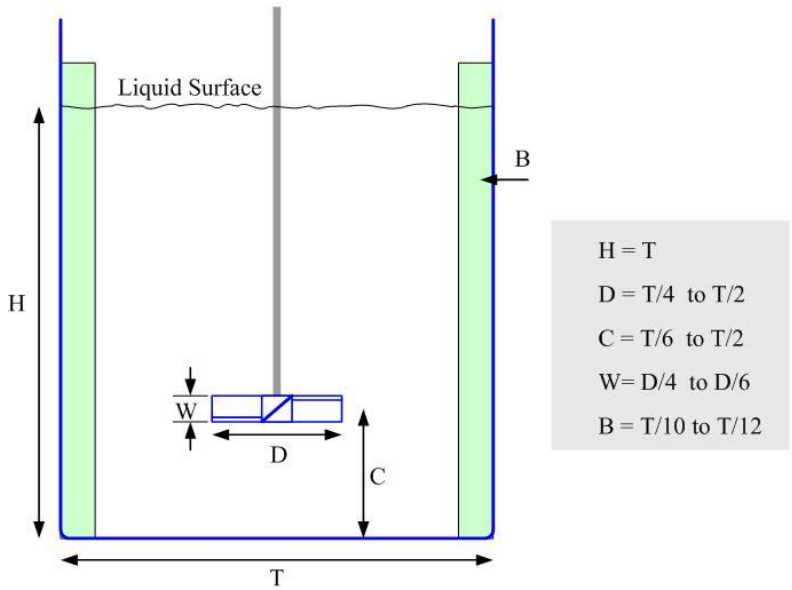
# บทที่ 4
# วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการจำลองกระบวนการสังเคราะห์ไบโอดีเซลขึ้น เพื่อใช้ในการทดลองการสังเคราะห์ไบโอดีเซลโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง(DC Motor) YASKAWA Minertia F Series Model UFMED – B9M ซึ่งควบคุมการหมุนด้วยสัญญาณควบคุมตามแบบที่กำหนด ผ่านวงจรควบคุมการหมุนของมอเตอร์แบบ PWM ต่อตรงกับใบพัดสำหรับปั่นผสมในแบบจำลอง โดยรายละเอียดทางเทคนิคของมอเตอร์สามารถดูได้ในภาคผนวก ฉ.

## 4.1 การออกแบบระบบจำลองกระบวนการสังเคราะห์ไบโอดีเซล

แบบจำลองการสังเคราะห์ไบโอดีเซลที่ทำการออกแบบและจัดทำขึ้นสำหรับการทดลอง ได้ทำการออกแบบส่วนของการปั่นผสมโดยใช้ขนาดมาตรฐานสำหรับการออกแบบกระบวนการปั่นผสมในอุตสาหกรรม [18] ซึ่งมีขนาดของถังผสม และใบพัด รวมทั้งระดับการติดตั้ง ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ซึ่งจะแสดงอัตราส่วนในการออกแบบกระบวนการปั่นผสมของเหลวโดยทั่วไป [19]



