบค่า CO จากท่อไอเสียของรถยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว (HiBD) และเชื้อเพลิงดีเซลเชิงพาณิชย์ (CD)

ผลจากการวัดปริมาณ CO จากปลายท่อไอเสียของรถยนต์แสดงเปรียบเทียบไว้ในภาพที่ 9 พบว่า ที่ความเร็ว 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซลเชิงพาณิชย์ (CD) มีค่าสูงกว่าการใช้เชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว (HiBD) ที่ทุกภาระแรงต้านทานเบรคที่วัดของแท่นทดสอบ ขณะที่ผลจากการขับที่ความเร็วรถยนต์ 60 70 และ 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีค่าใกล้เคียงกันที่ทุกภาระแรงต้านทานเบรคที่วัดของแท่นทดสอบเชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว (HiBD) และเชื้อเพลิงดีเซลเชิงพาณิชย์ (CD)

ผลจากการวัดปริมาณ HC จากปลายท่อไอเสียของรถยนต์แสดงเปรียบเทียบไว้ในภาพที่ 10 พบว่า ที่ความเร็ว 50 และ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว (HiBD) มีแนวโน้มให้ค่าต่ำกว่าการใช้เชื้อเพลิงดีเซลเชิงพาณิชย์ (CD) ที่ภาระแรงต้านทานเบรคที่วัดของแท่นทดสอบมีค่าต่ำคือร้อยละ 6 ของภาระสูงสุด ขณะที่เมื่อภาระแรง

ต้านทานเบรคที่วัดของแท่นทดสอบมีค่าเพิ่มขึ้น ค่ามลพิษ HC ที่วัดได้มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ผลจากการวัดปริมาณ HC จากปลายท่อไอเสียของรถยนต์ที่ความเร็ว 70 และ 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่าปริมาณ HC เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว (HiBD) มีค่าสูงกว่าการใช้เชื้อเพลิงดีเซลเชิงพาณิชย์ (CD) ที่ทุกภาระแรงต้านทานเบรคที่วัดของแท่นทดสอบ โดยมีค่าสูงสุดเมื่อภาระแรงต้านทานเบรคที่วัดของแท่นทดสอบมีค่าร้อยละ 8 ของภาระสูงสุด

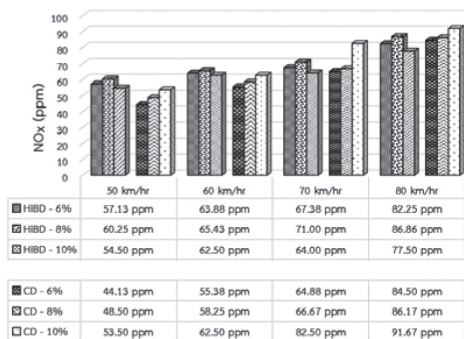


ภาพที่ 10 ผลเปรียบเทียบค่า HC จากท่อไอเสียของรถยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว (HiBD) และเชื้อเพลิงดีเซลเชิงพาณิชย์ (CD)

ผลจากการวัดปริมาณ NO_x จากปลายท่อไอเสียของรถยนต์แสดงเปรียบเทียบไว้ในภาพที่ 11 พบว่า การใช้เชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว (HiBD) ปริมาณของ NO_x มีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มความเร็วรถยนต์ โดยที่ภาระแรงต้านทานเบรคที่วัดของแท่นทดสอบมีค่าร้อยละ 6 ของภาระสูงสุด ปริมาณ NO_x จะมีค่าต่ำกว่าที่ภาระแรงต้านทานเบรคที่วัดของแท่นทดสอบมีค่าร้อยละ 8 และที่ภาระแรงต้านทานเบรคที่วัดของ

แทนทดสอบมีค่าร้อยละ 10 ปริมาณ NO_x จะมีค่าต่ำกว่าที่ที่ภาระแรงต้านทานเบรคที่ดรัมของแทนทดสอบมีค่าร้อยละ 8

ขณะเมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซลเชิงพาณิชย์ (CD) เป็นเชื้อเพลิงพบว่าปริมาณของ NO_x มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามความเร็วรถยนต์ที่มีค่าเพิ่มขึ้น และที่ค่าความเร็วคงที่ เมื่อปรับเพิ่มภาระแรงต้านทานเบรคที่ดรัมของแทนทดสอบให้มีค่าเพิ่มสูงขึ้น พบว่าค่าปริมาณ NO_x ก็จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบผลของเชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว (HiBD) กับเชื้อเพลิงดีเซลเชิงพาณิชย์ (CD) พบว่าที่ความเร็วคงที่ 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ที่ทุกภาระแรงต้านทานเบรคที่ดรัมของแทนทดสอบมีค่าปริมาณ NO_x สูงกว่าการใช้เชื้อเพลิงดีเซลเชิงพาณิชย์ (CD) และที่ความเร็ว 60 ทุกภาระแรงต้านทานเบรคที่ดรัมของแทนทดสอบเชื้อเพลิงทั้งสองมีค่าปริมาณ NO_x ไม่แตกต่างกัน ส่วนที่ความเร็ว 70 และ 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เมื่อภาระแรงต้านทานเบรคที่ดรัมของแทนทดสอบมีค่าร้อยละ 6 และร้อยละ 8 ของภาระสูงสุด เชื้อเพลิงทั้งสองมีค่าปริมาณ NO_x ใกล้เคียงกัน แต่ที่ภาระแรงต้านทานเบรคที่ดรัมของแทนทดสอบมีค่าร้อยละ 10 เชื้อเพลิงดีเซลเชิงพาณิชย์ (CD) จะมีปริมาณ NO_x สูงกว่า



ภาพที่ 11 ผลเปรียบเทียบค่า NO_x จากท่อไอเสียของรถยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว (HiBD) และเชื้อเพลิงดีเซลเชิงพาณิชย์ (CD)

5. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถยนต์พบว่า เมื่อความเร็วรถยนต์เพิ่มสูงขึ้น ค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและอัตราสิ้นเปลืองจำเพาะจะมีค่าลดลง โดยเมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์ (HiBD) จะมีค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะต่ำกว่าการใช้เชื้อเพลิงดีเซลเชิงพาณิชย์ (CD)

ผลทดสอบมลพิษจากปลายท่อไอเสียของรถยนต์พบว่าที่ความเร็ว 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซลเชิงพาณิชย์ (CD) ปริมาณ CO มีค่าสูงกว่าการใช้เชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว (HiBD) ที่ทุกภาระแรงต้านทานเบรคที่ดรัมของแทนทดสอบ ขณะที่ผลจากการขับที่ความเร็วรถยนต์ 60 70 และ 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีค่าใกล้เคียงกันที่ทุกภาระแรงต้านทานเบรคที่ดรัมของแทนทดสอบ ส่วนผลจากการวัดปริมาณ HC จากปลายท่อไอเสียของรถยนต์ที่ความเร็ว 50 และ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว (HiBD) มีแนวโน้มให้ค่าต่ำกว่าการใช้เชื้อเพลิงดีเซลเชิงพาณิชย์ (CD) ที่ภาระแรงต้านทานเบรคที่ดรัมของแทนทดสอบ มีค่าต่ำคือร้อยละ 6 ของภาระสูงสุด ขณะที่เมื่อภาระแรงต้านทานเบรคที่ดรัมของแทนทดสอบมีค่าเพิ่มขึ้นค่ามลพิษ HC ที่วัดได้มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ที่ความเร็วรถยนต์ 70 และ 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่าปริมาณ HC เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว (HiBD) มีค่าสูงกว่าการใช้เชื้อเพลิงดีเซลเชิงพาณิชย์ (CD) ที่ทุกภาระแรงต้านทานเบรคที่ดรัมของแทนทดสอบ โดยมียค่าสูงสุดเมื่อภาระแรงต้านทานเบรคที่ดรัมของแทนทดสอบมีค่าร้อยละ 8 ของภาระสูงสุด

