

## บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย

การทดลองนี้เป็นการจำลองย่อส่วนระบบบำบัดแบบ Packed Cage RBC มาทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ โดยจะนำน้ำเสียจริงมาทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากนั้นเราจะทำน้ำเสียสังเคราะห์ขึ้นมาในอัตราส่วนค่าต่างๆ เท่ากับน้ำเสียจริงที่เรานำมาวิเคราะห์ เพื่อให้ได้น้ำเสียที่มีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ คงที่ ไม่กระทบต่อการดำเนินการทดลอง และใช้กลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอน หลักของน้ำเสียสังเคราะห์ โดยจะป้อนน้ำเสียเข้าระบบที่ความเข้มข้น ที่ความเข้มข้นของไขมันต่างๆ กัน ได้แก่ 200 มิลลิกรัม/ลิตร 400 มิลลิกรัม/ลิตร และ 600 มิลลิกรัม/ลิตร โดยแปรผันระยะเวลาเก็บกักที่ 3 ช่วงเวลาได้แก่ 6, 9 และ 12 ชั่วโมง

### 3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

#### 3.1.1 ถังบรรจุน้ำเสียสังเคราะห์

เป็นถังพลาสติก 1 ถัง มีขนาดความจุ 100 ลิตร ใช้เป็นถังเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ก่อนสูบเข้าสู่ถังควบคุมความดัน

#### 3.1.2 ถังควบคุมแรงดัน

เป็นถังพลาสติก ขนาดความจุ 50 ลิตร ใช้สำหรับเก็บน้ำที่สูบขึ้นมาจากถังพักน้ำเสียสังเคราะห์ ที่ตัวถังจะมีทางออกน้ำไหลกลับเข้าสู่ถังพักน้ำเสียเพื่อรักษาระดับน้ำในถังให้คงที่ เป็นการควบคุมแรงดันน้ำ ทำให้อัตราการไหลของน้ำที่จะเข้าสู่ปฏิกิริยา Packed Cage RBC คงที่

#### 3.1.3 ถังปฏิกิริยา

ตัวถังทำด้วยสแตนเลสรูปครึ่งกระบอก ความจุน้ำเสีย 43 ลิตร กว้าง 42 เซนติเมตร ยาว 90 เซนติเมตร สูง 46 เซนติเมตร และด้านในตัวถังมีกรง Packed Cage Drum ทรงกระบอกเป็นโครงสร้างเหล็กหุ้มด้วยตะแกรงพลาสติก กรง Packed Cage RBC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 31 เซนติเมตร ยาว 62 เซนติเมตร



รูปที่ 3.1 ลักษณะของถังปฏิกริยาในระบบ Packed Cage RBC

### 3.1.4 ตัวกลาง

ตารางที่ 3.1 ลักษณะตัวกลาง [9]

สมบัติ	
ความพรุน (Porosity) เปอร์เซ็นต์	90
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง มิลลิเมตร	68
ความสูง มิลลิเมตร	22
พื้นที่ผิวจำเพาะ ( Specific Surface Area) ตารางเมตร/ลูกบาศก์เมตร	190
น้ำหนัก กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	120
จำนวนตัวกลางในปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตร.ลูก	6,000
ความถ่วงจำเพาะ	0.95



รูปที่ 3.2 ลักษณะของตัวกลาง

### 3.1.5 ชุดมอเตอร์หมุนรอบ

ประกอบด้วย 3 ส่วน มอเตอร์รอบต่ำทำหน้าที่ขับเคลื่อน เฟืองที่ใช้ในการทดลอง 3 รอบ/นาที และ โข่งเพื่อจุดให้กรง Packed Cage RBC หมุนรอบตามมอเตอร์

### 3.1.6 เครื่องสูบน้ำ

ทำหน้าที่สูบน้ำจากถังบรรจุน้ำเสียสังเคราะห์เข้าสู่ถังควบคุมแรงดัน

## 3.2 การเตรียมอุปกรณ์และการจัดวางระบบ

### 3.2.1 จัดเตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง และจัดวางระบบบำบัด

ตรวจสอบสภาพถังปฏิกรณ์ ถังบรรจุน้ำเสีย เครื่องสูบน้ำ ชุดมอเตอร์หมุนรอบ และถังปฏิกรณ์ RBC และจัดอุปกรณ์ให้มีทิศทางไหลของน้ำเสียจากถังพักน้ำเสียเข้าสู่ถังควบคุมแรงดัน ปรับอัตราการไหลของน้ำเสีย ที่วาล์วของถังควบคุมแรงดันเข้าสู่ถังปฏิกรณ์ Packed Cage RBC ก่อนที่เราจะทำการเดินระบบจริง เราจะต้องเตรียมความพร้อมของระบบเพื่อให้จุลินทรีย์สามารถเติบโตได้ปริมาณมากพอและสามารถยึดเกาะกับพื้นผิวของตัวกลาง ซึ่งปกติฟิล์มชีวะควรมีความหนา