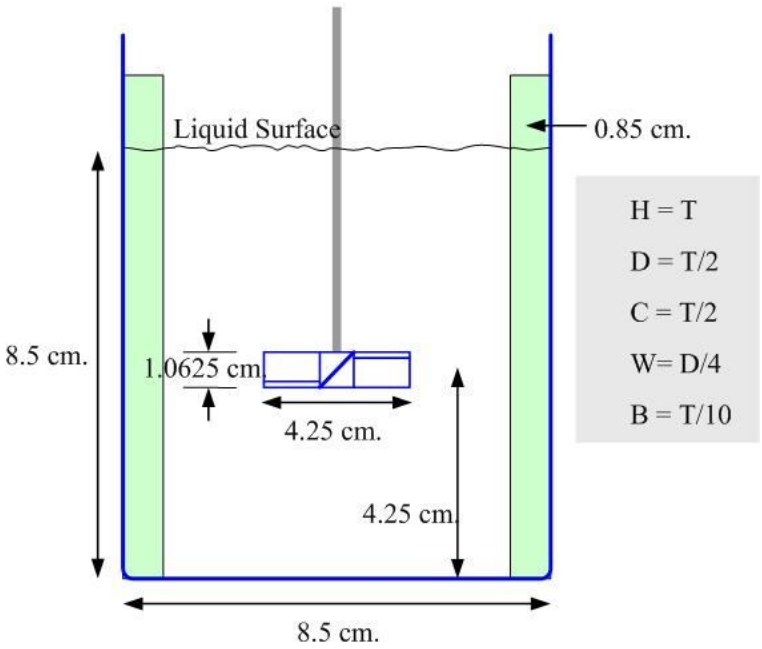

**รูปที่ 4.1** อัตราส่วนมาตรฐานสำหรับการออกแบบการผสมของเหลว

จากรูปที่ 4.1 แสดงการออกแบบส่วนประกอบของการผสมของเหลว โดยมีส่วนประกอบในการออกแบบดังนี้

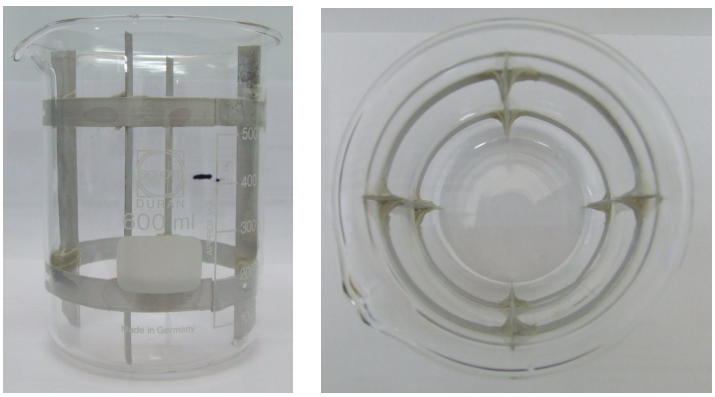
H, ความสูงของเหลว (Liquid Height)

T , ขนาดถังผสม ( Tank Diameter)
D , ขนาดใบพัด (Impeller Diameter)
C , ความสูงในการติดตั้งใบพัด (Impeller Clearance)
W, ความกว้างใบพัด (Impeller Blade Width)
B , ผนังบาฟเฟิล (Wall Baffles)

จากการออกแบบโดยใช้บีกเกอร์ขนาด 500 มล. เป็นส่วนของถังผสม โดยมีความกว้างของบีกเกอร์เป็น 8.5 ซม. ดังแสดงในรูปที่ 4.2 และ รูปที่ 4.3 แสดงบีกเกอร์สำหรับปั่นผสมที่สร้างขึ้น




**รูปที่ 4.2** แบบจำลองการปั่นผสมที่ทำการออกแบบ



**รูปที่ 4.3** ถังผสมที่สร้างขึ้นจากบีกเกอร์ขนาด 500 มล. และมีการติดตั้งบาฟเฟิล

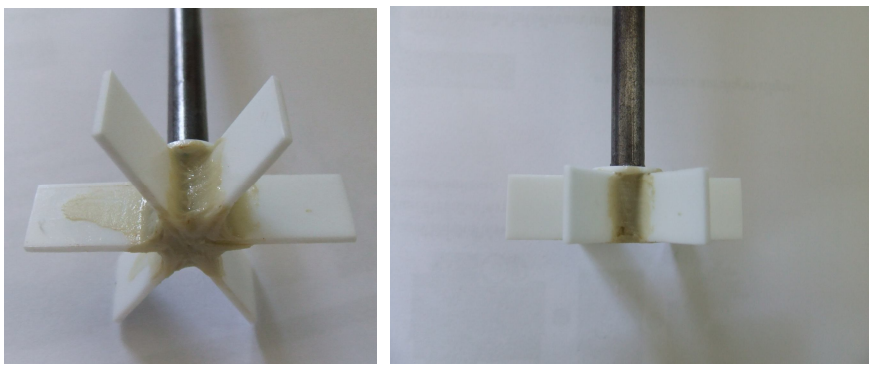
ในส่วนของใบพัดสำหรับการปั่นผสมนั้น มีชนิดของใบพัดหลายชนิดสำหรับงานกวนผสมของเหลวโดยสามารถแบ่งออกตามลักษณะการกวนผสมได้สามประเภทคือ[19][20]

