บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การทดสอบสมรรถนะและการปลดปล่อยมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ ไบโอดีเซลผสมเอทานอล เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล สำหรับรายละเอียดในส่วนของการเตรียมเชื้อเพลิง การหาสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง และการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ มีดังต่อไปนี้

3.1 การเตรียมน้ำมันเชื้อเพลิง

เชื้อเพลิงที่ใช้ในงานวิจัยนี้ มีทั้งหมด 5 ตัวอย่าง คือ น้ำมันดีเซล น้ำมันไบโอดีเซลและน้ำมันไบโอดีเซลผสมเอทานอล (เป็นน้ำมันผสมระหว่างไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วกับเอทานอล 99% ในสัดส่วน 90:10, 70:30 และ 50:50) และเพื่อให้สะดวกในการสื่อสารจึงกำหนดรหัสของน้ำมันผสมแต่ละชนิดขึ้นดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การกำหนดรหัสของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ

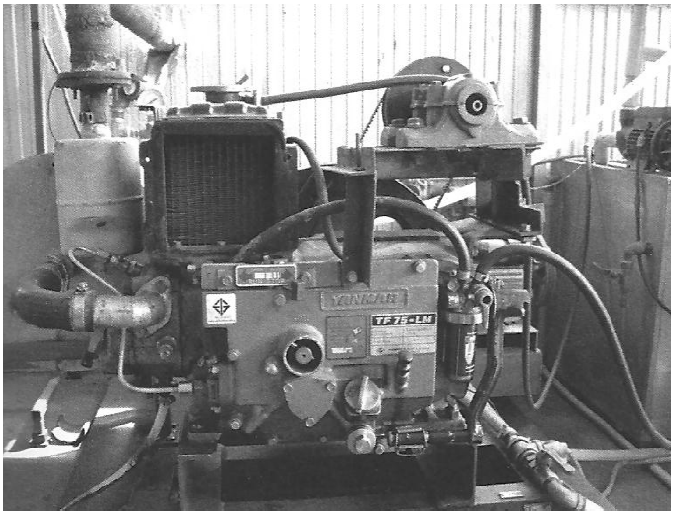
ชนิดที่	น้ำมัน	รหัส
1	น้ำมันดีเซล	Diesel B5
2	น้ำมันไบโอดีเซล 100%	Biodiesel
3	ไบโอดีเซล 90% เอทานอล 10% โดยปริมาตร	BE10
4	ไบโอดีเซล 70% เอทานอล 30% โดยปริมาตร	BE30
5	ไบโอดีเซล 50% เอทานอล 50% โดยปริมาตร	BE50

3.2 เครื่องยนต์และอุปกรณ์การทดสอบ

ในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์และวัดมลพิษ เมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซลผสมเอทานอลเป็นเชื้อเพลิง โดยในงานวิจัยนี้จะใช้เครื่องยนต์ดีเซลรอบต่ำชนิดสูบเดียวแบบที่ใช้ในการเกษตร

3.2.1 เครื่องยนต์และระบบควบคุม

ในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ จะใช้เครื่องยนต์ดีเซลของยันม่าร์ รุ่น TF75LM ดังรูปที่ 3.1 และรายละเอียดของเครื่องยนต์แสดงดังตารางที่ 3.3

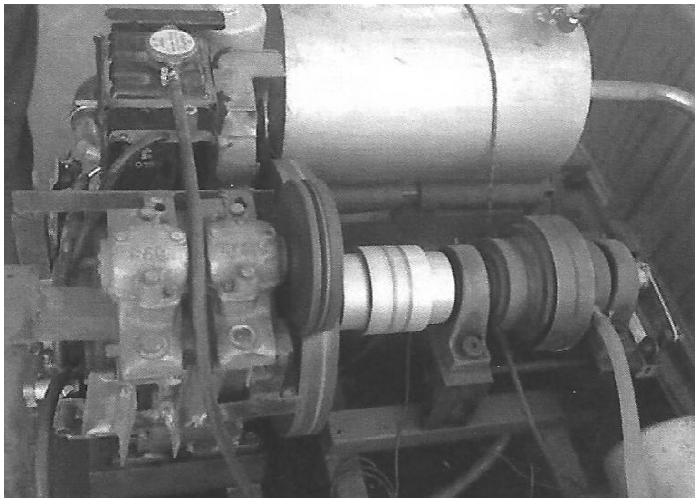


รูปที่ 3.1 เครื่องยนต์ดีเซลยันม่าร์ รุ่น TF75LM [15]