ผลจากการวัดปริมาณ NO_x จากปลายท่อไอเสียของรถยนต์พบว่าการใช้ทั้งเชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว (HiBD) และเชื้อเพลิงดีเซลเชิงพาณิชย์ (CD) จะได้ปริมาณของ NO_x มีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มความเร็วยานยนต์ และเมื่อเปรียบเทียบผลของเชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว (HiBD) กับเชื้อเพลิงดีเซลเชิงพาณิชย์ (CD) พบว่าที่ความเร็วคงที่ 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ที่ทุกภาระแรงต้านทานเบรคที่ดรัมของแท่นทดสอบมีค่าปริมาณ NO_x สูงกว่าการใช้เชื้อเพลิงดีเซลเชิงพาณิชย์ (CD) และที่ความเร็ว 60 ทุกภาระแรงต้านทานเบรคที่ดรัมของแท่นทดสอบเชื้อเพลิงทั้งสองมีค่าปริมาณ NO_x ไม่แตกต่างกัน ส่วนที่ความเร็ว 70 และ 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เมื่อภาระแรงต้านทานเบรคที่ดรัมของแท่นทดสอบมีค่าร้อยละ 6 และร้อยละ 8 ของภาระสูงสุด เชื้อเพลิงทั้งสองมีค่าปริมาณ NO_x ใกล้เคียงกัน แต่ที่ภาระแรงต้านทานเบรคที่ดรัมของแท่นทดสอบมีค่าร้อยละ 10 เชื้อเพลิงดีเซลเชิงพาณิชย์ (CD) จะมีปริมาณ NO_x สูงกว่า

ผลเบื้องต้นที่ได้จากงานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของเชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว (HiBD) ที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ ว่าสามารถนำไปใช้ในรถยนต์ได้โดยไม่ต้องมีการปรับแต่งเพื่อทดแทนเชื้อเพลิงดีเซลเชิงพาณิชย์ได้ โดยมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและให้ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมใกล้เคียงกับการใช้เชื้อเพลิงดีเซลเชิงพาณิชย์ อย่างไรก็ตามผู้วิจัยเชื่อว่าศักยภาพการใช้งานจะได้ประสิทธิผลสูงขึ้นหากมีการปรับแต่งเครื่องยนต์เพื่อนำศักยภาพที่สูงกว่านี้มาใช้ประโยชน์

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณนิสิตห้องปฏิบัติการวิจัยเครื่องยนต์สันดาปภายในทุกคนที่ช่วยติดตั้งเครื่องยนต์และทดสอบตลอดจนให้ความช่วยเหลืออื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการงานวิจัยนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Heywood, J. B., (1988) Internal Combustion Engine Fundamentals, McGraw Hill, Singapore.
- [2] เชษฐา จีงเจริญพาณิชย์ (2555). “ไฟโวลโรซิสเชิงเร่งปฏิกิริยาของน้ำมันปรุงอาหารใช้แล้วด้วยแมกนีเซียมออกไซด์และถ่านกัมมันต์ในเครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่อง” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาเคมีเทคนิค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- [3] Wattanavichien K., Rakyhao T. and Pothikul P. (2014) “Effects of Pyrolyzed Waste Cooking Synthetic Diesel Fuel on Performance of a Multi-Cylinder DI Diesel Engine.” Proceeding of the 7th ATRANS Symposium: Young Researcher’s Forum “Transportation for A Better Life: Towards Safe ASEAN Connectivity 2015” International Conference on 22nd August 2014, pp. 166 – 172.
- [4] Wattanavichien K. and Nagib Elhemri M. (2013). “Effects of synthetic diesel fuel on performance and emissions of a single cylinder DI diesel engine”. Thesis for graduate student of combustion engine and propulsion system laboratory in Faculty of Mechanical and Aerospace Engineering, Institute of Technology Bandung

[5] Wattanavichien K., Duc P.M., Hongsa-Utain C. และ Chaisuriyaphun T. (2004). “Computer Simulation of Light Duty Truck’s Performance and Fuel Consumption Under Steady Driving Conditions” การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 18, ตุลาคม 2547, ขอนแก่น

[6] DYNO-MAX Users Manual, Land & Sea, Inc., United State of America

[7] EMS Portable Exhaust Gas Analyzer Operation Manual, Emission Systems, Inc., United State of America