



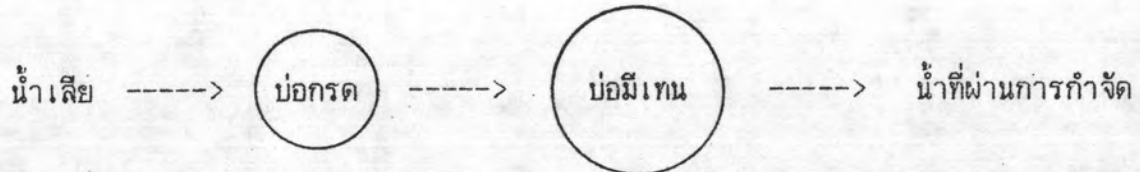
## บทที่ 4

### การวางแผนการทดลองและวิจัย

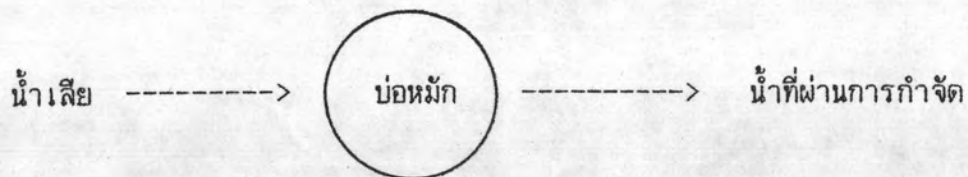
การทดลองทั้งหมดกระทำที่ห้องปฏิบัติการ ของภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล คณะ  
วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

#### 4.1 แผนการทดลอง

ในการทดลองนี้ ได้แบ่งระบบกำจัดออกเป็น 2 ระบบ คือ ระบบบ่อบำบัดไร้ออกซิเจน  
แบบสองขั้นตอน และระบบบ่อบำบัดไร้ออกซิเจนแบบธรรมดา รูปที่ 4.1 แสดงแผนผังระบบการ  
ทดลอง



ก. ระบบบ่อบำบัดไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอน



ข. ระบบบ่อบำบัดไร้ออกซิเจนแบบธรรมดา

รูปที่ 4.1 แผนผังระบบการทดลอง

ตัวแปรอิสระที่ศึกษา คือ ออร์แกนิกโหลดติง (organic loading) ซึ่งมีการ  
เปลี่ยนแปลงอยู่ 3 ระดับ คือ 0.3, 0.6 และ 0.9 กก.ซีไอที / ลบ.ม.-วัน

ประเด็นที่ทำการทดลอง มี 2 ประเด็น คือ

1. ศึกษาและเปรียบเทียบระหว่างระบบบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอน กับแบบธรรมดา ที่อัตราแก๊สโพลีคดถึง 0.3, 0.6 และ 0.9 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน
2. ศึกษาและเปรียบเทียบระหว่างระบบบ่อหมักไร้ออกซิเจนที่เติมสารอาหารเสริม N, P กับระบบบ่อหมักไร้ออกซิเจนที่ไม่เติมสารอาหารเสริม N, P

การทดลองทั้งหมด มี 4 การทดลอง แต่ละการทดลองจะเปรียบเทียบระหว่างระบบบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอน กับระบบบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบธรรมดา

การทดลองที่ 1, 2 และ 3 เป็นการทดลองเปรียบเทียบระหว่างระบบบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอน กับแบบธรรมดา ที่อัตราแก๊สโพลีคดถึง 0.3, 0.6 และ 0.9 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ

การทดลองที่ 3 และ 4 เป็นการทดลองเปรียบเทียบระหว่าง ระบบบ่อหมักไร้ออกซิเจนที่ไม่เติมสารอาหารเสริม N, P และระบบบ่อหมักไร้ออกซิเจนที่เติมสารอาหารเสริม N, P การทดลองที่ 4 จะมีค่าอัตราแก๊สโพลีคดถึง เท่ากับการทดลองที่ 3 แต่การทดลองที่ 4 จะเติมสารอาหารเสริม N, P ให้แก่ระบบ

การทดลองที่ 1 และ 2 ความคุมอัตราการบ่อน้ำเสียให้คงที่ และจะเปลี่ยนแปลงอัตราแก๊สโพลีคดถึงของระบบ โดยการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของน้ำเสีย ส่วนการทดลองที่ 3 และ 4 จะใช้น้ำเสียจริงจากโรงงานผลิตผลไม้แช่อิ่ม และอบแห้ง ซึ่งมีน้ำล้นปะรดเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย แผนการทดลองทั้งหมดได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 และ 4.2