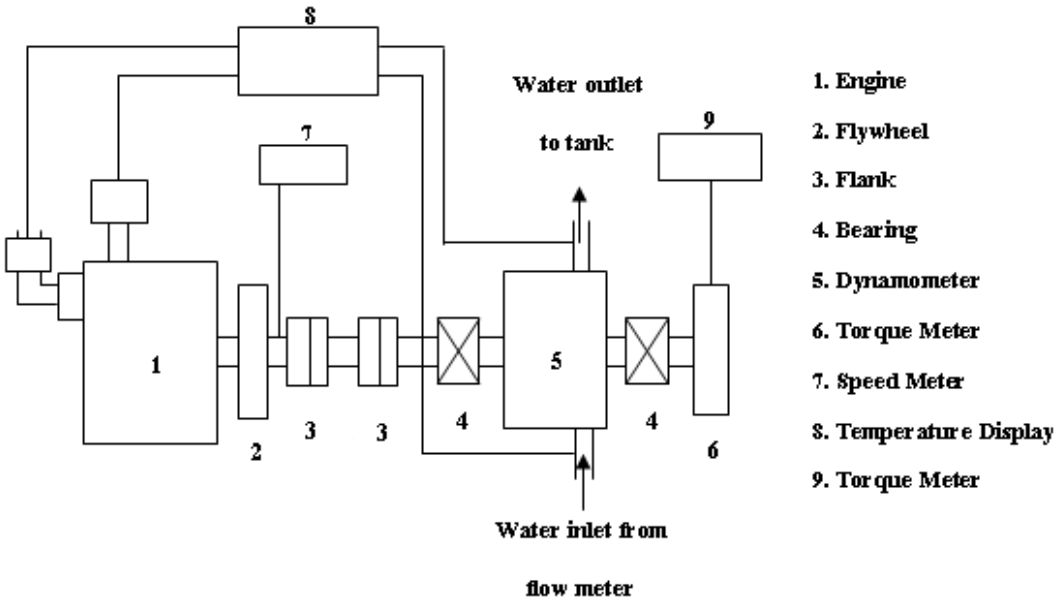
ตารางที่ 3.3 รายละเอียดของเครื่องยนต์ดีเซลยันม่าร์ (Yanmar) รุ่น TF75LM

เครื่องยนต์	Yanmar รุ่น TF75LM
ชนิดของเครื่องยนต์	ดีเซล 4 จังหวะ
จำนวนลูกสูบ	สูบนอน 1 สูบ
ระบบการเผาไหม้	In-Direct Injection (IDI)
ระบบระบายความร้อน	ระบายความร้อนด้วยน้ำ
ขนาดกระบอกสูบ x ระยะชัก (cm)	8.0 x 8.7
ความจุกระบอกสูบ (cc)	437
แรงม้าสูงสุด	7.5/2200 hp/rpm, 5.52/2200 kW/rpm
แรงบิดสูงสุด	2.7/1600 kg.m/rpm, 26.48/1600 N.m/rpm