- Axial flow เป็นใบกวนที่มีการไหลในแนวขนานกับแกนใบพัด เช่นประเภท Propeller หรือ Pitched blade turbine เป็นต้น เหมาะสำหรับการผสมของเหลวให้เข้ากันหรือการทำให้ของแข็งแขวนลอยอยู่ในของเหลว

- Radial flow เป็นใบกวนที่มีการไหลในแนวตั้งฉากกับแกนใบพัดเช่นประเภท Disk style turbine หรือ Flat blade impeller เป็นต้น เหมาะสำหรับการเฉือนของเหลวที่ไม่ผสมกันเป็นเนื้อเดียวให้มีขนาดเล็กลงหรือการลดขนาดของของแข็งเพื่อให้แขวนลอยอยู่ในของเหลว

- Tangential flow และ Mixed flow เป็นลักษณะการไหลของของเหลวที่หมุนรอบขอบถัง ทำให้สามารถถ่ายเทความร้อนหรือความเย็นกับภาชนะที่บรรจุได้ แต่ tangential flow ไม่ค่อยช่วยในการผสมของเหลวให้เข้ากัน ดังนั้นเราจึงใช้แผ่นกั้น (baffles) ในการเปลี่ยนทิศของเหลวให้ขึ้นลงในแนวดิ่ง ทำให้การผสมของเหลวให้เข้ากันกินเวลาน้อยลง เช่นใบพัดประเภท Anchor หรือ Helical Ribbon เป็นต้น

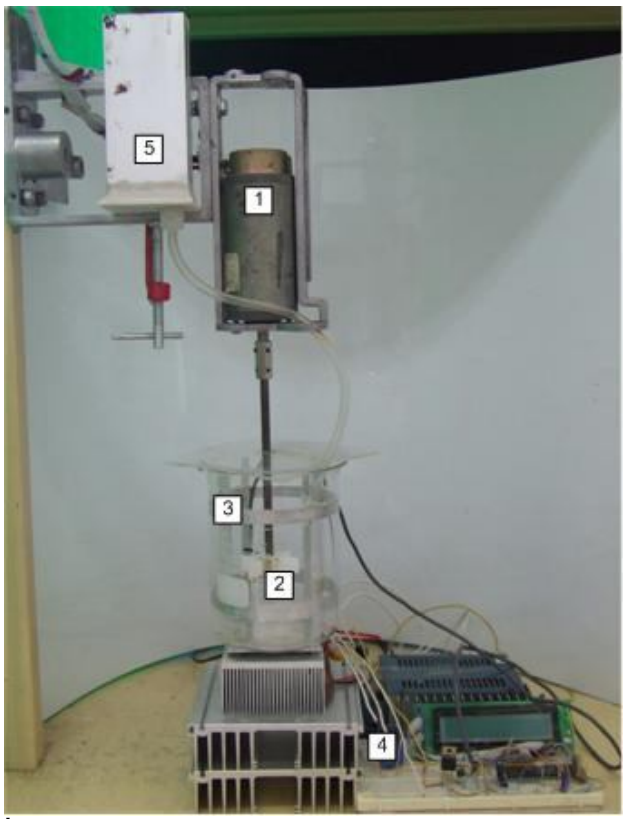
ในการออกแบบและสร้างแบบจำลองการสังเคราะห์ไบโอดีเซลได้ทดสองสร้างใบเพื่อใช้ในแบบจำลองสามแบบ คือแบบ Pitched blade turbine, Disk style turbine และ Flat blade impeller เนื่องจากเป็นใบพัดที่ใช้ได้ดีกับของเหลวที่มีความหนืดต่ำไปจนถึงของเหลวที่มีความหนืดสูง รวมทั้งสามารถสร้างได้ง่าย จากการทดลองพบว่าใบพัดแบบ Flat blade impeller ให้ผลดีที่สุดในการปั่นผสมในแบบจำลอง ดังแสดงในรูปแบบของใบพัดในรูปที่ 4.4