ประมาณ 1-4 มิลลิเมตร ขั้นตอนการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์สำหรับระบบ Packed Cage RBC มีดังต่อไปนี้

- 1) นำเชื้อตะกอนจุลินทรีย์จากระบบเลี้ยงตะกอนเร่ง มาใส่ในถังปฏิกริยาของระบบเลี้ยงตะกอนเร่งมาใส่ถังปฏิกริยาของระบบ Packed Cage RBC โดยให้มีปริมาตรครึ่งหนึ่งในถังปฏิกริยาคือ 22.5 ลิตร และเติมน้ำประปาผสมจนได้ปริมาตร 43 ลิตร แล้วจึงเริ่มเดินระบบ Packed Cage RBC ด้วยความเร็วรอบ 3 รอบ/นาที
- 2) จ่ายน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นบีโอดี 800 มิลลิกรัม/ลิตร เข้าระบบ Packed Cage RBC อย่างต่อเนื่องด้วยอัตราการไหล 50 ลิตร/วัน
- 3) ค่อยๆ เติมน้ำเสียที่มีน้ำมันปาล์มปนเปื้อน โดยค่อยๆ เพิ่มความเข้มข้นของน้ำมันปาล์มเรื่อยๆ จนได้ค่าความเข้มข้นของน้ำมันที่ต้องการ
- 4) จากนั้นฟิล์มชีวะจะมีความหนาประมาณ 1-4 มิลลิเมตร เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 10 วัน จะเริ่มทำการทดลองในแต่ละชุดการทดลอง และจะล้างฟิล์มชีวะออกจากผิวตัวกลางเมื่อจบแต่ละชุดการทดลอง

### 3.2.2 น้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดลองนี้ได้เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ที่เลียนแบบองค์ประกอบจากน้ำเสียซึ่งมีพารามิเตอร์ต่างๆ โดยใช้น้ำตาลกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนและควบคุมปริมาณบีโอดีที่ไม่รวมน้ำมันเท่ากับ 800 มิลลิกรัม/ลิตร และสารอื่นๆ ได้แก่ยูเรีย (Urea), เฟอริกคลอไรด์ ( $\text{FeCl}_2$ ), แมกนีเซียมซัลเฟต ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ), และโซเดียมไบคาร์บอเนต ( $\text{NaHCO}_3$ ) ดังองค์ประกอบในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าน้ำเสียที่วิเคราะห์ได้จากน้ำเสียโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีซึ่งจะนำมาใช้เป็นค่าอ้างอิงในการสังเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ย
บีโอดี (มิลลิกรัม/ลิตร)	796±32.4
ซีโอดี (มิลลิกรัม/ลิตร)	1,275±53.1
ทีเคเอ็น (มิลลิกรัมไนโตรเจน/ลิตร)	40.64±8.72
ไขมันและน้ำมัน (มิลลิกรัม/ลิตร)	195±38.23
ความเป็นกรด-ด่าง	6.7±0.6
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ	0.7±0.12
ของแข็งแขวนลอย	130±46.7

น้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลอง จะกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ มีค่าดังนี้ค่า บีโอดี ของน้ำเสียก่อนเติมน้ำมันปาล์มของทุกระบบมีค่าประมาณ 800 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อเติมน้ำมันปาล์มให้แต่ละระบบมีน้ำมันเข้มข้น 200, 400 และ 600 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าบีโอดี ของแต่ละระบบจะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,116.31, 1,427.06 และ 2,003.37 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ทีเคเอ็น 40 มิลลิกรัม/ลิตร โดยเติมกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอน ยูเรียเป็นแหล่งไนโตรเจน และธาตุอาหารอื่นๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

ตารางที่ 3.3 ส่วนประกอบของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลอง [5]

สารที่ใช้	Oil & Grease 200 (มิลลิกรัม/ลิตร)	Oil & Grease 400 (มิลลิกรัม/ลิตร)	Oil & Grease 600 (มิลลิกรัม/ลิตร)
Glucose	771	771	771
Urea	52.5	52.5	52.5
Oil	200	400	600
FeCl <sub>2</sub>	1.75	1.75	1.75
NaHCO <sub>3</sub>	32	32	32
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	27.5	27.5	27.5
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	21.25	21.25	21.25