เครื่องยนต์ดีเซลยันม่าร์ ติดตั้งเครื่องไดนาโมมิเตอร์แบบทอร์กน้ำซึ่งเป็นตัวเบรกเพลาของเครื่องยนต์ ดังรูปที่ 3.2 การทำงานของชุดไดนาโมมิเตอร์จะควบคุมการทำงานด้วย Load Valve ที่ติดตั้งอยู่บนตู้ควบคุม และมีชุดวัดอัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนจากตัวไดนาโมมิเตอร์ โดยไดนาโมมิเตอร์จะส่งแรงบิดไปกดแขนของ Load Cell ที่ติดตั้งไว้ และส่งสัญญาณมาที่มิเตอร์ที่ชุดควบคุมในหน่วยนิวตัน-เมตร (N-m) ซึ่งผังการทำงานของเครื่องยนต์พร้อมชุดไดนาโมมิเตอร์แสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.2 ไดนาโมมิเตอร์แบบทอร์กน้ำ [15]

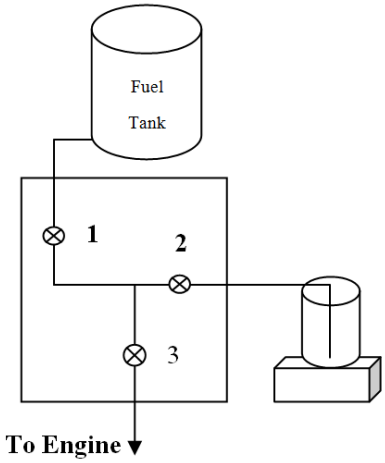


รูปที่ 3.3 ผังการทำงานของเครื่องยนต์พร้อมชุดไดนาโมมิเตอร์ [15]

การวัดอัตราการใช้เชื้อเพลิง จะทำการวัดน้ำหนักเชื้อเพลิงที่ลดลงในกระบอกตวงเทียบกับเวลา ลักษณะและการติดตั้งแสดงดังรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 ลักษณะอุปกรณ์ที่ใช้วัดปริมาณการใช้เชื้อเพลิง [15]

ในตู้ควบคุมจะมีชุดควบคุมน้ำมันเชื้อเพลิงติดตั้งอยู่ด้วย โดยน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้จะอยู่ในถังบรรจุด้านบนและในกระบอกตวงที่วางอยู่บนเครื่องชั่ง ควบคุมการไหลของเชื้อเพลิงด้วยวาล์ว ซึ่งจะมีอยู่ 3 ตำแหน่ง ดังรูปที่ 3.5

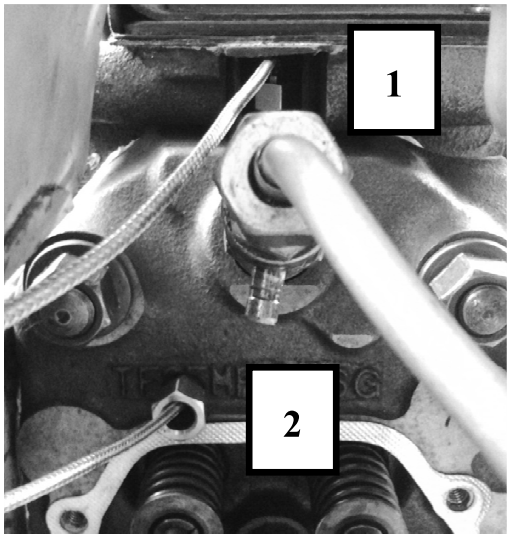


รูปที่ 3.5 ผังการทำงานของระบบเชื้อเพลิง [15]