**รูปที่ 4.4** ใบพัดแบบ Flat blade impeller ที่ใช้ในแบบจำลอง

สำหรับรายละเอียดของใบพัดที่ทำการทดลองสร้างขึ้นเพื่อใช้ในแบบจำลองแสดงในภาคผนวก ข. รูปที่ 4.5 แสดงแบบจำลองการสังเคราะห์ไบโอดีเซลที่สร้างขึ้น ซึ่งประกอบไปส่วนต่างๆดังนี้คือ

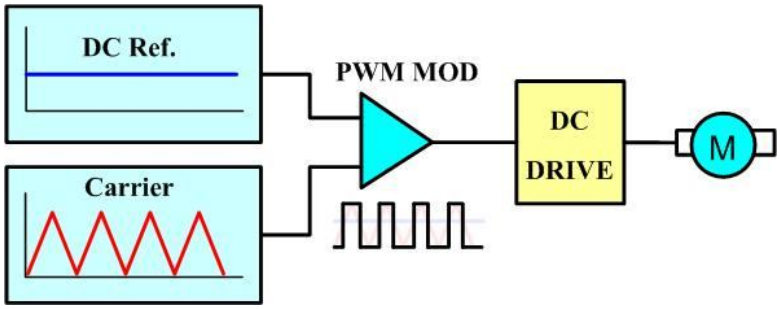
1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC motor)
2. ใบพัด (Impeller)
3. ถังผสม (Mixing tank)
4. ชุดปรับอุณหภูมิ (Temperature control)
5. ชุดป้อน เมทานอลและตัวเร่งปฏิกิริยา




**รูปที่ 4.5** ชุดจำลองการสังเคราะห์ไบโอดีเซลที่ใช้ในการทดลอง

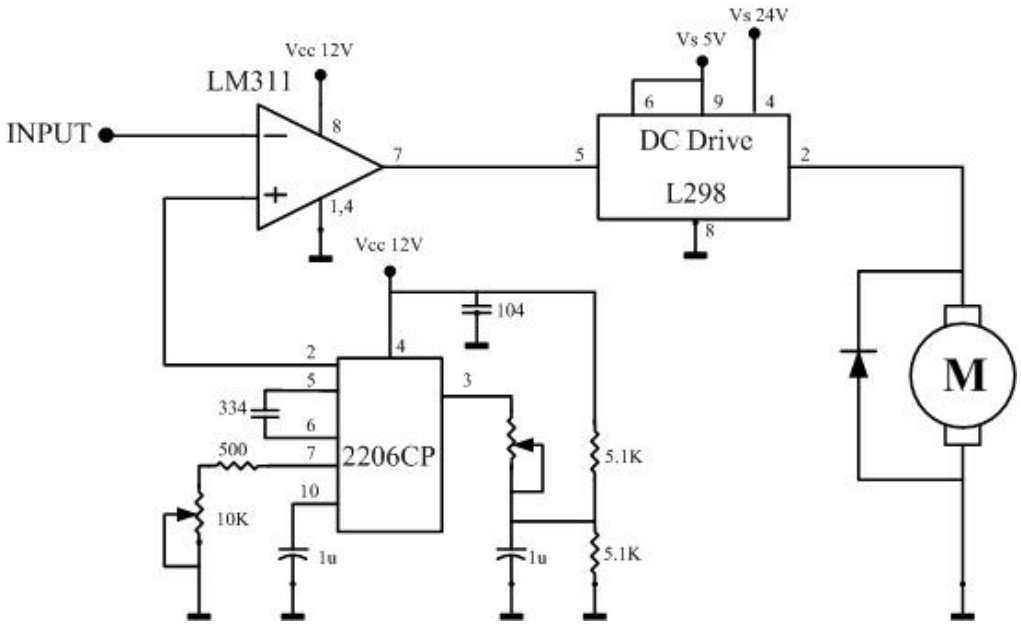
## 4.2 วงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

การควบคุมการหมุนของมอเตอร์ในแบบจำลองการสังเคราะห์ไบโอดีเซล ใช้การควบคุมด้วยสัญญาณอลวน และสัญญาณเปรียบเทียบแบบอื่นๆ ผ่านวงจรควบคุมแบบมอดูเลตความกว้างพัลซ์ รูปที่4.6 แสดงแผนภูมิการควบคุมมอเตอร์แบบ PWM




**รูปที่ 4.6** แผนภาพการควบคุมมอเตอร์แบบ PWM

จากรูปที่ 4.7 แสดงวงจรควบคุมมอเตอร์แบบ PWM ประกอบด้วยส่วนสร้างสัญญาณพาหะ (Carrier) แบบรูปคลื่นสามเหลี่ยม โดยใช้ ไอซี Monolithic Function Generator เบอร์ XR2206 ในการสร้างสัญญาณ ส่วนสัญญาณแรงดันไฟตรงอ้างอิง ( DC Reference ) ซึ่งใช้ในการควบคุมอัตราวัฏจักรหน้าที่(Duty cycle) นั้นจะใช้สำหรับการป้อนสัญญาณควบคุมแบบต่างๆ เพื่อควบคุมมอเตอร์ และทำการมอดูเลตด้วย IC Comparator เบอร์ LM311 และส่งสัญญาณควบคุมการทำงานแบบ PWM ผ่านวงจร DC Drive ด้วย IC LM298