#### 4.2 น้ำเสียที่ใช้ทดลอง

น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองที่ 1 และ 2 เป็นน้ำเสียสังเคราะห์ มีส่วนผลของน้ำล้นปะรดกับน้ำตาล น้ำล้นปะรดที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำล้นปะรดเข้มข้น มีค่าซีโอดี ประมาณ 300,000 มก./ล. น้ำล้นปะรดดังกล่าวนี้จะถูกเจือจางแล้วผสมกับน้ำตาลในอัตราส่วน 1 : 1 โดยน้ำหนัก น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองที่ 3 และ 4 เป็นน้ำเสียจริงจากโรงงานผลิต

ตารางที่ 4.1 แผนการทดลองของบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอน

พารามิเตอร์	การทดลองที่ 1			การทดลองที่ 2			การทดลองที่ 3			การทดลองที่ 4		
	บ่อกรด	บ่อมีเทน	ทั้งระบบ	บ่อกรด	บ่อมีเทน	ทั้งระบบ	บ่อกรด	บ่อมีเทน	ทั้งระบบ	บ่อกรด	บ่อมีเทน	ทั้งระบบ
Organic Loading (kg.COD/cu.m.-day)	3	-	0.3	6	-	0.6	9	-	0.9	9	-	0.9
Influent COD (mg/l)	3,000	-	3,000	6,000	-	6,000	25,000	-	25,000	25,000	-	25,000
Flow Rate (l/d)	20	-	20	20	-	20	7.2	-	7.2	7.2	-	7.2
Detention Time (day)	1	9	10	1	9	10	2.8	25	27.8	2.8	25	27.8
Volume (l)	20	180	200	20	180	200	20	180	200	20	180	200

หมายเหตุ การทดลองที่ 4 เติมสารอาหารเสริม N, P ในอัตราส่วน COD : N : P = 100 : 2 : 0.5

ตารางที่ 4.2 แผนการทดลองของบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบธรรมดา

พารามิเตอร์	การทดลองที่ 1	การทดลองที่ 2	การทดลองที่ 3	การทดลองที่ 4
Organic Loading (kg.COD/cu.m.-day)	0.3	0.6	0.9	0.9
Influent COD (mg/l)	3,000	6,000	25,000	25,000
Flow Rate (l/d)	20	20	7.2	7.2
Detention Time (day)	10	10	27.8	27.8
Volume (l)	200	200	200	200

หมายเหตุ การทดลองที่ 4 เติมสารอาหารเสริม N.P ในอัตราส่วน COD:N:P = 100:2:0.5



ผลไม้แช่อิ่ม และอบแห้ง มีค่าซีโอดี ประมาณ 25,000 มก./ล. โดยในการทดลองที่ 4 จะเติมสารอาหารเสริม N, P เพื่อให้อัตราส่วน COD : N : P เกินพอสำหรับปฏิกิริยาชีวเคมีแบบไร้ออกซิเจน

#### 4.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

อุปกรณ์ และการติดตั้งของระบบบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบลงชั้นตอนกับแบบธรรมดา แสดงในรูปที่ 4.2 และ 4.3

