

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 รูปแบบวิธีการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยทำการจำลองการทดสอบการขับขึ้นในห้องปฏิบัติการ เพื่อศึกษาอนุภาคที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ภายใต้การจำลองสภาพการขับที่มีความเร็วและน้ำมันเชื้อเพลิงที่แตกต่างกัน

3.2 ประชากร, กลุ่มตัวอย่าง และสถานที่ทำการวิจัย

3.2.1 เครื่องยนต์ดีเซลอายุการใช้งานมากกว่า 10 ปี ของรถยนต์ Mazda bt 50 2006

ประเภท 4 จังหวะ ความเร็วสูงสุด 158 km/h ความจุของกระบอกสูบ 2500 cc และแรงบิดสูงสุด 329 Nm ที่ 1,800 rpm ใช้น้ำมันเครื่องเกรดสังเคราะห์ (Fully Synthetic) เบอร์ความหนืด SAE 10W-30 ระยะทางที่ใช้งานมากกว่า 130,000 กิโลเมตร

3.2.2 น้ำมันไบโอดีเซลผสม

- น้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซลผสม B7
- น้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซลผสม B20
- น้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซลผสม B23

3.2.3 สถานที่ทำการศึกษา

ห้องปฏิบัติการ F4114 อาคารเครื่องมือ 4 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3.1 เครื่องมือสำหรับการตรวจวัดการกระจายตัวและความเข้มข้นของอนุภาค

1) เครื่อง Portable Aerosol Spectrometer Dust Detector (PAS) รุ่น GRIMM 11D

เป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบมาเพื่อตรวจวัดอนุภาคในอากาศ เช่น การกระจายตัวของขนาดอนุภาค ความเข้มข้นเชิงจำนวน และความเข้มข้นเชิงมวล ตามมาตรฐาน EN 481 สามารถตรวจจับอนุภาคขนาดตั้งแต่ 0.25 ไมครอนถึง 32 ไมครอนโดยใช้เทคนิคการกระเจิงแสง (light scattering)



รูปที่ 3.1 เครื่อง PAS รุ่น GRIMM 11D
ที่มา AG, (2024)

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลจำเพาะของ PAS รุ่น GRIMM 11D

ข้อมูลจำเพาะ	การตรวจวัด
หลักการตรวจวัด	Optical light scattering
อัตราการไหล	1.2 l/min
ช่วงขนาดอนุภาคการตรวจวัดขนาด	0.25 - 35 μm (31 ช่องตรวจวัด)
ความเข้มข้นเชิงมวล	0-100,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
ความเข้มข้นเชิงจำนวน	0-3,000,000 particle/liter
การแสดงค่าอนุภาค	TSP, PM10, PM4, PM2.5 และ PM1
อุณหภูมิในการทำงาน	4 - 40°C
ความชื้นสัมพัทธ์	0 - 95% RH
ระยะเวลาในการตรวจวัด	selectable storage intervals 6 s, 1, 5, 10, 15, 30, 60 min

2) เครื่อง Scanning Mobility Particle Sizer with Condensation Particle Counter (SMPS+C) รุ่น GRIMM 5416

อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการตรวจวัดขนาดและความเข้มข้นของอนุภาคในอากาศ ประกอบด้วยอุปกรณ์ 2 ส่วน คือ Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS) โดยใช้หลักการเคลื่อนที่ของอนุภาคในสนามไฟฟ้าเพื่อแยกขนาดอนุภาค และ Condensation Particle Counter (CPC) ที่ใช้ในการนับจำนวนอนุภาคโดยการขยายขนาดอนุภาคผ่านการควบแน่น เครื่อง GRIMM 5416 สามารถวัดอนุภาคที่มีขนาดตั้งแต่ 10 ถึง 1090 nm



รูปที่ 3.2 เครื่อง SMPS+C รุ่น GRIMM 5416
ที่มา DURAG GROUP, (2026)

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลจำเพาะของ SMPS+C รุ่น GRIMM 5416

ข้อมูลจำเพาะ	คำอธิบาย
การตรวจวัด	Condensation particle counter (CPC)
อัตราการไหล	0.3 l/min
ช่องการตรวจวัดขนาด	89 ช่อง (10-1,094 nm)
ความเข้มข้นเชิงจำนวน	0-10,000,000 particle/cm ³
อุณหภูมิในการทำงาน	10 °C ถึง 40 °C
ความชื้นสัมพัทธ์	0 - 90% RH

3) เครื่องวัดความเร็วลมประเภท Hotwire รุ่น 9555-P

เป็นอุปกรณ์เพื่อวัดความเร็วลมและอุณหภูมิ โดยใช้เทคโนโลยี Hotwire หรือเทอร์โมแอนนิมอมิเตอร์ (Thermo-Anemometer) ใช้หลักการวัดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของเส้นลวดร้อนเมื่อกระแสลมไหลผ่าน เครื่องรุ่น 9555-P นี้มีความไวในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของลม ทำให้สามารถวัดความเร็วลมได้ 0 – 50 m/s



รูปที่ 3.3 เครื่องวัดความเร็วลมประเภท Hotwire รุ่น 9555-P

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องวัดความเร็วลมประเภท Hotwire รุ่น 9555-P

คุณสมบัติ	รายละเอียด
ประเภท	Thermo-Anemometer (Hotwire)
ช่วงการวัดความเร็วลม	0.1 ถึง 30 เมตรต่อวินาที
ความแม่นยำ	±0.03 เมตรต่อวินาที (±1.5% ของการอ่าน)
ช่วงการวัดอุณหภูมิ	-10°C ถึง 60°C ±0.5°C
หน้าจอแสดงผล	หน้าจอแสดงผลแบบดิจิทัล LCD
ฟังก์ชันการบันทึกข้อมูล	มีความสามารถในการบันทึกข้อมูลและจัดเก็บได้
การเชื่อมต่อ	พอร์ต USB สำหรับการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