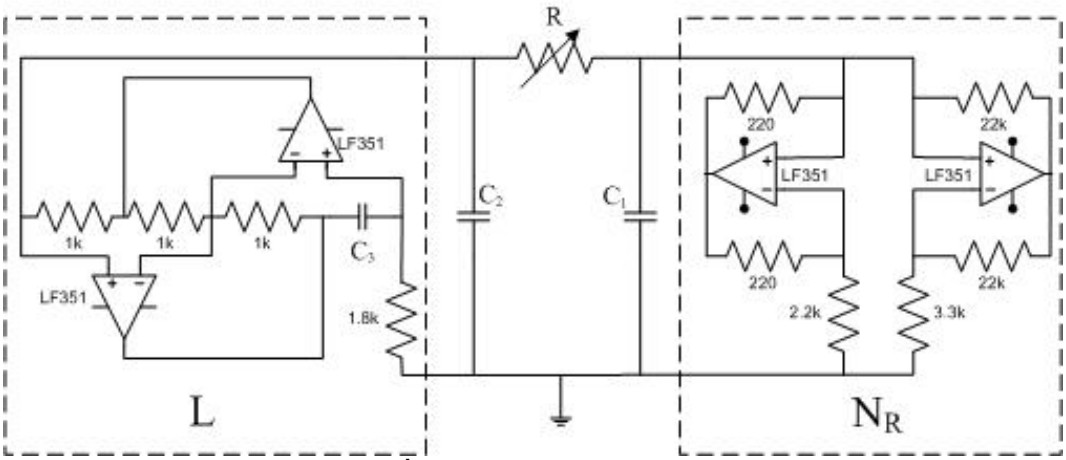

**รูปที่ 4.7** วงจรควบคุมมอเตอร์แบบ PWM ที่ใช้ในการทดลอง

## 4.3 วงจรสร้างสัญญาณควบคุม

สัญญาณควบคุมที่จะใช้สำหรับการทดลองนั้นประกอบไปด้วยสัญญาณไฟตรง สัญญาณอลวนแบบ Chua สัญญาณอลวนแบบลอจิสติก สัญญาณรูปคลื่นไซน์ และสัญญาณรบกวน(Noise) โดยวงจรที่จะสร้างสัญญาณควบคุมประกอบด้วยวงจร Chua และวงจรสร้างสัญญาณอลวนแบบลอจิสติก ส่วนสัญญาณรูปคลื่นไซน์และสัญญาณรบกวนแบบ Pink noise จะใช้สัญญาณจากฟังก์ชันเจ็นเนอเรเตอร์ (Function Generator) และ นอยส์เจ็นเนอเรเตอร์ (Noise Generator) ตามลำดับ

### 4.3.1 วงจร Chua

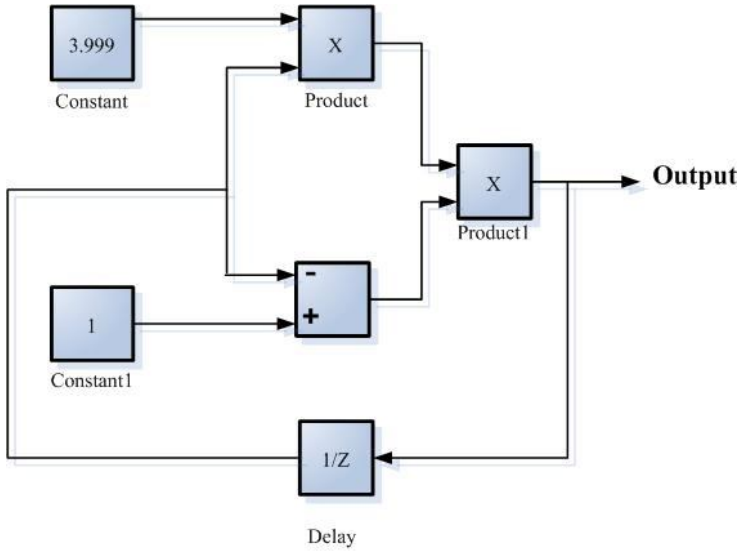
รูปที่ 4.8 แสดงวงจร Chua ที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งประกอบไปด้วยวงจรความต้านทานลบ และวงจรตัวเหนี่ยวนำเสมือน โดยใช้ออปแอมป์เบอร์ LF351 ในการสร้างวงจร




**รูปที่ 4.8** วงจร Chua ที่ใช้ในการทดลอง

### 4.3.2 วงจรสร้างสัญญาณ Logistic Map

สัญญาณอลวนแบบ Logistic Map เป็นสัญญาณอลวนแบบดิจิตอล สามารถแสดงแผนภาพการสร้างสัญญาณอลวนแบบลอจิสติกได้ดังรูปที่ 4.9 ซึ่งในการทดลองได้สร้างสัญญาณดังกล่าวด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC เบอร์ 16F876