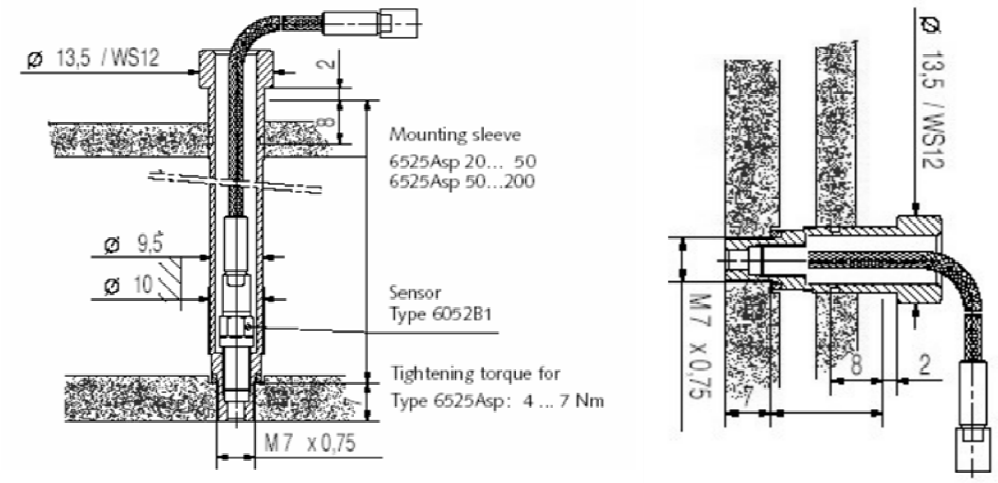
โดยเมื่อเริ่มต้นจะเปิดวาล์วที่ 1 เพื่อให้เครื่องยนต์ใช้เชื้อเพลิงจากถังด้านบน จนเครื่องยนต์เข้าสู่ภาวะ Steady State จึงทำการปรับมาใช้เชื้อเพลิงจากกระบอกตวงบนเครื่องชั่ง โดยการปิดวาล์วที่ 1 และเปิดวาล์วที่ 2 เพื่อวัดอัตราการใช้เชื้อเพลิง จากน้ำหนักของเชื้อเพลิงที่ลดลงพร้อมกับการจับเวลา โดยเครื่องชั่งที่ใช้เป็นเครื่องชั่งแบบดิจิตอล พิกัดน้ำหนัก 1,500 กรัม ค่าความละเอียด 0.05 กรัม

3.2.2 เครื่องมือวัดความดันในกระบอกสูบ

เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบเป็นเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียวแบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จึงทำการติดตั้ง Pressure Transducer เพื่อวัดความดันภายในห้องเผาไหม้ 2 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งที่ 1 ห้องเผาไหม้ช่วย และตำแหน่งที่ 2 ห้องเผาไหม้หลัก แสดงดังรูปที่ 3.6 และ 3.7