### 3.3 ขั้นตอนการทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบของระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียและปริมาณไขมันที่มีต่อระบบ Packed Cage RBC

การทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของระบบ Packed Cage RBC ในการบำบัดน้ำเสียที่มีน้ำมันปาล์มปนเปื้อน และศึกษาระยะเวลาเก็บกักที่เหมาะสมต่อการทำงานของระบบโดยให้น้ำเสียเข้ามีค่า บีโอดีไม่รวมน้ำมันประมาณ 800 มิลลิกรัม/ลิตร กำหนดระยะเวลาเก็บกักเป็น 6, 9 และ 12 ชั่วโมง โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลองต่อไปนี้

การทดลองชุดที่ 1 ให้น้ำเสียเข้ามีค่า บีโอดีไม่รวมน้ำมันประมาณ 800 มิลลิกรัม/ลิตร และเติมน้ำมันปาล์มที่ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้น้ำเสียเข้ามีค่า บีโอดีรวมโดยประมาณคือ 1,116.31 มิลลิกรัม/ลิตร โดยแปรผันระยะเวลาเก็บกักน้ำเป็น 6, 9 และ 12 ชั่วโมง

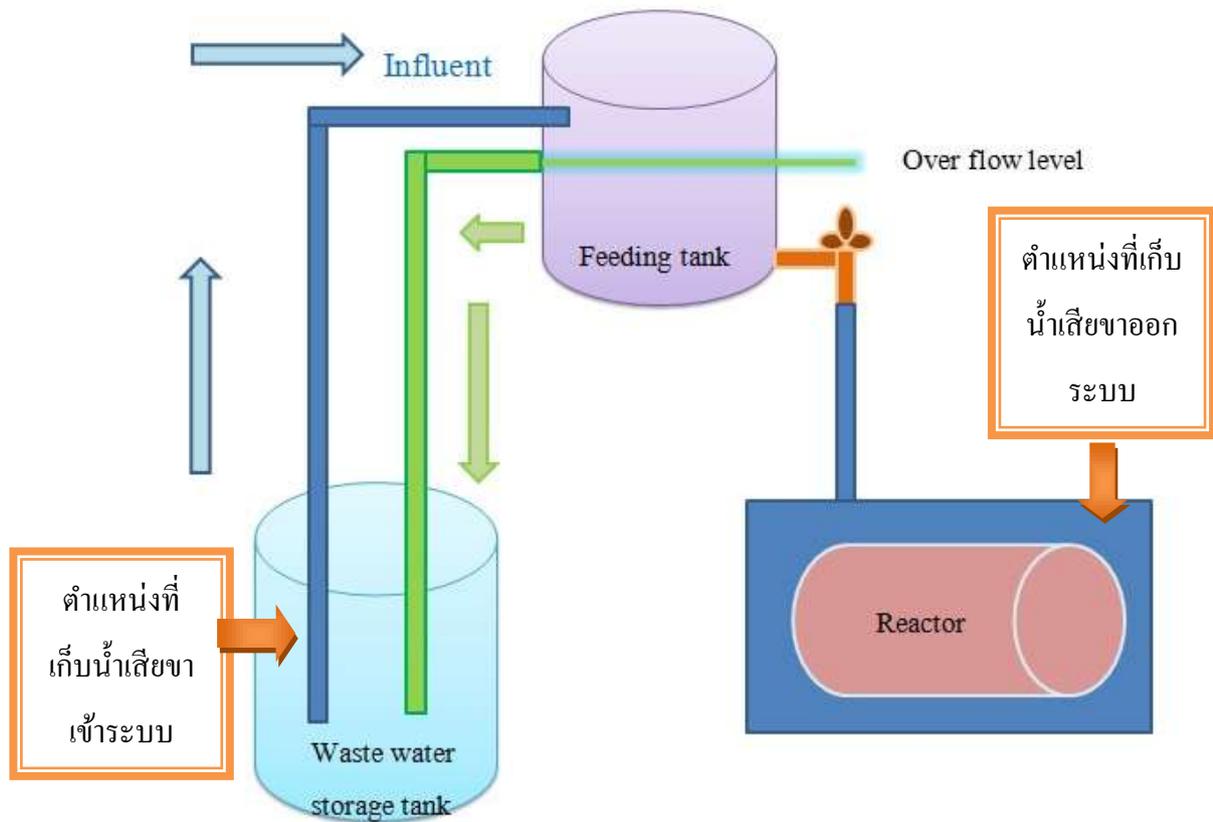
การทดลองชุดที่ 2 ให้น้ำเสียเข้ามีค่า บีโอดีไม่รวมน้ำมันประมาณ 800 มิลลิกรัม/ลิตร และเติมน้ำมันปาล์มที่ความเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้น้ำเสียเข้ามีค่า บีโอดีรวมโดยประมาณคือ 1,427.06 มิลลิกรัม/ลิตร โดยแปรผันระยะเวลาเก็บกักน้ำเป็น 6, 9 และ 12 ชั่วโมง

การทดลองชุดที่ 3 ให้น้ำเสียเข้ามีค่า บีโอดีไม่รวมน้ำมันประมาณ 800 มิลลิกรัม/ลิตร และเติมน้ำมันปาล์มที่ความเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้น้ำเสียเข้ามีค่า บีโอดีรวมโดยประมาณคือ 2,003.37 มิลลิกรัม/ลิตร โดยแปรผันระยะเวลาเก็บกักน้ำเป็น 6, 9 และ 12 ชั่วโมง

### 3.4 การเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์

ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์ ดังรูปที่ 3.3 ได้แก่

- 1) น้ำเสียเข้าระบบ (Influent)
- 2) น้ำเสียผ่านการบำบัดออกจากระบบ (Effluent)



รูปที่ 3.3 ตำแหน่งการเก็บตัวอย่างน้ำเสียเข้าและออกระบบ

### 3.5 พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์

ในการทดลองนี้ได้วิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้คือ ค่าซีโอดี ค่าบีโอดี ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ค่าของแข็งแขวนลอย ค่าออกซิเจนละลายน้ำ ความเป็นกรด -ด่าง ค่าทีเคเอ็น ไนไตรท์ ไนเตรท แอมโมเนีย โดยวิธีการวิเคราะห์และความถี่ในการเก็บตัวอย่างดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์

พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์	วิธีการวิเคราะห์	วันที่เก็บตัวอย่าง
COD	Dichromate Close Reflux Method	ทุกวัน
BOD <sub>5</sub>	Azide Modification of Iodometric Method	วันเว้นวัน
SS	Filtration (GF/C drying at 103°C)	วันเว้นวัน
DO	DO meter	วันเว้นวัน
pH	pH meter	วันเว้นวัน
TKN	Total Kjeldahl Method	ทุกสามวัน
NH <sub>3</sub>	Nesslerization Method	ทุกสามวัน
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Ion Chromatography	ทุกสามวัน
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ion Chromatography	ทุกสามวัน
Grease & Oil	Partition Gravimetric Method	ทุกสามวัน

ตารางที่ 3.5 ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ ภาวะบรรทุกไขมัน ระยะเวลาเก็บกักและอัตราการไหลที่วิเคราะห์

พารามิเตอร์	การทดลองชุดที่ 1			การทดลองชุดที่ 2			การทดลองชุดที่ 3		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1. ค่า BOD (มก./ล.)	1,116	1,116	1,116	1,427	1,427	1,427	2,003	2,003	2,003
2. ปริมาณไขมัน (มก./ล.)	200	200	200	400	400	400	600	600	600
3. ระยะเวลาเก็บกัก (ชม.)	6	9	12	6	9	12	6	9	12
4. อัตราการไหล (ลิตร/วัน)	172	114	86	172	114	86	172	114	86
5. ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ (กรัมบีโอดี/วัน)	191.95	127.22	95.98	245.44	162.68	122.72	344.52	228.34	172.26
6. ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ (กรัมบีโอดี/ลิตร-วัน)	4.46	2.96	2.23	5.71	3.78	2.85	8.01	5.31	4.01
7. ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ (กรัมบีโอดี/ตร.ม-วัน)	15.12	10.03	7.56	19.36	12.81	9.66	27.15	18.00	13.59
8. ภาวะบรรทุกไขมัน (กรัมไขมัน/วัน)	34.40	22.8	17.20	68.80	45.60	34.40	103.20	68.40	51.60
9. ภาวะบรรทุกไขมัน (กรัมไขมัน/ลิตร-วัน)	0.8	0.53	0.4	1.6	1.06	0.8	2.4	1.59	1.2
10. ภาวะบรรทุกไขมัน (กรัมไขมัน/ตร.ม-วัน)	2.71	1.8	1.36	5.42	3.59	2.71	8.14	5.39	4.07