4) เครื่อง TSI 3090 Engine Exhaust Particle Sizer™ (EEPS) ของ TSI

เครื่อง EEPS ใช้สำหรับตรวจวัดความเข้มข้นของอนุภาคที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ที่มีความเข้มข้นต่ำ สามารถวัดการกระจายตัวของขนาดอนุภาค ความเข้มข้นเชิงจำนวน และความเข้มข้นเชิงมวลของอนุภาคไอเสียเครื่องยนต์ในช่วงตั้งแต่ 5.6 - 560 nm ใช้หลักการเคลื่อนที่ไฟฟ้าของอนุภาคในการตรวจวัด



รูปที่ 3.4 EEPS รุ่น 3090
ที่มา TSI Incorporated, (2026)

ตารางที่ 3.4 ข้อมูลจำเพาะเครื่อง TSI 3090 (EEPS)

ข้อมูลจำเพาะ	คำอธิบาย
การตรวจวัด	ขนาดอนุภาค, ความเข้มข้นเชิงมวล, ความเข้มข้นเชิงจำนวน
อัตราการไหล	10 L/min
ช่องการตรวจวัดขนาด	32 ช่อง (5.6 - 560 nm)
ความเข้มข้นเชิงมวล	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ถึง 200 mg/m^3
ความเข้มข้นเชิงจำนวน	1,000 - 10^{12} particles/ cm^3
การแสดงค่าอนุภาค	แบบเรียลไทม์
อุณหภูมิในการทำงาน	10°C ถึง 35°C
ความชื้นสัมพัทธ์	0 ถึง 95% ไม่กลั่นตัว
ช่วงในการตรวจวัด	5.6 - 560 nm
การเจือจาง	มีระบบเจือจางภายใน (Internal Dilution)
การแสดงค่าอนุภาค	ผ่านซอฟต์แวร์ EEPS หรือแสดงผลผ่านหน้าจอ

5) เครื่อง Field Emission Scanning Electron Microscope (FESEM-EDS)

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (FESEM) มีกำลังขยาย 1,000,000 เท่า สามารถให้ภาพของสัณฐานวิทยาของอนุภาค (morphology) ในระดับ nm และสามารถวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุ (Elemental Composition) ด้วยเทคนิคการกระจายพลังงานรังสีเอ็กซ์ Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS)



รูปที่ 3.5 เครื่อง Field Emission Scanning Electron Microscope (FESEM-EDS)
ที่มา STREC CHULA, (2024)

ตารางที่ 3.5 ข้อมูลจำเพาะเครื่อง FESEM-EDS

ข้อมูลจำเพาะ	รายละเอียด
ประเภทลำอิเล็กตรอน	ลำอิเล็กตรอนจากแหล่ง Field Emission Gun (FEG)
ความละเอียด (Resolution)	< 1 nm
ชนิดสัญญาณที่ตรวจจับ	Secondary Electrons (SE), Backscattered Electrons (BSE) และ X-rays
ความสามารถในการขยาย (Magnification)	20x ถึง 1,000,000x
การวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุ	ใช้ระบบ Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS)
ลักษณะตัวอย่างที่เหมาะสม	เป็นตัวนำไฟฟ้า หรือ เคลือบด้วยโลหะ เช่น ทอง หรือคาร์บอน
การเตรียมตัวอย่าง	ตัวอย่างต้องถูกเตรียมอย่างระมัดระวังเพื่อลดการสร้างประจุไฟฟ้าสถิตและการสูญเสียข้อมูลที่เกิดจากการสะท้อนกลับของลำอิเล็กตรอน
ขนาดตัวอย่างที่รองรับ	เส้นผ่านศูนย์กลาง 10-15 mm

3.3.2 เครื่องมือสำหรับการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุและสัณฐานวิทยา

1) ปืนดูดอากาศ Universal air sampling pump Model SKC-224-PCXR4 โดยใช้ช่วงอัตราการไหลของอากาศ 1,000 ถึง 4,000 mL/min จำนวน 2 เครื่อง ได้แก่ Serial No.A091452 และ Serial No.A091049



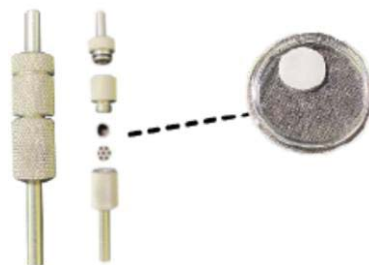
รูปที่ 3.6 Universal air sampling pump
ที่มา SKC Inc, (2026)

2) ชุดปรับเทียบมาตรฐานแบบ Gilibrator-2 Calibrator ความแม่นยำ (Accuracy): $\pm 1\%$ ของค่าที่อ่านได้ ช่วงอัตราการไหล 20 cc/min ถึง 6 LPM (ลิตรต่อนาที) จำนวน 1 เครื่อง ได้แก่ Serial No.1609031



รูปที่ 3.7 Universal air sampling pump
ที่มา Sensidyne, LP. All Rights Reserved., (2026)

3) Nano Particle Sampler (NPS) จำนวน 2 เครื่อง



รูปที่ 3.8 Nano Particle Sampler

4) กระจกกรองชนิด Polycarbonate membrane ขนาด 8 mm, รูพรุนขนาด 0.4 μm สำหรับเก็บตัวอย่างอากาศ



รูปที่ 3.9 Polycarbonate membrane
ที่มา INNOVATIVE INSTRUMENT, (2026)

3.3.3 เครื่องทดสอบสมรรถนะยานยนต์

1) เครื่องทดสอบสมรรถนะยานยนต์ Chassis Dynamometer รุ่น FPS 2700

ชนิดดูดกลืนพลังงานหรือเบรกด้วยกระแสเหนี่ยวนำ รุ่น FPS 2700 เป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบมาเพื่อวัดและวิเคราะห์สมรรถนะของยานยนต์โดยเฉพาะ เครื่องนี้สามารถจำลองสภาพการขับขี่จริงบนถนนได้ในห้องปฏิบัติการ ใช้ระบบเบรกด้วยกระแสเหนี่ยวนำ (Eddy Current Brake) เพื่อดูดกลืนพลังงานและควบคุมแรงต้านของล้อ ทำให้สามารถทดสอบรถยนต์ในช่วงความเร็วและแรงบิดต่าง ๆ