รูปที่ 3.6 ตำแหน่งการติดตั้ง Pressure Transducer

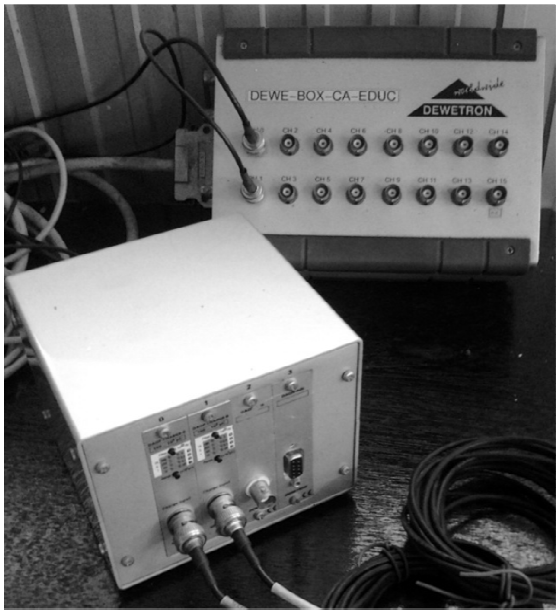


ก ข

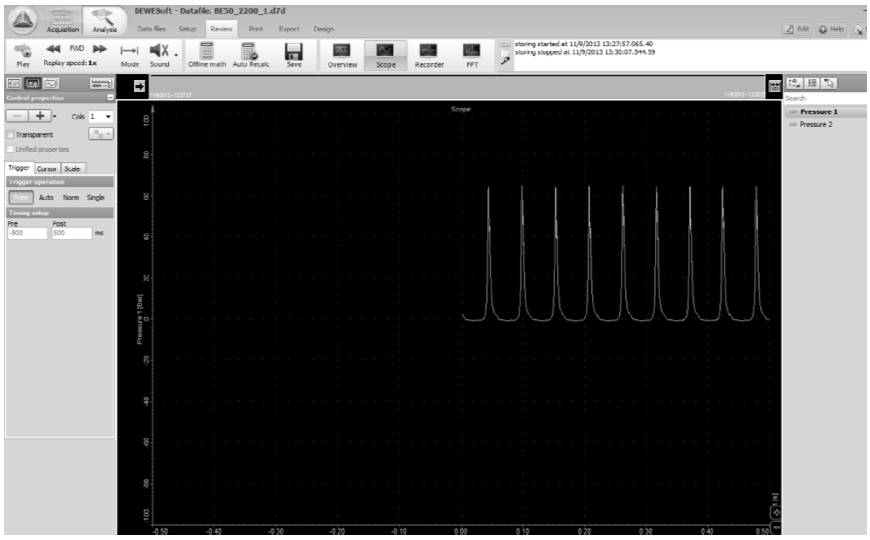
รูปที่ 3.7 การติดตั้ง Pressure Transducer

ก) ห้องเผาไหม้ช่วย ข) ห้องเผาไหม้หลัก

Pressure Transducer ที่ใช้ในการวัดความดันภายในห้องเผาไหม้เป็นของยี่ห้อ Kistler รุ่น 6052B5 ซึ่งมีช่วงการวัดความดัน 0-250 bar ทำงานที่อุณหภูมิ -50-400 ^{o}C และมีค่า Sensitivity ต่ำกว่า 0.5% Pressure Transducer เป็นแบบ Piezoelectric Pressure Transducer ซึ่งจะเปลี่ยนค่าความดันที่วัดได้ภายในห้องเผาไหม้เป็นความต่างศักย์ไฟฟ้าไปยังชุดอ่านข้อมูล DEWE-801-CA-PROF แสดงดังรูปที่ 3.8 และประมวลผลผ่านซอฟแวร์ Dewesoft7 แสดงดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.8 ชุดอ่านข้อมูล DEWE-801-CA-PROF



รูปที่ 3.9 ซอฟแวร์ Dewesoft7

3.2.3 เครื่องวัดอุณหภูมิ

ในงานวิจัยนี้ใช้เครื่องวัดอุณหภูมิแบบ 5 ช่องสัญญาณ ยี่ห้อ Hanyoung รุ่น HY-850 ดังรูปที่ 3.6 และรายละเอียดของเครื่องวัดอุณหภูมิแสดงดังตารางที่ 3.4

รูปที่ 3.10 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบ 5 ช่องสัญญาณ [15]

ตารางที่ 3.4 รายละเอียดของเครื่องวัดอุณหภูมิ

ยี่ห้อ	Hanyoung
รุ่น	HY-850
ประเภทของสายเทอร์โมคัปเปิล	Type K
ความแม่นยำ	±0.5%
ไฟเลี้ยง	110V/220V (50/60Hz)
การติดตั้งใช้งาน	0^{o}C ถึง 50^{o}C 35-85%RH
ขนาด	96 x 96 mm ลึก 125 mm

3.3.3 เครื่องวิเคราะห์ไอเสีย

ในงานวิจัยนี้ใช้เครื่องวัดค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้หรือก๊าซไอเสียจากปล่องระบาย Testo 350XL ดังรูปที่ 3.7 และมีรายละเอียดของเครื่องแสดงดังตารางที่ 3.5

รูปที่ 3.11 เครื่องวัดค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้ Testo 350XL

ตารางที่ 3.5 รายละเอียดของเครื่องวัดค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้ Testo 350XL

การวัด	ช่วงการวัด	ค่าความถูกต้อง
O_2	0 ถึง 25 %Vol.	$\pm$ 0.2 %Vol.
CO	0 ถึง 10,000 ppm	$\pm$ 10 ppm (0 to 200 ppm)
NO	0 ถึง 3,000 ppm	$\pm$ 5 ppm (0 to 99 ppm)
NO_2	0 ถึง 500 ppm	$\pm$ 10 ppm (0 to 199 ppm)
CO_2	0 ถึง 50 %Vol.	$\pm$ 0.3 %Vol
HC	100 ถึง 40,000ppm	
อุณหภูมิ	-40 ถึง +1,200 ^{o}C	