**รูปที่ 4.9** แผนภาพการสร้างสัญญาณอลวนแบบลอจิสติก

## 4.4 วิธีการทดลอง

ในกระบวนการสังเคราะห์ไบโอดีเซลที่ทำการจำลองขึ้นใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำมันปาล์มโอเลอินสำหรับบริโภคกับเมทานอลเป็นสัดส่วน 4.5 ต่อ 1 โดยปริมาตรและใช้ โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา 0.7 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักน้ำมันปาล์ม ดังนั้นในแต่ละการทดลองจะใช้น้ำมันปาล์ม 416.6 มล. , เมทานอล 92.4 มล. และโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 2.9167 กรัม โดยทำปฏิกิริยาที่ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที จึงทิ้งไว้ให้เกิดการแยกชั้น 5 ชั่วโมง จึงนำไบโอดีเซลที่ได้ไปผ่านกระบวนการล้าง และทำให้แห้งเพื่อนำไปวัดความหนืดต่อไปโดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. เติมน้ำมันปาล์มที่ปรับอุณหภูมิเป็น 60 องศาเซลเซียสแล้วลงในแบบจำลองการสังเคราะห์ไบโอดีเซล
2. เปิดชุดควบคุมอุณหภูมิแบบจำลอง รอให้อุณหภูมิของน้ำมันคงที่ที่ 60 องศาเซลเซียส
3. ป้อนสัญญาณควบคุมตามที่กำหนดให้กับวงจรควบคุมมอเตอร์ มอเตอร์จะทำการปั่นผสมน้ำมันปาล์มตามลักษณะของสัญญาณควบคุมทันที
4. ผสมเมทานอลและโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ คนให้ละลายจนเข้ากันดี
5. เติมเมทานอลที่ผสมแล้วลงในชุดป้อนเมทานอลและเริ่มจับเวลาตามที่กำหนด
6. เมื่อครบตามเวลาที่ต้องการ ทำการหยุดการปั่นผสม และนำของผสมที่ได้ใส่ในภาชนะเพื่อรอการแยกชั้นของไบโอดีเซลและกลีเซอรีนเป็นเวลา 5 ชั่วโมง
7. หลังจากครบ 5 ชั่วโมงนำไบโอดีเซลที่ได้ มาล้างด้วยน้ำอุ่นอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสสองครั้ง และน้ำเย็นสองครั้ง

8. นำไบโอดีเซลที่ผ่านการล้างแล้วมาทำให้แห้งด้วยการต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เพื่อระเหยน้ำและเมทานอลที่ตกค้างอยู่
9. นำไบโอดีเซลที่ได้จากการทดลองไปวัดความหนืดต่อไป

สำหรับรายละเอียดและขั้นตอนการทำการทดลองแสดงในภาคผนวก ค.

## 4.5 การวัดผล

การวัดคุณสมบัติของไบโอดีเซลมีหลายวิธีขึ้นอยู่กับคุณสมบัติที่ต้องการวัด [8] ในงานวิจัยนี้ทำการวัดความหนืดที่ 40 องศาเซลเซียส เพื่อวัดผลของการเกิดปฏิกิริยาจากการปั่นผสมด้วยสัญญาณควบคุมแบบต่างๆในแบบจำลองกระบวนการสังเคราะห์ไบโอดีเซล โดยใช้เครื่องวัดความหนืดแบบ Saybolt ยี่ห้อ KOEHLER รุ่น K21590 ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.10 ทำการจับเวลาการไหลผ่านเครื่องวัดที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ในหน่วยวินาที เพื่อนำไปคำนวณค่าความหนืดในหน่วยเซ็นติสโตรคโดยอาศัยสมการที่ 4.1 และ 4.2 คือ [6]

เมื่อ $32 > t > 100$ $\text{Viscosity(cSt.)} = (0.00226t - (1.95/t))\times 100$ (4.1)

เมื่อ $t > 100$ $\text{Viscosity(cSt.)} = (0.00220t - (1.35/t))\times 100$ (4.2)

โดย t คือ เวลามีหน่วยเป็นวินาที

**รูปที่ 4.10** เครื่องวัดความหนืดแบบ Saybolt ยี่ห้อ KOEHLER รุ่น K21590

สำหรับรายละเอียดการใช้งานเครื่องวัดความหนืดแบบ Saybolt แสดงในภาคผนวก ง. อนึ่งวิธีการทดลองในบทนี้จะนำไปใช้ทดลองจริงในบทถัดไป