

## บทที่ 2

### วิธีการวิจัย

#### 2.1 วิธีดำเนินการวิจัย

##### 2.1.1 การศึกษาลักษณะน้ำเสียของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) การเก็บตัวอย่างน้ำ ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากโรงงานน้ำมันพืชบริษัทจำกัด ในบ่อที่ 1 ของโรงงาน (ภาพประกอบที่ 8) เพื่อนำมาวิเคราะห์หาลักษณะน้ำเสียพื้นฐานที่ทำการศึกษาคือ Temperature, pH, Alkalinity, Volatile Fatty Acids, Color, TCOD, SCOD, BOD<sub>5</sub>, SS, TKN, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, TP และ Oil and Grease

2) วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ เลือกวิธีการเก็บตัวอย่างน้ำแบบการจ้วง (Grab Sampling) และน้ำเสียที่ทำการเก็บตัวอย่างจะวิเคราะห์พารามิเตอร์ pH และ Temperature ที่จุดเก็บตัวอย่าง ส่วนพารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการจะใช้วิธีตาม Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20<sup>th</sup> Edition (APHA, AWWA and WEF, 1998)

3) วิเคราะห์คุณภาพของน้ำเสียทางเคมีโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ แสดงดังตารางที่ 9

##### 2.1.2 การเริ่มต้นระบบ (Start-up)

ในการทดลองนี้ได้ทำการเริ่มต้นระบบโดยการเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ (Seed) ที่นำมาจากระบบบำบัดแบบไร้อากาศของโรงงานอุตสาหกรรมอาหารทะเลในพื้นที่ ในรูปของ MLSS ซึ่งเติมในแต่ละถังปฏิบัติการเท่ากับ 18,000 มก./ล. แล้วเติมน้ำสะอาดเข้าระบบจนได้ปริมาตร (Working Volume) 5 ลิตร หลังจากเติมเชื้อตั้งต้นแล้ว จึงเติมน้ำเสียเข้าระบบด้วยภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (OLR) ที่ต่ำก่อน (OLR 0.23 กก./ลบ.ม./วัน) เพื่อไม่ให้เกิด Shock Load ต่อจุลินทรีย์ที่อยู่ในระบบ และเพื่อให้หัวเชื้อจุลินทรีย์คุ้นเคยกับน้ำเสียใหม่ จนกว่าระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว (Stable Condition) และเริ่มเปลี่ยนการทดลองที่ OLR ในชุดการทดลองต่างๆ

##### 2.1.3 สภาพะการการทดลองที่ศึกษา

###### 2.1.3.1 สภาพะการทำงานของระบบทั้ง 2 ชุดการทดลอง

การทดลองครั้งนี้มีทั้งหมด 2 ชุดการทดลอง เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการบำบัดสารอินทรีย์ของระบบ ASBR แบบขั้นตอนเดียวและแบบสองขั้นตอน โดยกำหนดสภาพะการทำงานในช่วง Thermophilic (ThASBR) และ Mesophilic (MeASBR) และมีการเดินระบบพร้อมกัน ซึ่งกำหนดให้ 1 วัฏจักรของการทดลองเท่ากับ 6 ชั่วโมงทุกการทดลอง มีรายละเอียดดังตารางที่ 10

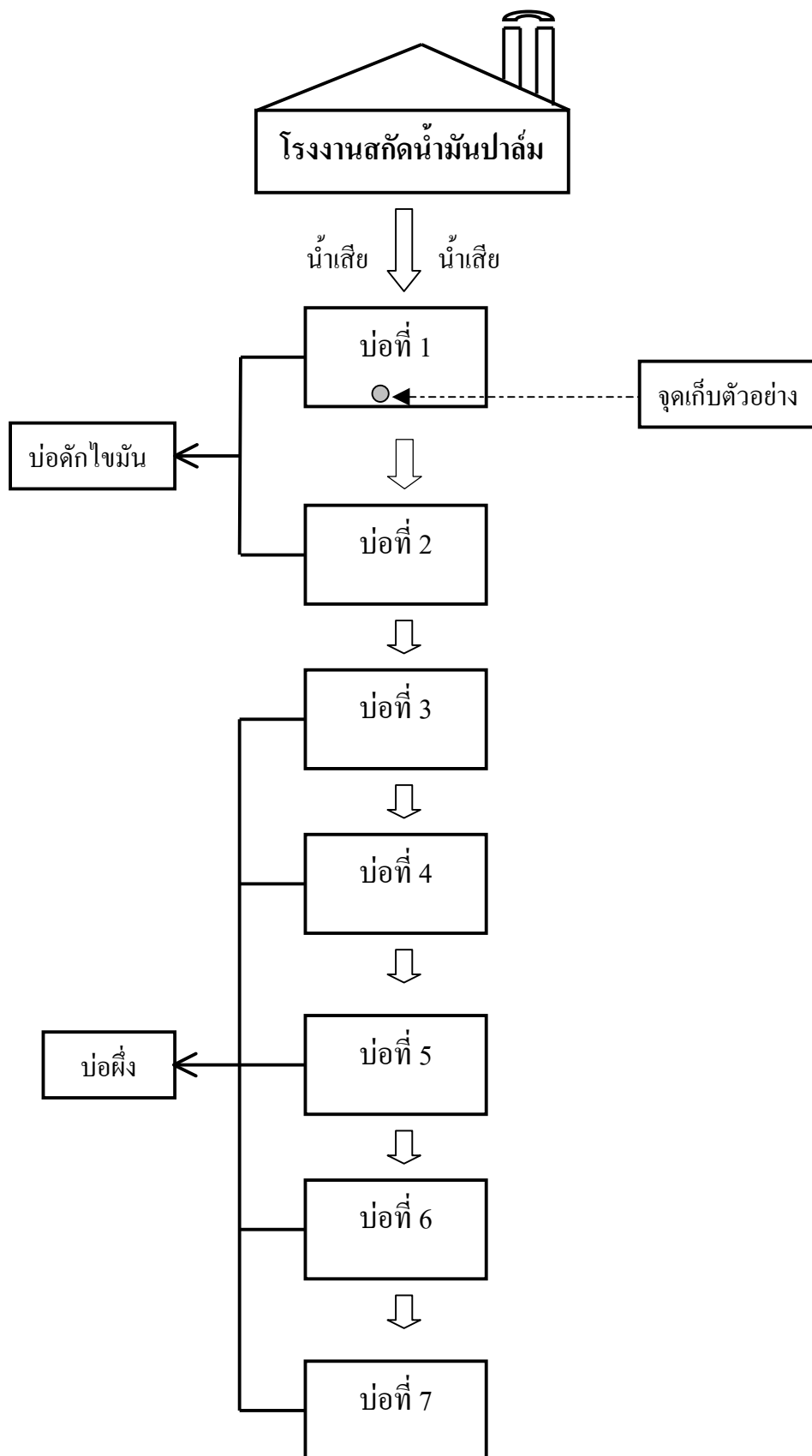
ตารางที่ 9 วิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียทางเคมี

Parameters	Method
Temperature	Thermometer
pH	pH meter
Alkalinity	Direct Titration Method
Volatile Fatty Acids	Direct Titration Method
*Color	Space Unit Method
BOD <sub>5</sub>	5-Day BOD Test
TCOD	Close reflux, Titrimetric Method
SCOD	Filter/Close reflux, Titrimetric Method
TKN	Macro-Kjeldahl Method
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	Titrimetric Method
Total Phosphorus	Persulfate Digestion, Vanadomolybdophosphoric Acid
Oil and Grease	Soxhlet Extraction Method
SS	Gravimetric Method
MLSS	Gravimetric Method
MLVSS	Gravimetric Method

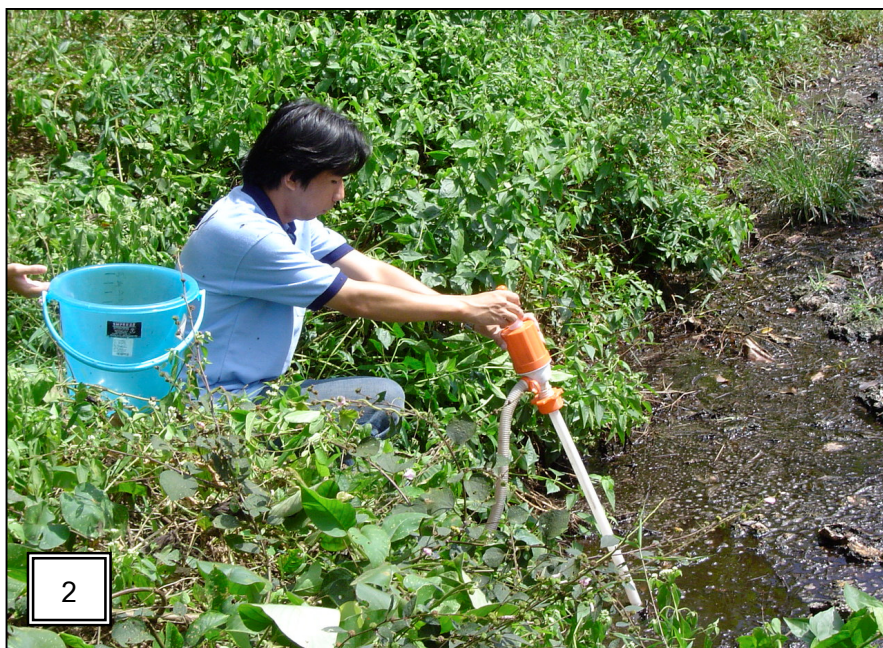
ที่มา : APHA, AWWA and WEF (1998) ; \* มั่นสิน ตันจุลเวศม์ (2540)

ตารางที่ 10 วัฏจักรการทดลองของระบบ ASBR แบบขึ้นตอนเดียวและแบบสองขั้นตอน

ช่วงเวลา	ระยะเวลา			หมายเหตุ
	ชั่วโมง	นาที	วินาที	
เติมน้ำเสีย (Feed)	00	00	20-140	เวลาการ Feed ขึ้นกับ OLR ของชุดการทดลองต่างๆ
ทำปฏิกิริยา (React)	5	58	0-120	โดยจะมีการกวนให้กับระบบทุกๆ 30 นาที
ตกตะกอน (Settle)	00	30	00	หลังจากที่มีการกวนให้กับระบบ
ปล่อยน้ำทิ้ง (Decant)	00	00	20-140	เวลาการ Decant ขึ้นกับ OLR ของชุดการทดลองต่างๆ



ภาพประกอบ 8 จุดเก็บตัวอย่างและฝังลำดับการบำบัดน้ำเสียของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่ศึกษา



ภาพประกอบ 9 ลักษณะของบ่อดักไขมันบ่อที่ 1 ของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม (1) และจุดที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง (2)

### 2.1.3.2 ลักษณะการทำงานของระบบทั้ง 2 ชุดการทดลอง

ในการทดลองนี้ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ระยะ คือการทดลองระยะที่ 1 เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการบำบัดสารอินทรีย์จากน้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มโดยระบบ ASBR แบบขั้นตอนเดียว การทดลองดำเนินการภายใต้ค่าระยะเวลาเก็บกัก (HRT) และอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (OLR) ดังแสดงตารางที่ 11 ในรูปแบบของถังปฏิกริยา ThASBR และ MeASBR ทดลอง และการทดลองระยะที่ 2 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบ ASBR ทั้ง 2 ถังปฏิกริยาเมื่อมาต่อกันเป็นระบบ ASBR สองขั้นตอนแบบ Thermo-Meso ซึ่งมีถังปฏิกริยาแรกเป็น ThASBR และถังปฏิกริยาที่สองเป็น MeASBR โดยถังปฏิกริยา ThASBR ทดลองภายใต้ HRT ที่แตกต่างกัน แต่ถังปฏิกริยา MeASBR ทดลองภายใต้ HRT คงที่เท่ากับ 2 วัน ตลอดการทดลอง จากนั้นในช่วงท้ายของการทดลอง ได้ปรับลดอุณหภูมิของถังปฏิกริยา ThASBR จาก 55 องศาเซลเซียส เป็น 35 องศาเซลเซียส ทำให้ระบบเป็นแบบ Meso-Meso และเดินระบบที่ OLR รวมเท่ากับ 3.50 กก./ลบม./วัน ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 11 ลักษณะการทำงานของระบบ ASBR แบบขั้นตอนเดียวของถังปฏิกริยา Thermophilic และถังปฏิกริยา Mesophilic

ช่วงที่	OLR (kgCOD/ m <sup>3</sup> .d)	Q (L/d)	HRT (d)
Start-up	0.23	0.32	15.6
1	0.50	0.69	7.2
2	1.00	0.50	10.0
3	2.00	1.00	5.0
4	3.50	1.75	2.9
5	5.00	2.50	2.0

หมายเหตุ : เมื่อ TCOD น้ำเสียเข้าระบบในช่วง Start-up และ ระยะที่ 1 มีค่าเท่ากับ 3,600 มก./ล. ส่วนระยะที่ 2-5 มีค่าเท่ากับ 9,996 มก./ล.

ตารางที่ 12 ลักษณะการทำงานของระบบ ASBR แบบสองขั้นตอนของถังปฏิกริยา Thermophilic และถังปฏิกริยา Mesophilic

ช่วงที่	Thermophilic ASBR			Mesophilic ASBR			HRT รวม $HRT_{ThASBR} + HRT_{MeASBR}$ (d)	OLR รวม ( $TCOD_{เข้า} / HRT_{รวม}$ ) ( $kg / m^3 \cdot d$ )
	Q (L/d)	HRT (d)	OLR ( $kg / m^3 \cdot d$ )	Q (L/d)	HRT (d)	OLR ( $kg / m^3 \cdot d$ )		
6	2.50	2.00	5.0	2.5	2.00	*	4.00	2.50
7	3.75	1.33	7.5	2.5	2.00	*	3.33	3.00
8**	6.02	0.83	12.0	2.5	2.00	*	2.83	3.50

หมายเหตุ : 1. เมื่อ TCOD ของน้ำเสียที่เข้าระบบที่ถังปฏิกริยา Thermophilic มีค่าเท่ากับ 9,996 มก./ล.

2. \* OLR เข้าถังปฏิกริยา Mesophilic ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพการบำบัดของถังปฏิกริยา Thermophilic

3. \*\* หลังจากทำการทดลองระยะที่ 8 สิ้นสุดแล้ว จากนั้นได้ปรับเปลี่ยนระบบ ASBR ให้เป็นถังปฏิกริยา Mesophilic ทั้ง 2 ถังเชื่อมต่อด้วยกันแล้วทดลองเดินระบบระยะที่ 8 ใหม่อีกครั้ง

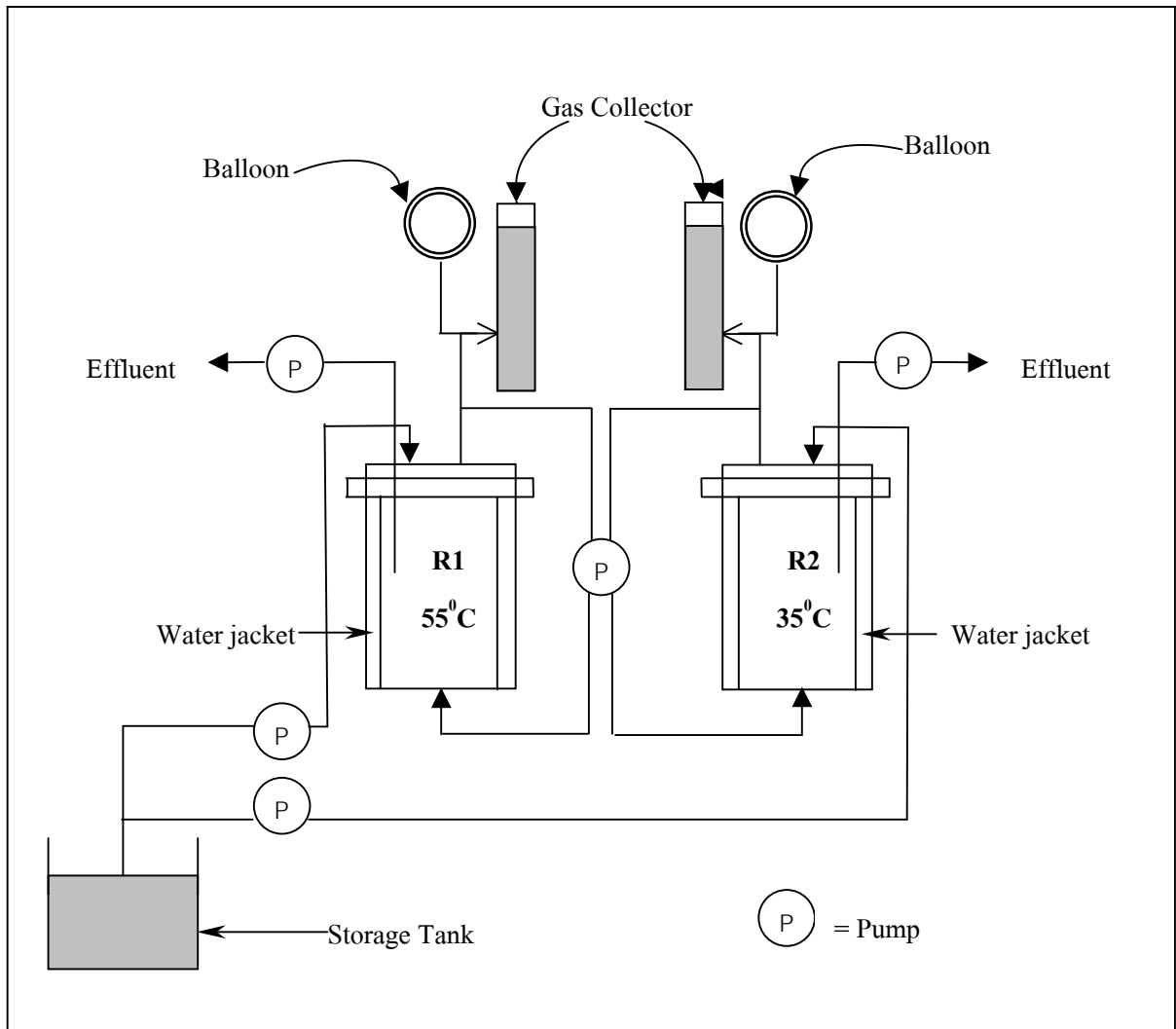
#### 2.1.4 การศึกษาก๊าซชีวภาพ

การศึกษาก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นโดยการแทนที่น้ำ ซึ่งจะทำให้การวัดทุกวัน สำหรับองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพจะทำการตรวจวัดเฉพาะก๊าซมีเทน ( $CH_4$ ) ซึ่งวิเคราะห์โดยเครื่อง Gas Chromatography (GC) ยี่ห้อ Hewlette Packard รุ่น HP6890 สำหรับ Detector ที่ใช้คือ Thermal Conductivity Detector (TCD) โดยตัวอย่างก๊าซทำการส่งวิเคราะห์ ซึ่งจะใช้ก๊าซที่ได้จากจุดเก็บตัวอย่างก๊าซในระบบ ASBR ที่เป็นตัวอย่างก๊าซก่อนจะเข้าสู่อุปกรณ์วัดปริมาณก๊าซชีวภาพ

#### 2.1.5 ระบบบำบัดน้ำเสียจำลองในห้องปฏิบัติการ

จากสภาวะการทำงานดังกล่าวข้างต้น จะทำการทดลองเดินระบบพร้อมกันทั้ง 2 ถังปฏิกริยา กล่าวคือ ถังปฏิกริยาที่ 1 ทำการทดลองที่ Thermophilic ส่วนถังปฏิกริยาที่ 2 ทำการทดลองที่ Mesophilic สำหรับถังปฏิกริยาที่ใช้ในการทดลองมี 2 ชั้น โดยถังชั้นในเป็นถังที่ใช้บำบัดน้ำเสียซึ่งจะมีถังชั้นนอกครอบอยู่ และระหว่างถังชั้นนอกและชั้นในจะบรรจุน้ำอุ่นหล่อ (Water Jacket) ที่มีการควบคุมอุณหภูมิด้วยชุดควบคุมอุณหภูมิให้ได้อุณหภูมิ  $55 \pm 1$  และ  $35 \pm 1$  องศาเซลเซียส ของถังปฏิกริยา ThASBR และ MeASBR ตามลำดับ และจะมีการนำก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากระบบที่รวบรวมอยู่ในบอลูน (Balloon) ส่งผ่านทางท่อโดยใช้ปั๊มหมุนวนเพื่อช่วยในการกวนให้จุลินทรีย์ได้สัมผัสกับน้ำเสียเข้าสู่ถังปฏิกริยาทุกๆ 30 นาที (ภาพประกอบที่ 10) ซึ่งทั้ง 2 ชุดการทดลองจะมีการเก็บตัวอย่าง และวิเคราะห์ข้อมูลตลอดการทดลอง แต่ละชุดการทดลองจะสิ้นสุดเมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว (Stable Condition) โดยดูจากประสิทธิภาพการบำบัด TCOD

และอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ ที่มีค่าใกล้เคียงกันและเปลี่ยนแปลงไม่เกิน  $\pm$  ร้อยละ 10 เป็นระยะเวลาประมาณ 1-2 สัปดาห์ติดต่อกัน



ภาพประกอบ 10 แบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสีย ASBR ในห้องปฏิบัติการ



- |                             |                        |
|-----------------------------|------------------------|
| 1. ถังปฏิกริยา Thermophilic | 5. Peristaltic pump    |
| 2. ถังปฏิกริยา Mesophilic   | 6. บอลลูก              |
| 3. ชุดควบคุมอุณหภูมิ        | 7. ถังรวบรวมก๊าซชีวภาพ |
| 4. ถังน้ำอุ่นหล่อ           | 8. ถังรองรับน้ำทิ้ง    |

ภาพประกอบ 11 ลักษณะของชุดอุปกรณ์ประกอบของระบบ ASBR ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

### 2.1.6 ความถี่การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียเข้าระบบและน้ำทิ้งจากระบบบำบัด ASBR

ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบทั้ง 2 ชุดการทดลอง แสดงดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ความถี่การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียและน้ำทิ้งจากระบบบำบัด ASBR

Parameters	Frequency of monitoring
Temperature	ทุกวัน
pH	ทุกวัน
Alkalinity	สัปดาห์ 2 ครั้ง
Volatile Fatty Acids	สัปดาห์ 2 ครั้ง
Color	สัปดาห์ 1 ครั้ง
TCOD	สัปดาห์ 2 ครั้ง
SCOD	สัปดาห์ 2 ครั้ง
BOD <sub>5</sub>	สัปดาห์ 1 ครั้ง
SS	สัปดาห์ 2 ครั้ง
TKN	สัปดาห์ 1 ครั้ง
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	สัปดาห์ 1 ครั้ง
TP	สัปดาห์ 1 ครั้ง
Oil and Grease	สัปดาห์ 1 ครั้ง
Biogas production	ทุกวัน
MLSS	สิ้นสุดการทดลอง
MLVSS	สิ้นสุดการทดลอง

## 2.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์ของระบบบำบัดระหว่างชุดตั้งปฏิบัติการ ThASBR และตั้งปฏิบัติการ MeASBR ในรูปของร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และใช้ Independent Samples T-Test สำหรับชุดการทดลองที่ 1 ซึ่งทดลองแบบขั้นตอนเดียวในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ของทั้ง 2 สภาวะ

### 2.3 วัสดุ

วัสดุที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

**2.3.1 ตัวอย่างน้ำเสีย** จากบ่อดักไขมันบ่อแรกของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม ที่เลือกทำการศึกษา คือ โรงงานน้ำมันพืชบริสุทธิ์ ตั้งอยู่ในตำบลบ้านพรุ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

**2.3.2 หัวเชื้อจุลินทรีย์ (Seed)** นำมาจากระบบบำบัดแบบไร้อากาศ ของโรงงานห้องเย็น โชติวัฒน์ ตั้งอยู่ในตำบลคอหงส์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา (ภาพประกอบ 13)

**2.3.3 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์** (ระบุในภาคผนวก ข)

### 2.4 อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

**2.4.1 อุปกรณ์เก็บตัวอย่าง** ได้แก่

- 1) ขวดโพลีเอทิลีนขนาด 1 ลิตร
- 2) ถังพลาสติกขนาด 10 ลิตร
- 3) แกลลอนพลาสติกขนาด 25 และ 30 ลิตร

**2.4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะน้ำเสียในห้องปฏิบัติการ** ได้แก่

- 1) UV-VIS Spectrophotometer ผลิตภัณฑ์ Shimadzu รุ่น UV 1601
- 2) Refrigerated superspeed centrifuge ผลิตภัณฑ์ Sorvall รุ่น Super T21
- 3) Touch mixer ผลิตภัณฑ์ Fisher Scientific รุ่น 231
- 4) เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง ผลิตภัณฑ์ Mettler Toledo รุ่น PB1502
- 5) เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง ผลิตภัณฑ์ Mettler Toledo รุ่น AB 204
- 6) เครื่องลดปริมาตรตัวอย่าง (Rotary Evaporator) ผลิตภัณฑ์ Buchi รุ่น R-114
- 7) เครื่องวัดพีเอช (pH meter) ผลิตภัณฑ์ WTW รุ่น pH 526
- 8) ตู้อบความร้อนแห้ง (Hot air oven) ผลิตภัณฑ์ Contherm รุ่น 240M
- 9) เตาเผา (Furnace) ผลิตภัณฑ์ Thermolyne รุ่น 6000
- 10) เครื่องกวนชนิดใช้แม่เหล็ก (Magnetic stirrer) และเตาไฟฟ้า (Hot plate) ของ Framo รุ่น M 21/1
- 11) เครื่องปั๊มสุญญากาศ (Vacuum pump) ผลิตภัณฑ์ GAST รุ่น 0296
- 12) ตู้ดูดความชื้น (Desiccator) ผลิตภัณฑ์ Sanplatee
- 13) ตู้บ่มบีโอดี (BOD incubator) ผลิตภัณฑ์ ภายในประเทศ

- 14) เตาย่อยสลายตัวอย่างสำหรับซีไอดีแบบปิด (Heating Blocks) ผลิตภัณฑ์ J.P Selecta รุ่น R.A.T.
- 15) ชุดกลั่นแอมโมเนีย (Ammonia Distillation Apparatus) ผลิตภัณฑ์ Gerhardt รุ่น EV 16
- 16) ชุดสกัดซอกซ์เลต (Soxhlet Extraction Apparatus) ผลิตภัณฑ์ Selecta รุ่น 6002316

#### 2.4.3 อุปกรณ์ประกอบแบบจำลองระบบระดับห้องปฏิบัติการ (รายละเอียดดังภาพประกอบที่ 11)

ภายในชุดระบบบำบัดน้ำเสีย ASBR จะประกอบไปด้วย อุปกรณ์ที่สำคัญ ดังนี้

1) ถังปฏิกรณ์ (Reactor) ถังปฏิกรณ์เป็นทรงกระบอก 2 ชั้น ทำด้วยพลาสติกอะคริลิก (Acrylic Plastic) ชั้นนอกจะบรรจุน้ำอุ่นหล่อ เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 13.6 เซนติเมตร ชั้นในจะบรรจุน้ำเสีย เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 9.0 เซนติเมตร ทั้ง 2 ถัง หนา 0.5 เซนติเมตร สูง 120.0 เซนติเมตร ถังปฏิกรณ์สามารถบรรจุน้ำเสียได้ประมาณ 6.0 ลิตร

2) ถังรวบรวมก๊าซ (Gas Collector) เป็นทรงกระบอกทำด้วยพลาสติกอะคริลิก (Acrylic Plastic) เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 14.7 เซนติเมตร หนา 0.5 เซนติเมตร สูง 98.0 เซนติเมตร จำนวน 2 ใบ ในแต่ละใบมีปริมาตรบรรจุก๊าซได้ประมาณ 15.0 ลิตร

3) ถังน้ำอุ่นหล่อ (Water Jacket) เป็นทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ทำด้วยพลาสติกอะคริลิก (Acrylic Plastic) มีขนาดความกว้าง × ยาว × สูง คือ 18.0 × 29.5 × 31.0 เซนติเมตร และหนา 1.5 เซนติเมตร จำนวน 2 ใบ ซึ่งจะมีชุดควบคุมอุณหภูมิติดตั้งไว้ และสามารถปรับอุณหภูมิได้

4) Peristaltic pump จำนวนทั้งหมด 5 ตัว ซึ่งจะมีปั๊มปรับความแรงสำหรับปรับความเร็วของน้ำเสียตามความต้องการ ใช้สำหรับปั้มน้ำเสียเข้า-ออกระบบ จำนวน 4 ตัว และใช้ในการกวนผสม (Gas Recirculation) อีก 1 ตัว เพื่อกวนน้ำเสียในถังปฏิกรณ์ให้ผสมกันอย่างทั่วถึง และปั๊มทั้งหมดถูกควบคุมเวลาในการทำงานโดยเครื่องคอมพิวเตอร์

5) เส้นท่อ เป็นทรงกลมทำด้วยพลาสติก (Plastic) เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.9 เซนติเมตร ใช้สำหรับเป็นท่อทางน้ำเข้า-น้ำออก และส่งก๊าซชีวภาพหมุนวนเพื่อกวนให้กับระบบ

6) เครื่องคอมพิวเตอร์ (Computer) ใช้สำหรับควบคุมเวลาในการสูบน้ำเสียเข้าและออกจากระบบ และการกวนให้กับระบบในถังปฏิกรณ์

7) บอลลูนขยายหด (Balloon) ใช้สำหรับรวบรวมก๊าซก่อนที่จะนำไปใช้สำหรับการกวนให้กับระบบในถังปฏิกรณ์

8) ถังเก็บน้ำทิ้ง (Storage Tank) จำนวนถังที่ใช้ใส่น้ำทิ้งจำนวน 2 ใบ ใช้ในการรองรับน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัด

9) ถังบรรจุน้ำพลาสติกขนาด 25 ลิตร สำหรับเก็บตัวอย่างน้ำเสียมาใช้ในการทดลอง