3.4 การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์และวัดมลพิษ

ในการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์และวัดมลพิษที่ปล่อยออกมานั้น จะต้องทำการวัดค่าต่างๆ ของเครื่องยนต์ ซึ่งวิธีการทดสอบจะดำเนินการดังนี้

1. ทำการตรวจสอบความพร้อมของเครื่องยนต์และระบบทดสอบสมรรถนะ
2. ตรวจสอบความถูกต้องของอุปกรณ์วัดต่างๆ
   - Torque Meter ทดสอบโดยการ นำมวลทดสอบหนัก 1 kg แขวนที่ปลายแขนของ Torque แล้วอ่านค่าจาก Display นำค่าไปเปรียบเทียบกับผลจากการคำนวน
   - Temperature Sensor ทำโดยการวัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์ แล้วนำค่าไปเปรียบเทียบและปรับค่าที่ Display
   - Speed Sensor โดยการวัดค่าเทียบกับ Tachometer
3. นำน้ำมันดีเซลใส่ภาชนะที่วางบนเครื่องชั่ง Digital โดยต่อสายน้ำมันเข้าเครื่องยนต์ผ่านชุดควบคุมการทำงาน (ดังรูป 3.4)
4. ทำการเดินเครื่องยนต์
5. ทำการปรับโหลด (ปริมาณน้ำ) ที่ Load Valve จนความเร็วรอบของเครื่องยนต์ได้ตามที่ต้องการ
6. เดินเครื่องทิ้งไว้ประมาณ 15 นาที เพื่อให้เครื่องยนต์เข้าสู่สภาวะ Steady
7. ทำการอ่านค่าอุณหภูมิ น้ำหล่อเย็นที่ Temperature Display โดยให้ค่าอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นคงที่ $\pm 2^{\circ}C$ ซึ่งถือได้ว่า Steady State
8. บันทึกผลการทดสอบ
   - น้ำหนักของน้ำมันที่ใช้ไป (g)
   - เวลา (s)
   - ความเร็วรอบ (rpm)
   - แรงบิด (N-m)
   - วัดมลพิษที่เครื่องยนต์ปล่อยออกมา
   - วัดความดันภายในห้องเผาไหม้
9. เมื่อทำการทดลองทุกๆ ชนิดของน้ำมัน และทุกสภาวะแล้วปรับคันเร่งน้ำมันให้เครื่องเดินรอบต่ำแล้วดับเครื่องยนต์

โดยในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์และวัดมลพิษนั้น จะทำการทดลองซ้ำ โดยการเปลี่ยนชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิงเป็น Biodiesel (B100), BE10, BE30 และ BE50 ตามลำดับ และทุกๆ ครั้งที่เปลี่ยนน้ำมันเชื้อเพลิงจะทำการปรับโหลด (ปริมาณน้ำ) ที่ Load Valve จนความเร็วรอบของ

เครื่องยนต์เป็น 1,000 rpm±5 rpm, 1,300 rpm±5 rpm, 1,600 rpm±5 rpm, 1,900 rpm±5 rpm และ 2,200 rpm±5 rpm ตามลำดับ ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 สภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ที่ทำการทดลอง

เชื้อเพลิง	ความเร็วรอบ (rpm)				
	1,000	1,300	1,600	1,900	2,200
Diesel B5	x	x	x	x	x
Biodiesel	x	x	x	x	x
BE10	x	x	x	x	x
BE30	x	x	x	x	x
BE50	x	x	x	x	x

3.5 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการเครื่องยนต์และเชื้อเพลิง (Engine and Fuel Lab) สายวิชาเทคโนโลยีอุณหภาพ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี