

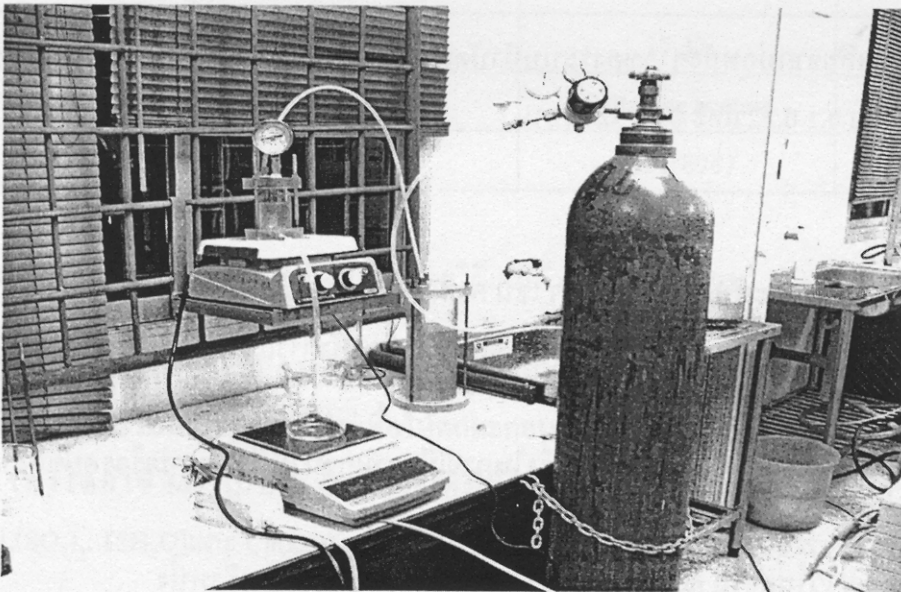
## บทที่ 2

## อุปกรณ์การทดลองและวิธีการการทดลอง

## 2.1 อุปกรณ์การทดลอง สารเคมี สารป้อน และวัสดุการทดลอง

## 2.1.1 อุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดกรองแบบ dead end ดังแสดงในรูปที่ 2.1
2. UV-Visible Spectrophotometer รุ่น UV-120-01 ยี่ห้อ Shimadzu ประเทศที่ผลิต Japan
3. เครื่องชั่ง
  - เครื่องชั่งแบบละเอียด 0.01 กรัม รุ่น PG5002-5 ยี่ห้อ METTLER TOLEDO ประเทศที่ผลิต Switzerland
  - เครื่องชั่งแบบละเอียด 0.001 กรัม รุ่น GT410 ยี่ห้อ OHAUS ประเทศที่ผลิต USA
4. pH meter รุ่น RL150 ยี่ห้อ Russell ประเทศที่ผลิต USA
5. ตู้อบ ยี่ห้อ memmert ประเทศที่ผลิต Germany
6. Incubator ควบคุมอุณหภูมิที่ 20 °C รุ่น 2020 ยี่ห้อ SHEL-LAB ประเทศที่ผลิต
7. ถังพลาสติกความจุ 40 L ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 นิ้ว
8. ท่อบรรจุก๊าซ N<sub>2</sub>



รูปที่ 2.1 ชุดกรองแบบ dead end

### 2.1.2 สารเคมี

- 1 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ COD เป็นสารเคมีระดับ AR grade
- 2 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์สี เป็นสารเคมีระดับ AR grade

### 2.1.3 เครื่องแก้วและสารป้อน

1. น้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม
  - บ. เอเชียนน้ำมันปาล์ม จำกัด
  - บ. สยามปาล์มน้ำมันและสวนปาล์ม จำกัด
- 2 เครื่องแก้วที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่า COD สี SS

## 2.2 วิธีการทดลอง

การทดลองแบ่งเป็น 2 ส่วน โดยส่วนแรกเป็นการศึกษาการใช้เมมเบรนระดับไมโครฟิลเตรชันเมมเบรน (MF) ในการกรอง โดยในส่วนนี้จะมีการศึกษาการใช้ MF กับกรณีที่มีการบำบัดขั้นต้นก่อนหน้าการกรอง ส่วนการทดลองส่วนที่ 2 เป็นการกรอง โดยการใช้เมมเบรนที่มีขนาดเล็กในระดับอัลตราฟิลเตรชันเมมเบรน (UF) เมมเบรนที่ใช้ในขั้นตอนหลังนี้ประกอบด้วยเมมเบรน 3 ชนิด คือที่มีขายในท้องตลาด และเมมเบรนที่สังเคราะห์จากวัสดุสังเคราะห์ และสังเคราะห์จากสารเคมีในห้องปฏิบัติการ

### 2.2.1 การกรองระดับไมโครฟิลเตรชัน (MF) เมมเบรน

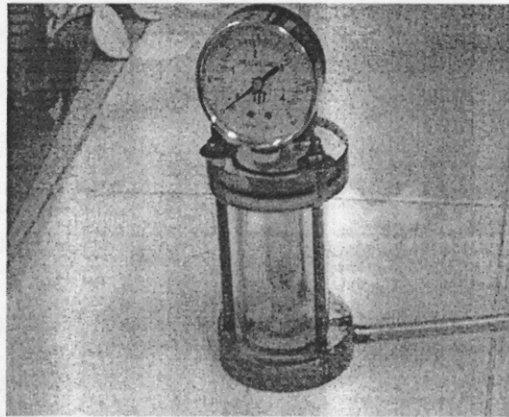
#### 2.2.1.1 การกรองน้ำเสียด้วย MF เมมเบรน

การทดลองนี้ใช้น้ำเสียจากบ่อหลังๆ ของระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และเมมเบรนที่ใช้เป็น MF ที่มีขนาดรูพรุน 0.1 0.22 และ 0.45 ไมครอน

#### ขั้นตอนการทดลอง

1. นำน้ำทิ้งมาทำการวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ เช่น ค่าสี, pH, COD และค่า SS
2. เตรียมชั้นเมมเบรนที่มีคุณสมบัติดังแสดงในตารางที่ 2.1 โดยทำการแช่ในน้ำกลั่น และจัดใส่ใน stirred cell
3. นำ stirred cell ไปวางบน magnetic stirrer ซึ่งในกรณีมีความกวนให้ปรับความเร็วรอบของ magnetic stirrer ให้ได้ 400 rpm
4. เติมน้ำทิ้งที่เตรียมไว้ใส่ลงใน pressurized sample reser voir ประมาณครึ่งหนึ่ง
5. ปรับความดันจนกระทั่งได้ค่าที่ต้องการ
6. เก็บน้ำทิ้งที่ผ่านการกรองไว้ในบีกเกอร์ที่วางอยู่บนเครื่องชั่ง
7. บันทึกค่าน้ำหนักของน้ำทิ้งที่ผ่านการกรองที่เวลาต่างๆ
8. นำค่าน้ำหนักที่ได้ที่เวลาต่าง ๆ มาคำนวณหาค่าฟลักซ์

9. นำน้ำทิ้งที่ผ่านเมมเบรนมาทำการวิเคราะห์คุณสมบัติอีกครั้งเพื่อใช้มาทำการเปรียบเทียบ



รูปที่ 2.2 Pressured receiver

คุณสมบัติของเมมเบรน เมมเบรนที่ใช้มีคุณสมบัติแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 MF เมมเบรน ที่ใช้ในการทดลองมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

Membrane Charge	Negative		
Pore Size, micron	0.1	0.2	0.45
Membrane area, Cm <sup>2</sup>	18.02	17.32	17.89
Polymer	Cellulose nitrate	Cellulose acetate	Cellulose acetate
Water flux (l/m <sup>2</sup> hr)	7401-8987	7401-8987	7401-8987

#### 2.2.1.2 การกรองน้ำเสียหลังการบำบัดขั้นต้นโดยวิธีเคมีด้วย MF เมมเบรน

การทดลองในส่วนนี้เป็นการใช้สารเคมีช่วยในการตกตะกอนเพื่อทำให้อนุภาคคอลลอยด์ที่เป็นสาเหตุของการเกิดสีในน้ำทิ้ง รวมกันเป็นกลุ่มใหญ่เพื่อให้ตกตะกอนชั้นหนึ่งก่อน แล้วจึงนำส่วนที่เป็นน้ำที่มีตะกอนเล็กๆ มาทำการกรองโดยใช้ MF เมมเบรน สารเคมีที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย สารส้ม [Aluminium Sulfate; Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> · 18H<sub>2</sub>O] และ Ca(OH)<sub>2</sub> เมมเบรนที่ใช้ มีคุณสมบัติดังแสดงในตาราง 2.2

ตารางที่ 2.2 MF เมมเบรน ที่ใช้ในการทดลองประกอบกับการบำบัดขั้นต้น มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

Membrane Charge	Negative
Manufacturer	Millipore
Pore Size, micron	0.45
Membrane area, (m <sup>2</sup> )	0.00174
Polymer	Cellulose nitrate
Water flux (l/m <sup>2</sup> hr)	52000

1. ศึกษาผลของการตกตะกอนด้วยสารส้ม [Aluminium Sulfate;  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ] แบ่งการศึกษาเป็นการศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของน้ำเสียที่มีต่อกระบวนการกรองรวมตะกอน และการกรองตะกอนที่ตกค้างด้วยไมโครฟิลเตรชันเมมเบรน กับส่วนที่สอง เป็นการศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของสารกรองรวมตะกอน

### 1.1 ผลของความเข้มข้นน้ำเสีย

วิธีการทดลองเพื่อศึกษาผลของการกำจัดสีน้ำทิ้ง โดยการเจือจางน้ำทิ้งก่อนตกตะกอนด้วยสารส้ม แล้วผ่านกระบวนการกรองด้วย membrane

1. ชั่งสารส้มปริมาณ 100 g แล้วเทลงในบีกเกอร์ ที่บรรจุน้ำกลั่นปริมาณ 1 ลิตร คนให้สารส้มละลาย
2. นำตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำมันปาล์ม วัดค่า absorbance (ตัวอย่างน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองส่วนนี้จะ เป็นตัวอย่างที่มีค่าสีสูงกว่าในกรณีที่เป็นกรองโดยตรงด้วย MF อย่างเดียว)
3. เจือจางน้ำทิ้งจาก โรงงานน้ำมันปาล์ม ที่ความเข้มข้นน้ำทิ้ง 20%, 40%, 60%, 80% และ 100%
4. นำสารละลายสารส้ม (ความเข้มข้น 100 g/l) ปริมาณ 2 ml เติมลงในบีกเกอร์ บรรจุน้ำทิ้งที่ผ่านการเจือจางปริมาณ 500 ml
5. นำสารที่เตรียมไว้ไป กวนเร็ว (stirred) เป็นเวลา 5 นาที
6. ทิ้งไว้ให้ตกตะกอน 30 นาที
7. วัดค่า absorbance น้ำทิ้งหลังจากผ่านการตกตะกอน คำนวณหาค่าสี
8. นำสารละลายส่วนบนที่มีลักษณะใส มาผ่านกระบวนการกรองด้วย membrane ขนาด 0.45  $\mu m$ . ใช้ความดัน 100 และ 200 kPa
9. วัดค่า flux ที่ เวลา ที่เวลาต่าง ๆ นำไป plot graph
10. วัดค่า absorbance ของน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการกรองด้วย membrane คำนวณหาค่าสีจาก calibration curve เพื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดสีก่อน และหลังการตกตะกอนด้วย membrane

### 1.2 ผลของความเข้มข้นสารส้ม [Aluminium Sulfate; $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ]

วิธีการทดลองเพื่อศึกษาผลของการกำจัดสีน้ำเสียที่ไม่เจือจางโดยการตกตะกอนด้วยสารส้มที่ความเข้มข้นต่างๆ ก่อนผ่านกระบวนการกรองด้วย membrane

1. ชั่งสารส้มปริมาณ 100 g แล้วเทลงในบีกเกอร์ ที่บรรจุน้ำกลั่นปริมาณ 1 ลิตร คนให้สารส้มละลาย

2. นำตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำมันปาล์ม วัดค่า absorbance
3. นำสารละลายสารส้ม (ความเข้มข้น 100 g/l) ปริมาณ 1, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2.0, 3.0 และ 4.0
4. นำสารที่เตรียมไว้ไป กวนเร็ว (Stirred) เป็นเวลา 5 นาที
5. ทิ้งไว้ให้ตกตะกอน 30 นาที
6. วัดค่า absorbance น้ำทิ้งหลังจากผ่านการตกตะกอน คำนวณหาค่าสี
7. นำสารละลายส่วนบนที่มีลักษณะใส มาผ่านกระบวนการกรองด้วย membrane ขนาด 0.45  $\mu\text{m}$ . ใช้ความดัน 200 kPa
8. วัดค่า flux ที่ เวลา ที่เวลาต่าง ๆ นำไป plot graph
9. วัดค่า absorbance ของน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการกรองด้วย membrane
10. คำนวณหาค่าสีจาก calibration curve เพื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดสี ก่อนและหลังการตกตะกอนด้วย membrane

## 2. ศึกษาผลของการใช้ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ เป็นสารก่อรวมตะกอน

### 2.1 ผลของความเข้มข้น $\text{Ca}(\text{OH})_2$ และ ความดัน

วิธีการทดลองเพื่อศึกษาผลของการกำจัดสีน้ำทิ้งโดยการเติม ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) ที่ความเข้มข้นต่างๆ เพื่อให้มีการก่อ และรวมตะกอนคอลลอยด์ให้มีขนาดใหญ่มากพอที่จะตกจมได้เอง แล้วจึงนำน้ำไปผ่านกระบวนการกรองด้วย membrane เพื่อกรองแยกคอลลอยด์ที่มีขนาดเล็กที่ยังตกค้างอยู่

1. ทำการวัดค่า pH และค่า absorbance ของน้ำทิ้งบ่อสุดท้ายที่ใช้เป็นตัวอย่างน้ำเริ่มต้น หาค่าสี จาก calibration curve
2. เติมน้ำทิ้งบ่อสุดท้ายลงในบีกเกอร์ บีกเกอร์ละ 1000 ml
3. เติมสาร  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ปริมาณ 2 g ในบีกเกอร์น้ำทิ้ง stirred เป็นเวลา 5 นาที
4. ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนเป็นเวลา 30 นาที
5. วัดค่า pH และค่า absorbance คำนวณหาค่าสี เปรียบเทียบ การกำจัดสี ก่อน และหลังการตกตะกอน
6. นำสารละลายใสส่วนบนที่ผ่านการตกตะกอนเป็นเวลา 30 นาที มาผ่านกระบวนการกรองด้วย membrane ขนาด 0.45  $\mu\text{m}$ . ความดัน 50, 100 และ 200 kPa
7. วัดค่า flux, pH และ absorbance ของสารละลายที่ผ่านการกรอง
8. คำนวณหาค่าสีเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการกำจัดสี ก่อนและหลังการกรองด้วย membrane
9. ทดสอบที่ปริมาณ  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ที่ 3g, 4g, 10g และ 30g ตามข้อ 3- 8
10. เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสีที่ปริมาณความเข้มข้นต่าง ๆ

### 2.2.1.3 การกรองน้ำเสียหลังการบำบัดขั้นต้นโดยวิธี เคมี- กายภาพ ด้วย MF เมมเบรน

1.การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ เป็นการศึกษาค้นคว้าของขนาดถ่านกัมมันต์ และความดันที่ใช้ในระหว่างขั้นตอนการกรองด้วยไมโครฟิลเตรชันเมมเบรน

1. นำตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำมันปาล์ม วัดค่า absorbance

3. ทำการคูดซับสีด้วยถ่านกัมมันต์ โดยในขั้นตอนนี้ใช้วิธีการคูดซับแบบเบคนิ่งตามวิธี จินคณา แก้วบริสุทธิ์ (2541)
4. นำน้ำที่ผ่านการคูดซับสีขั้นตอนหนึ่งแล้วในข้อ3 มาผ่านกระบวนการกรองด้วย membrane ขนาด 0.45  $\mu\text{m}$ . ใช้ความดัน 100 200 และ 300 kPa
5. วัดค่า flux ที่ เวลา ที่เวลาต่าง ๆ นำไป plot graph
6. วัดค่า absorbance ของน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการกรองด้วย membrane
7. อ่านค่าสีจาก calibration curve เพื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดสี ที่สภาวะต่างๆ

## 2.2.2 การกรองระดับอัลตราฟิเดรชัน (UF) เมมเบรน

### 2.2.2.1 การกรองโดย (UF) เมมเบรนเชิงการค้า

1. นำน้ำเสียจากโรงงานน้ำมันปาล์ม (บ่อสุดท้าย) มาทำการ Pre-treatment ด้วยการกรองผ่านกระดาษกรอง GF/C เพื่อค่า SS ให้ต่ำกว่า 50 mg/l
2. ตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำเสียที่ผ่านการ Pre-treatment ได้แก่ค่า SS, COD, ค่าสี
3. เลือกชนิดของ Membrane (membrane ชนิด PVDF โดยมีขนาด Pore Size = 0.22 micron และ Polysulfone ขนาด 50000 MW.CO. และ 100000 MW.CO.

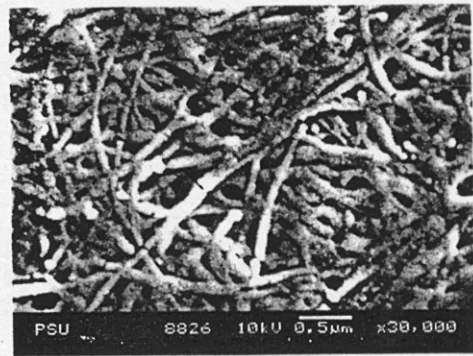
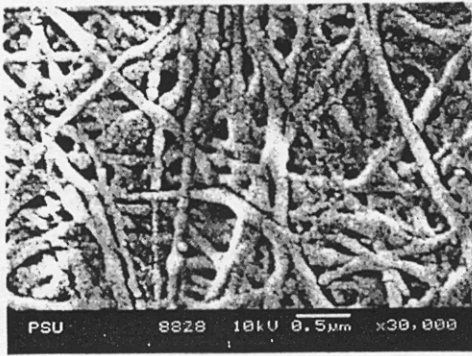
ตารางที่ 2.3 เมมเบรน pore size ต่าง ๆ

ชนิดของเมมเบรน	ขนาด pore size
PVDF	0.22 micron
Polysulfone	100000 MW.CO.
Polysulfone	50000 MW.CO.

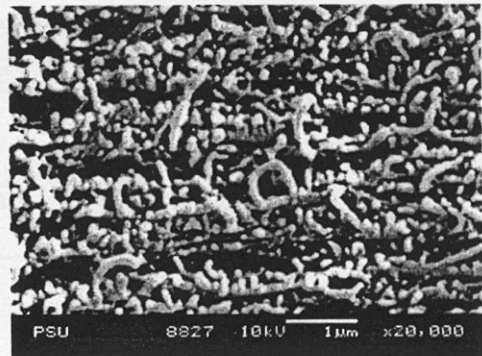
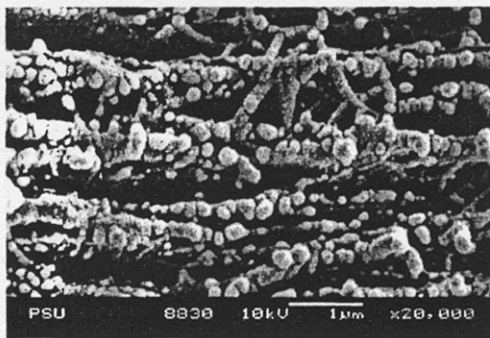
5. ติดตั้งอุปกรณ์การกรองด้วย Membrane
6. ทำการทดลอง โดยการกรองผ่าน Membrane ที่ความดัน 340, 680 kPa ตามลำดับพร้อมทั้งทำการวัดค่า Flux ของน้ำกลั่นก่อนทำการกรองน้ำเสียแต่ละความดัน
7. บันทึกผล
8. วิเคราะห์ค่า COD, SS และค่าสีของน้ำเสียที่ได้จากการทดลอง

### 2.2.2.2 การกรองโดยเมมเบรนเซลลูโลสในเตรท สังกะระห์จากวันน้ำสัประด

เมมเบรนที่ใช้สังเคราะห์โดย บ. บ้านยาเกษตรกร อ.เมือง จ.พัทลุง โดยเป็นผลพลอยได้ที่ได้จากการทำแห้งแผ่นวัสดุปิดแผล เซลลูโลส ที่ใช้น้ำสัประดเป็นแหล่งเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ ลักษณะของเมมเบรนชนิดนี้มีลักษณะเป็นเส้นใยของเซลลูโลสที่มีการเพิ่มปริมาณในการเพาะเลี้ยงในวันน้ำสัประดที่มีการจัดรูปแบบคล้ายร่างแห โดยมีจำนวนชั้นร่างแหขึ้นกับความหนาของชั้นวันที่ทำแห้ง ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ที่ได้จากการทำ SEM ของเมมเบรนชนิดนี้



รูปด้านบน



รูปตัดด้านข้าง

a)

b)

รูปที่ 2.3 ภาพถ่าย SEM ของเมมเบรนเซลลูโลส ความหนาขณะเปียก a) 4 mm และ b) 8mm.

#### วิธีการทดลอง

1. นำน้ำเสียจากโรงงานน้ำมันปาล์ม (บ่อสุดท้าย) มาทำการ Pre-treatment ด้วยการกรองผ่านกระดาษกรอง GF/C เพื่อค่า SS ให้ต่ำกว่า 50 mg/l
2. ตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำเสียที่ผ่านการ Pre-treatment ได้แก่ค่า SS, COD, ค่าสี
3. ติดตั้งอุปกรณ์การกรองด้วย Membrane
4. ทำการทดลอง โดยการกรองผ่าน Membrane ที่ความดัน 340, 680, 1020 kPa โดยทำการทดลอง 3 ชุด สลับค่าความดันทั้ง 3 ค่า คือ 340, 680, 1020 kPa 1020, 340, 680 kPa และ 680, 1020, 340 kPa พร้อมทั้งทำการวัดค่า Flux ของน้ำกลั่นก่อนทำการกรองน้ำเสียแต่ละความดัน
5. บันทึกผล
6. วิเคราะห์ค่า COD, SS และค่าสีของน้ำเสียที่ได้จากการทดลอง

### 2.2.2.3 การกรองโดยเมมเบรนเซลลูโลสอะซิเตทที่ สังเคราะห์จากห้องปฏิบัติการ

#### วิธีการทดลอง

1. นำน้ำเสียจากโรงงานน้ำมันปาล์ม (บ่อสุดท้าย) มาทำการ Pre-treatment ด้วยการกรองผ่านกระดาษกรอง GF/C เพื่อค่า SS ให้ต่ำกว่า 50 mg/l
2. ตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำเสียที่ผ่านการ Pre-treatment ได้แก่ค่า SS, COD, ค่าสี
3. ติดตั้งอุปกรณ์การกรองด้วย Membrane
4. ทำการทดลอง โดยการกรองผ่าน Membrane ที่ความดัน 340, 680, 1020 kPa ตามลำดับพร้อมทั้งทำการวัดค่า Flux ของน้ำกลั่นก่อนทำการกรองน้ำเสียแต่ละความดัน
5. บันทึกผล
6. วิเคราะห์ค่า COD, SS และค่าสีของน้ำเสียที่ได้จากการทดลอง