รูปที่ 3.10 Chassis Dynamometer รุ่น FPS 2700

ตารางที่ 3.6 ข้อมูลจำเพาะของ Chassis Dynamometer รุ่น FPS 2700

ข้อมูลจำเพาะ	คำอธิบาย
น้ำหนักสูงสุดที่ใช้งานได้	1,250 kg 1,350 kg
รูปแบบของเครื่องทดสอบสมรรถนะ	Inground-and surface
Dimensions (LxW1/W2xH1/H2)	3,539x718/980x450/725 mm
ขนาดหน้าล้อขั้นต่ำที่ทดสอบได้	13 นิ้ว
ทิศทางการขับ	ทิศทางเดียว
ความเร็วสูงสุด	200 km/h

3.3.4 เครื่องมือทดสอบคุณภาพน้ำมัน

1) เครื่อง Automated cetane ID 510 analyzer

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพของเชื้อเพลิงดีเซล โดยเฉพาะค่าซีเทน (Cetane number) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพการจุดระเบิดของเชื้อเพลิงดีเซล เครื่องนี้ได้รับการออกแบบตามมาตรฐาน ASTM D613 ซึ่งมีความสำคัญสำหรับการทดสอบเชื้อเพลิง



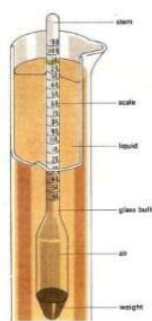
รูปที่ 3.11 เครื่อง Automated cetane ID 510 analyzer (ASTM D613)
ที่มา Automated Cetane ID 510 Analyzer (ASTM D613), (2024)

ตารางที่ 3.7 ข้อมูลจำเพาะของเครื่อง Automated cetane ID 510 analyzer (ASTM D613)

คุณสมบัติ	รายละเอียด
ช่วงการวัดค่าซีเทน	30 - 70 Cetane number
ความแม่นยำ	± 0.5 Cetane number
Test Duration	30 minutes
Unite Warm Up	40 minutes
ปริมาณตัวอย่าง	60-160 ml
Range for Measured Derived Cetane Number	15 - 100 DCN
ประเภทเชื้อเพลิงที่รองรับ	น้ำมันดีเซล, น้ำมันดีเซลผสมไบโอดีเซล (สูงสุด B30)
การควบคุมการทำงาน	หน้าจอสัมผัส พร้อมซอฟต์แวร์ Cetane 510 Analyzer Manager รองรับการวิเคราะห์และจัดเก็บข้อมูล
การเชื่อมต่อข้อมูล	USB, Ethernet สำหรับการเชื่อมต่อกับระบบข้อมูล
อุณหภูมิการทำงาน	10°C - 40°C
ความดันที่ใช้งาน	80 - 110 kPa
ความชื้นสัมพัทธ์ในการทำงาน	20% - 90% (ไม่ควบแน่น)

2) BIODIESEL HYDROMETER ASTM D 1298

เครื่องมือหาค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมัน โดยใช้แรงลอยตัวของ HYDROMETER ในน้ำมัน เมื่อใส่ไฮโดรมิเตอร์ลงในไบโอดีเซล ส่วนของไฮโดรมิเตอร์จะจมลงไปในระดับหนึ่ง ซึ่งระดับนี้จะสัมพันธ์กับความถ่วงจำเพาะของไบโอดีเซลชนิดนั้น ถ้าไบโอดีเซลมีความบริสุทธิ์สูง ความถ่วงจำเพาะก็จะเข้าใกล้ค่ามาตรฐาน และไฮโดรมิเตอร์จะลอยสูงขึ้น ทำให้สามารถอ่านค่าความถ่วงจำเพาะได้จากสเกลที่อยู่บนไฮโดรมิเตอร์



รูปที่ 3.12 BIODIESEL HYDROMETER ASTM D 1298
ที่มา Applied Scientific Instruments Co., Ltd., (2017a)

3) เครื่อง Flash Point and Burning Point (ASTM D93–98th)

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบจุดวาบไฟ (Flash Point) และจุดเผาไหม้ (Burning Point) ของสารเคมีและของเหลว ในการทดสอบ ASTM D92 จะใช้วิธี Open Cup เพื่อหาจุดวาบไฟ ซึ่งเหมาะสำหรับสารที่มีจุดวาบไฟสูง เช่น น้ำมันเชื้อเพลิงและน้ำมันหล่อลื่น



รูปที่ 3.13 Flash Point and Burning Point (ASTM D92–98th)
ที่มา INEGI, (2024)

ตารางที่ 3.8 ข้อมูลจำเพาะของเครื่อง Flash Point and Burning Point (ASTM D93–98th)

คุณสมบัติ	รายละเอียด
มาตรฐานที่รองรับ	ASTM D92–98a, AASHTO T48, DIN 51 376
ช่วงอุณหภูมิการวัด	0°C - 400°C (32°F - 752°F) ± 2°C (± 3.6°F)
อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ	5°C - 6°C ต่อนาที
ประเภทของตัวอย่างที่รองรับ	น้ำมันเชื้อเพลิง, น้ำมันหล่อลื่น, และสารเคมีไวไฟอื่น ๆ
วัสดุของถ้วยทดสอบ	ทองเหลืองหรือสแตนเลสสตีล
ขนาดถ้วยทดสอบ	เส้นผ่านศูนย์กลาง 75 มม. และ 50 มม. สูง
แหล่งจุดติดไฟ	เปลวไฟก๊าซหรือไฟฟ้า
การควบคุมอุณหภูมิ	ควบคุมด้วยเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล
การทำความสะอาดถ้วยทดสอบ	ล้างด้วยตัวทำละลายทางเทคนิค เช่น โทลูอีน หรืออะซีโตน และทำให้แห้งก่อนการใช้
ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ	อย่างน้อย 70 ml

5) เครื่องวัดค่าความหนืดของน้ำมันในหน่วยเซนติสโตรกส์ (cSt) (Viscosity Bath acc. to ASTM D445)S

เป็นอุปกรณ์สำหรับการควบคุมอุณหภูมิในการทดสอบค่าความหนืดของของเหลวต่าง ๆ เช่นน้ำมันเชื้อเพลิง น้ำมันหล่อลื่น และสารเคมีอื่น ๆ



รูปที่ 3.14 เครื่องวัดค่าความหนืดของน้ำมันในหน่วยเซนติสโตรกส์
ที่มา Applied Scientific Instruments Co., Ltd., (2017b)

6) เครื่อง GC-MS/Series 3XO

Gas Chromatography Mass Spectrometry / GC-MS เทคนิคที่ใช้วิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของสารที่สนใจ ลักษณะตัวอย่างที่จะวิเคราะห์ต้องมีคุณสมบัติในการระเหยกลายเป็นไอได้ เนื่องจากเป็นเทคนิคที่ใช้ในการแยกสารผสมออกจากกันในสถานะแก๊ส อาศัยความแตกต่างกันของคุณสมบัติการละลายและความสามารถในการดูดซับของสารแต่ละชนิดบนเฟสเคลื่อนที่ (Mobile phase) และเฟสอยู่กับที่ (Stationary phase) (Analytical Equipment Department, 2024)



รูปที่ 3.15 เครื่อง GC-MS/Series 3XO

ตารางที่ 3.9 มาตรฐานการทดสอบคุณสมบัติน้ำมัน

ลำดับ	ข้อกำหนด	อัตราสูง ต่ำ	น้ำมันดีเซล			วิธีทดสอบ
			หมุนเร็ว			
			B7	B20	B30	
(ธรรมดา)						
คุณสมบัติทางกายภาพ						
1	ความถ่วงจำเพาะ	ไม่ต่ำกว่า	0.81-	0.81-	0.815-	ASTM D
	ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 องศาเซลเซียส	และ	0.87	0.87	0.880	1298
2	ค่าซีเทน หรือ	ไม่ต่ำกว่า	50	50	48	ASTM D 613
	ดัชนีซีเทน					ASTM D 976
3	ความหนืด : เซนติสโตกส์					ASTM D 445
	(Viscosity : cST)					
	3.1 ณ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (at 40 °C)	ไม่ต่ำกว่า	1.8-4.1	1.8-4.1	2.0-5.0	
		และ				
	3.2 ณ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (at 50 °C)	ไม่สูงกว่า				
		ไม่สูงกว่า				
4	จุดวาบไฟ องศาเซลเซียส	ไม่ต่ำกว่า	52	52	52	ASTM D 93
(Flash point : °C)						
คุณสมบัติทางเคมี						
1.	ไบโอดีเซลประเภทเมทิล	ไม่ต่ำกว่า	6.6-7%	19-20%	29-30%	EN 14078
	เอสเตอร์ของกรดไขมัน	และ				
	ร้อยละโดยปริมาตร	ไม่สูงกว่า				
	(Methyl Ester of Fatty Acid, %vol.)					

หมายเหตุ มาตรฐานน้ำมัน B7 และ B20 เป็นไปตามมาตรฐาน ของประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซล พ.ศ. 2567 ในส่วนของน้ำมัน B30 เป็นไปตาม มาตรฐานกระทรวงพลังงานและทรัพยากรแร่ธาตุประเทศอินโดนีเซีย ค.ศ. 2020

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4.1 การตรวจวัดการกระจายตัวของขนาดอนุภาคและความเข้มข้นของอนุภาค

3.4.1.1 ขั้นตอนการติดตั้งและการตรวจวัดอนุภาคในห้องปฏิบัติการ

1) นำรถยนต์ดีเซลที่จะใช้ทดสอบ ขึ้นเครื่องทดสอบสมรรถนะยานยนต์ (Chassis dynamometer) ใช้สายรัดรถยนต์ยึดรถกับตะขอ เพื่อเพิ่มความปลอดภัยให้รถยนต์อยู่กับที่ขณะทำการทดสอบ

2) ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดการกระจายตัวของขนาดอนุภาค ความเข้มข้นของอนุภาค โดยใช้เครื่องมือ 3 ประเภท ดังนี้

- สำหรับการตรวจวัดภายในท่อ ทำการติดตั้งท่อวัดอนุภาคของเครื่อง TSI 3090 Engine Exhaust Particle Sizer™ (EEPS) ทำการเจาะท่อไอเสียและติดตั้งท่อของเครื่องตรวจวัด โดยตำแหน่งการตรวจวัดจากปลายท่อเป็นระยะ 60 cm ต่อจากนั้นเปิดโปรแกรม EEPS เพื่อวัดความเข้มข้นของอนุภาค
- สำหรับการตรวจวัดภายนอกท่อ ติดตั้งเครื่อง Portable Aerosol Spectrometer Dust Detector (PAS) และ Scanning Mobility Particle Sizer with Condensation Particle Counter (SMPS+C) โดย PAS และ SMPS ทำการเก็บตัวอย่าง ที่ความสูง Breathing zone (ความสูง 150 cm) และห่างจากท้ายรถยนต์ 100 cm เปิดใช้งานโปรแกรม Wide Range เพื่อประมวลผลข้อมูลอนุภาคจากเครื่อง SMPS และ PAS มารวมกัน เปิดโปรแกรม Nano Software for SMPS ตั้งค่าช่วงตรวจวัดอนุภาคที่ 10-1090 nm ต่อจากนั้นเข้าไปที่ Software 1179 for PAS ตั้งช่วงตรวจวัดอนุภาคที่ 253 nm-35.15 μm

3) กดคำสั่งเก็บข้อมูลเพื่อเริ่มทำการเก็บข้อมูลในเครื่องมือทั้งสองเครื่อง

4) วัดความเร็วลมก่อนเริ่มการทดสอบ กำหนดให้ความเร็วลมตรวจวัดอยู่ในช่วง 0-2 เมตรต่อวินาที

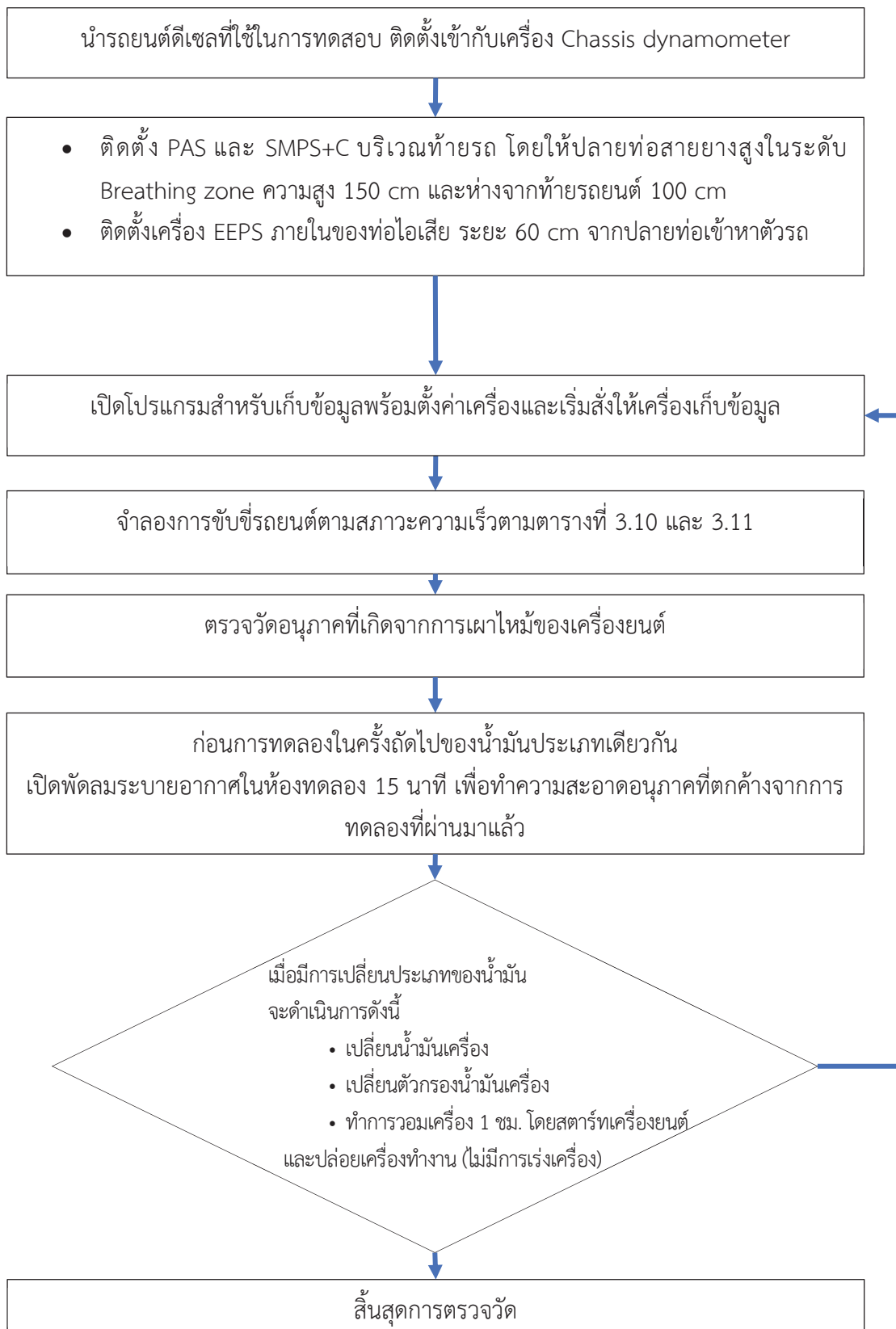
5) ทดสอบการขับขึ้นตามตารางที่ 3.10 และ 3.11 และเปรียบเทียบอนุภาคที่เกิดจากน้ำมัน 3 ชนิด ได้แก่ B7, B20 และ B30 ทำการเก็บตัวอย่างตามขั้นตอนที่กำหนดขั้นต่ำ 3 ชั่วโมงในแต่ละประเภทของน้ำมัน

ตารางที่ 3.10 ขั้นตอนการจำลองการทดสอบการขับรถยนต์ตามสภาวะความเร็วต่ำ
ประยุกต์มาจาก Chaiyakham et al., (2024)

ขั้นตอน	ลักษณะการขับ/การเก็บข้อมูล	ความเร็ว (km/h)	ระยะเวลา (นาที)	หมายเหตุ
1	ก่อนเริ่มทำงาน	0	8	Background particles
2	สตาร์ทรถยนต์ และจอด	0	8	ไม่มีการเร่งเครื่องยนต์
3	เร่งความเร็ว และคงความเร็ว	50	12	-
4	หลังการขับ	0	16	ดับเครื่องยนต์
ระยะเวลาทั้งสิ้น			44	เมื่อครบเวลาทำการหยุด อุปกรณ์ตรวจวัด

ตารางที่ 3.11 ขั้นตอนการจำลองการทดสอบการขับรถยนต์ตามสภาวะความเร็วสูง
ประยุกต์มาจาก Chaiyakham et al., (2024)

ขั้นตอน	ลักษณะการขับ/การเก็บ ข้อมูล	ความเร็ว (km/h)	ระยะเวลา (นาที)	หมายเหตุ
1	ก่อนเริ่มทำงาน	0	8	Background particles
2	สตาร์ทรถยนต์ และจอด	0	8	ไม่มีการเร่งเครื่องยนต์
3	เร่งความเร็ว และคงความเร็ว	100	12	-
4	หลังการขับ	0	16	ดับเครื่องยนต์
ระยะเวลาทั้งสิ้น			44	เมื่อครบเวลาทำการหยุด อุปกรณ์ตรวจวัด



รูปที่ 3.16 ขั้นตอนการติดตั้งและการตรวจวัดอนุภาคในห้องปฏิบัติการ

3.4.2 การเก็บตัวอย่างอนุภาคเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุและสัณฐานวิทยา

การเตรียมเครื่องมือสำหรับการเก็บตัวอย่างองค์ประกอบธาตุและสัณฐานวิทยามีขั้นตอน

1) ขั้นตอนการเตรียมเครื่องมือ

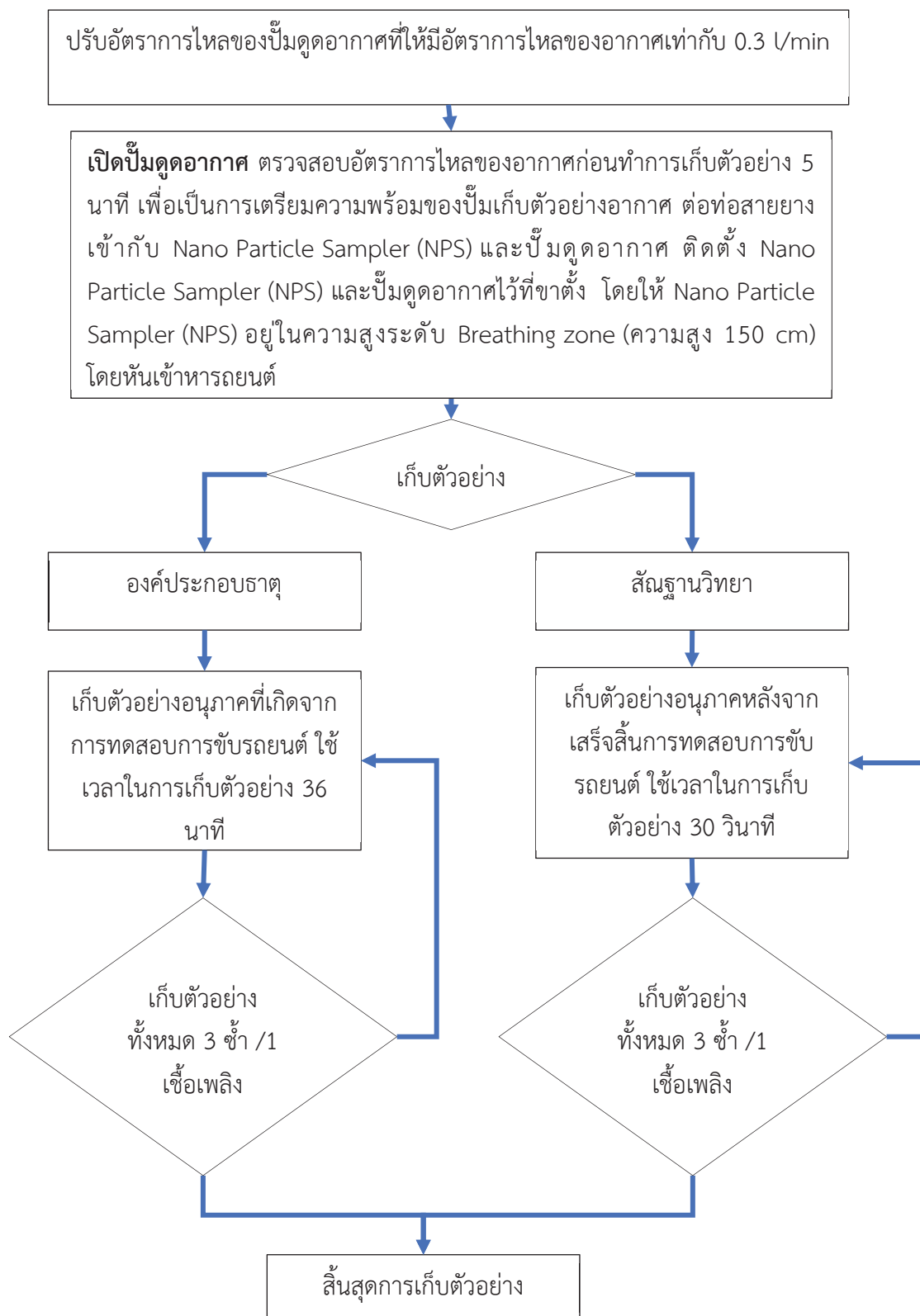
- 1.1) ปรับอัตราการไหลของปั๊มดูดอากาศให้มีอัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 0.3 l/min
- 1.2) ตัดกระดาษกรองชนิด Polycarbonate membrane ขนาด 8 mm, รูพรุนขนาด 0.4 μm โดยใช้อุปกรณ์ตัดกระดาษกรองขนาด 8 mm จากนั้นนำกระดาษกรองเข้าตู้อบความชื้นที่ผ่านการดูดความชื้น บรรจุใน Nano Particle Sampler (NPS)

2) การเก็บตัวอย่างองค์ประกอบธาตุ

- 2.1) เปิดปั๊มดูดอากาศ ตรวจสอบอัตราการไหลของอากาศก่อนทำการเก็บตัวอย่าง 5 นาที เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมของปั๊มเก็บตัวอย่างอากาศ
- 2.2) ต่อท่อสายยาง เข้ากับ Nano Particle Sampler (NPS) และปั๊มดูดอากาศ
- 2.3) ติดตั้ง Nano Particle Sampler (NPS) และปั๊มดูดอากาศไว้ที่ขาตั้ง โดยให้ Nano Particle Sampler (NPS) อยู่ในความสูงระดับ Breathing zone (ความสูง 150 cm) โดยหันเข้าหารถยนต์
- 2.4) ทำการเก็บตัวอย่าง โดยเก็บอนุภาคจากการทดสอบการขับรถยนต์ตามตารางการทดลองที่ 3.9 และ 3.10 ใช้เวลาในการเก็บตัวอย่าง 44 นาที ทำการนำ Polycarbonate membrane ออกจาก Nano Particle Sampler (NPS) นำใส่ตลับเก็บตัวอย่าง จากนั้นนำ Nano Particle Sampler (NPS) ที่มีกระดาษกรองติดตั้งกับปั๊มดูดอากาศ
- 2.5) ทำการเก็บตัวอย่าง 3 ซ้ำ ต่อประเภทน้ำมัน
- 2.6) ภายหลังจากการเก็บตัวอย่างเสร็จสิ้น จะนำไปดูดความชื้นใช้เวลา 24 ชม. และนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM-EDS

3) การเก็บตัวอย่างสัณฐานวิทยา

หลังจากเสร็จสิ้นขั้นตอนที่ 4 (หลังการขับ) ขั้นตอนการเก็บสัณฐานวิทยาเหมือนกับขั้นตอนการเก็บองค์ประกอบธาตุ แตกต่างกันที่เวลาในการเก็บโดยจะใช้เวลาเก็บตัวอย่างการทดสอบ ตัวอย่างละ 30 วินาที โดยทำการเก็บตัวอย่าง 3 ซ้ำต่อ 1 การทดสอบ



รูปที่ 3.17 ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างองค์ประกอบธาตุและสัณฐานวิทยาของอนุภาค

4) การผสมและตรวจสอบน้ำมันไบโอดีเซลที่ใช้ทดสอบ

4.1) นำน้ำมันไบโอดีเซล B7 และ B20 มาตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีเพื่อหาปริมาณไบโอดีเซลที่ผสม ด้วยเครื่อง GCMS ใช้ปริมาณตัวอย่าง 50 mg เพื่อประเมินสัดส่วนการผสมของเชื้อเพลิง

- น้ำมัน B7 ประกอบด้วยดีเซลพื้นฐาน (B0) 93% และไบโอดีเซล 7%
- น้ำมัน B20 ประกอบด้วยดีเซลพื้นฐาน (B0) 80% และไบโอดีเซล 20%

โดยการตรวจวิเคราะห์สารประกอบกลุ่มกรดไขมันและเมทิลเอสเทอร์ (Fatty Acid Methyl Esters; FAME) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของไบโอดีเซล ได้แก่ Tetradecanoic acid ($C_{14}H_{28}O_2$), Hexadecanoic acid ($C_{16}H_{32}O_2$), linoleic acid ($C_{18}H_{32}O_2$), oleic acid ($C_{18}H_{34}O_2$), octadecanoic acid ($C_{18}H_{36}O_2$), และ Eicosanoic acid ($C_{20}H_{40}O_2$)

4.2) สำหรับน้ำมัน B30 เนื่องจากไม่มีขายในประเทศไทยจึงต้องนำน้ำมัน B20 ที่มีขายในท้องตลาดมาผสมเพิ่มอัตราส่วน ในน้ำมัน B20 มีน้ำมันไบโอดีเซลอยู่ 20 % ต้องใช้ B20 ปริมาณ 0.875 ลิตร และเติม B100 ปริมาณ 0.125 ลิตร เพื่อให้ได้น้ำมัน B30 ปริมาณ 1 ลิตร และนำน้ำมัน B30 ที่ผสมเรียบร้อยแล้ว ปริมาณ 50 mg ไปประเมินสัดส่วนคุณสมบัติทางเคมี ดังข้อ 1 โดยน้ำมัน B30 ประกอบด้วยดีเซลพื้นฐาน (B0) 70% และไบโอดีเซล 30%

4.3) นำน้ำมัน B30 ที่ผสมแล้วไปตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมี ตามตารางที่ 3.9 มาตรฐานที่จะใช้ในการทดสอบ

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 การใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics)

คุณลักษณะของข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานทางเรขาคณิต (Geometric standard deviation) ใช้ในการอธิบายการกระจายตัวเชิงจำนวนและการกระจายตัวเชิงมวลส่วนค่าเฉลี่ย (Mean) ร้อยละ (Percentage) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เพื่ออธิบายปริมาณความเข้มข้นของอนุภาคและองค์ประกอบธาตุ

3.5.2 การใช้สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics)

การทดสอบหาความแตกต่างข้อมูลความเข้มข้นของอนุภาคจาก 2 การทดลอง (การทดสอบตามตารางที่ 3.10 และ 3.11) ของน้ำมันโดยแยกประเภทน้ำมัน B7, B20 และ B30

1) ทดสอบการกระจายตัวข้อมูลว่ามีการกระจายตัวแบบปกติ โดยใช้สถิติ Shapiro-Wilk Test ในการทดสอบ

2) เปรียบเทียบความเข้มข้นของอนุภาคที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ ดีเซลที่มีอายุเกิน 10 ปีขึ้นไป โดยใช้น้ำมันที่แตกต่างกัน คือ ใช้น้ำมันที่แตกต่างกัน 3 ประเภท คือ B7 B20 B30

- กรณีข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ ใช้สถิติ One-Way ANOVA Test ในการทดสอบ
- กรณีข้อมูลมีการกระจายตัวแบบไม่ปกติ ใช้สถิติ Kruskal-Wallis H Test ในการทดสอบ

แสดงดังรูปที่ 3.18 การทดสอบข้อมูลทางสถิติของน้ำมันแบบแยกประเภท

การทดสอบหาความแตกต่างข้อมูล น้ำมันทั้ง 3 ประเภท B7, B20 และ B30 โดยหาจากความเข้มข้นอนุภาคของการทดสอบตามตารางที่ 3.10 และ 3.11

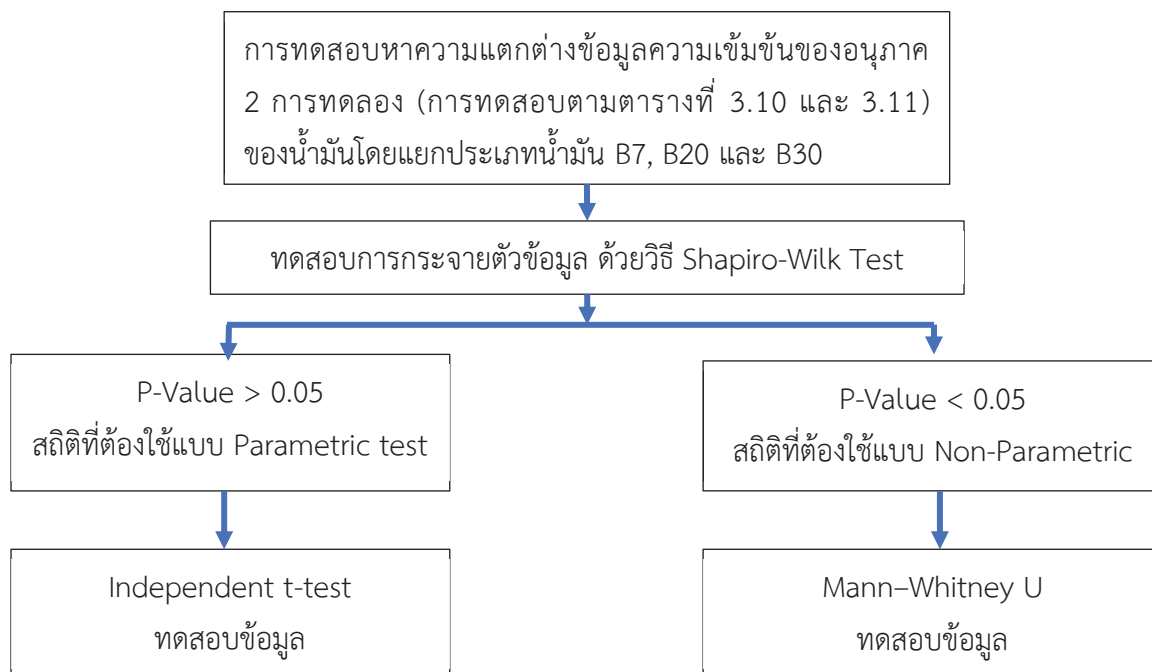
การทดสอบหาความแตกต่างข้อมูลความเข้มข้นของอนุภาคจาก 2 การทดลอง (การทดสอบตามตารางที่ 3.10 และ 3.11) ของน้ำมันโดยแยกประเภทน้ำมัน B7, B20 และ B30

1) ทดสอบการกระจายตัวข้อมูลว่ามีการกระจายตัวแบบปกติ โดยใช้สถิติ Shapiro-Wilk Test ในการทดสอบ

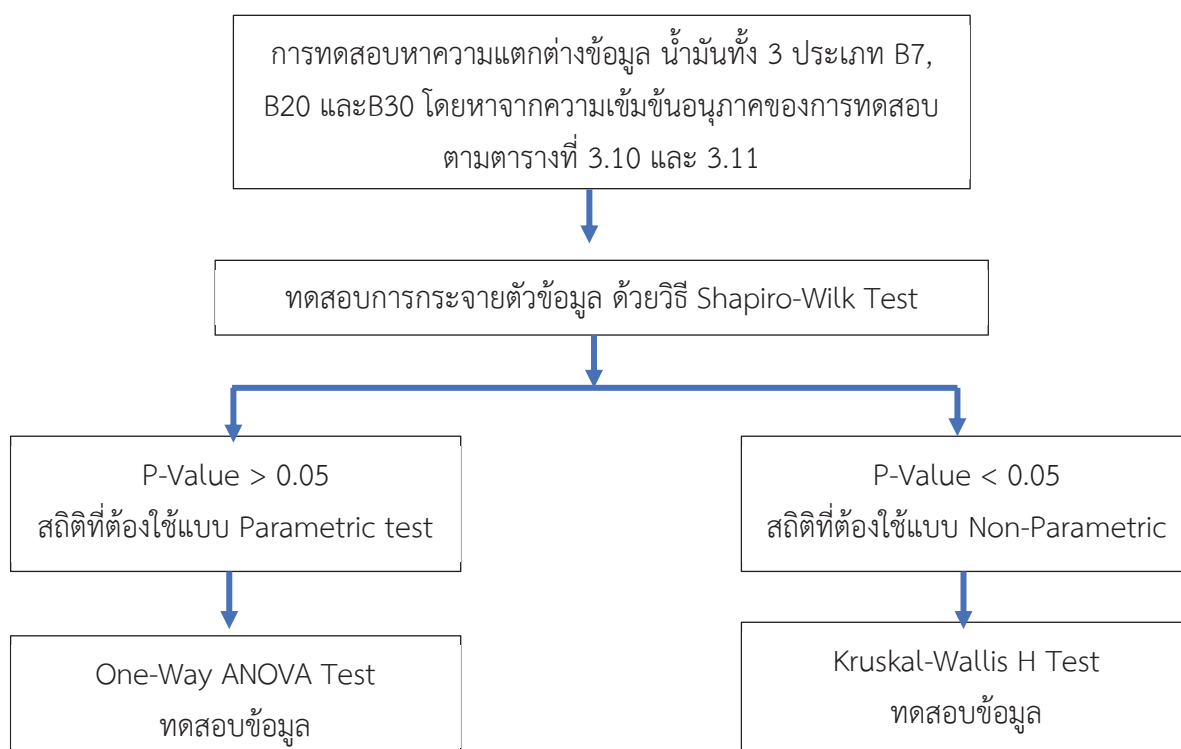
2) เปรียบเทียบความเข้มข้นของอนุภาคที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ ดีเซลที่มีอายุเกิน 10 ปีขึ้นไป โดยใช้ข้อมูลที่แตกต่างกัน คือ ใช้ข้อมูลที่แตกต่างกัน 3 ประเภท คือ B7 B20 B30 โดย

- กรณีข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ ใช้สถิติ Independent t-test ในการทดสอบ
- กรณีข้อมูลมีการกระจายตัวแบบไม่ปกติ ใช้สถิติ Mann-Whitney U ในการทดสอบ

แสดงดังรูปที่ 3.19 การทดสอบข้อมูลทางสถิติของน้ำมันแบบรวมทั้ง 3 ประเภท



รูปที่ 3.18 การทดสอบข้อมูลทางสถิติของน้ำมันแบบแยกประเภท



รูปที่ 3.19 การทดสอบข้อมูลทางสถิติของน้ำมันแบบรวมทั้ง 3 ประเภท