##### 4.3.1 ถังพักน้ำเสีย

ถังพักน้ำเสียเป็นถังพลาสติก ขนาดจุ 40 ลิตร

##### 4.3.2 เครื่องสูบน้ำเสียเข้าระบบ

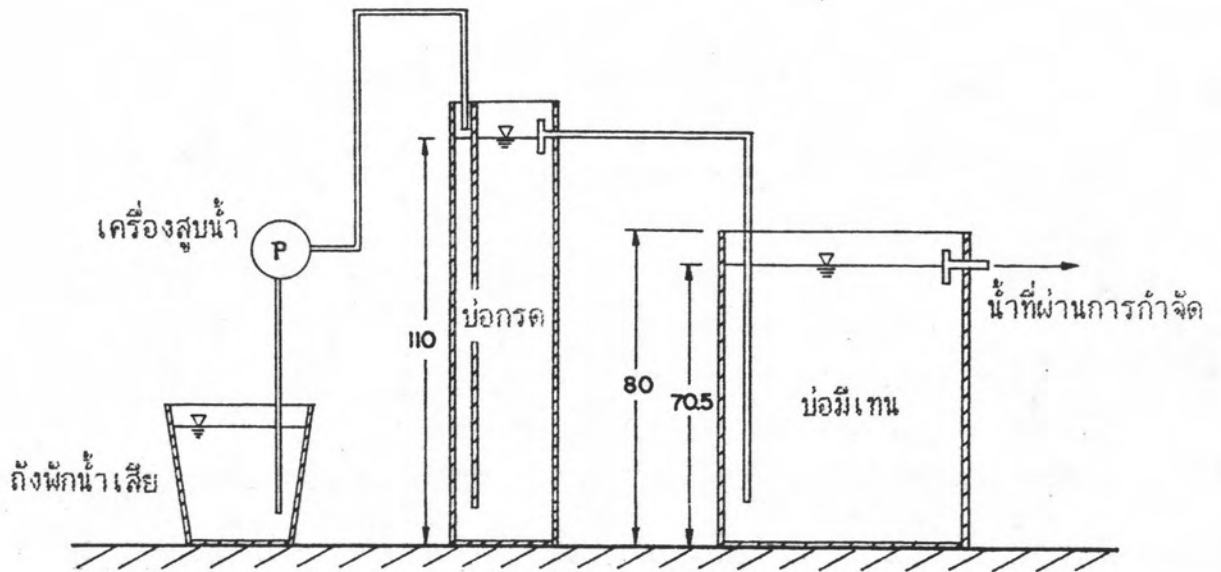
เครื่องสูบน้ำสำหรับบ่อน้ำเสียให้เข้าสู่ระบบ เป็นเครื่องสูบบรรีดสาย (peristaltic pump) สามารถปรับอัตราการไหลได้ ผลิตโดยบริษัท Watson - Marlow รุ่น 501 S

##### 4.3.3 บ่อกรด

บ่อกรดที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ทำด้วยท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15.25 เซนติเมตร สูง 1.15 เมตร มีปริมาตรความจุ 20 ลิตร ปิดกันถังด้วยแผ่นพีวีซีเชื่อมติดกับตัวท่อ ทางน้ำเข้าของบ่อกรด ทำด้วยท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.54 เซนติเมตร ยาว 65 เซนติเมตร ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.4

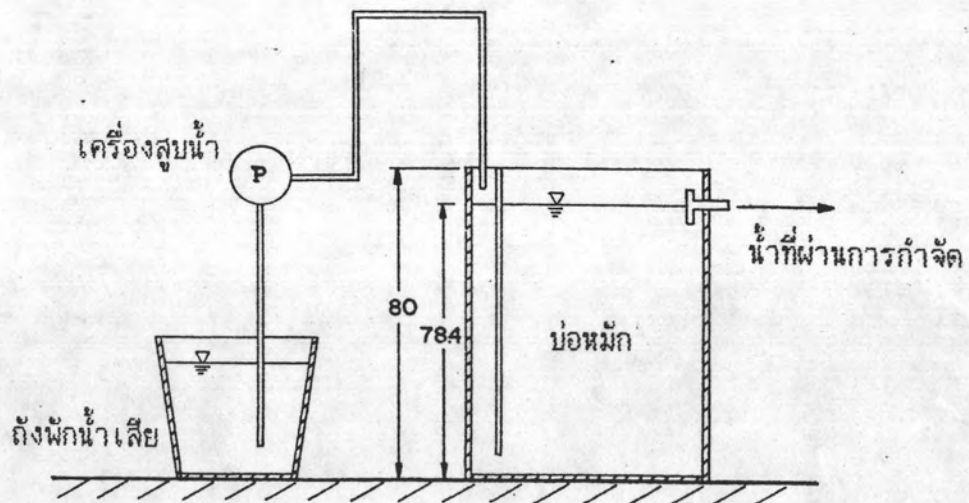
##### 4.3.4 บ่อมีเทนและบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบธรรมดา

บ่อมีเทนและบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบธรรมดา เป็นถังพลาสติก ซึ่งบรรจุอยู่ในถังน้ำมัน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 57 ซม. สูง 80 ซม. มีปริมาตรความจุ 200 ลิตร ทางน้ำเข้าของบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบธรรมดา ทำด้วยท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.54 ซม. ยาว 65 ซม.

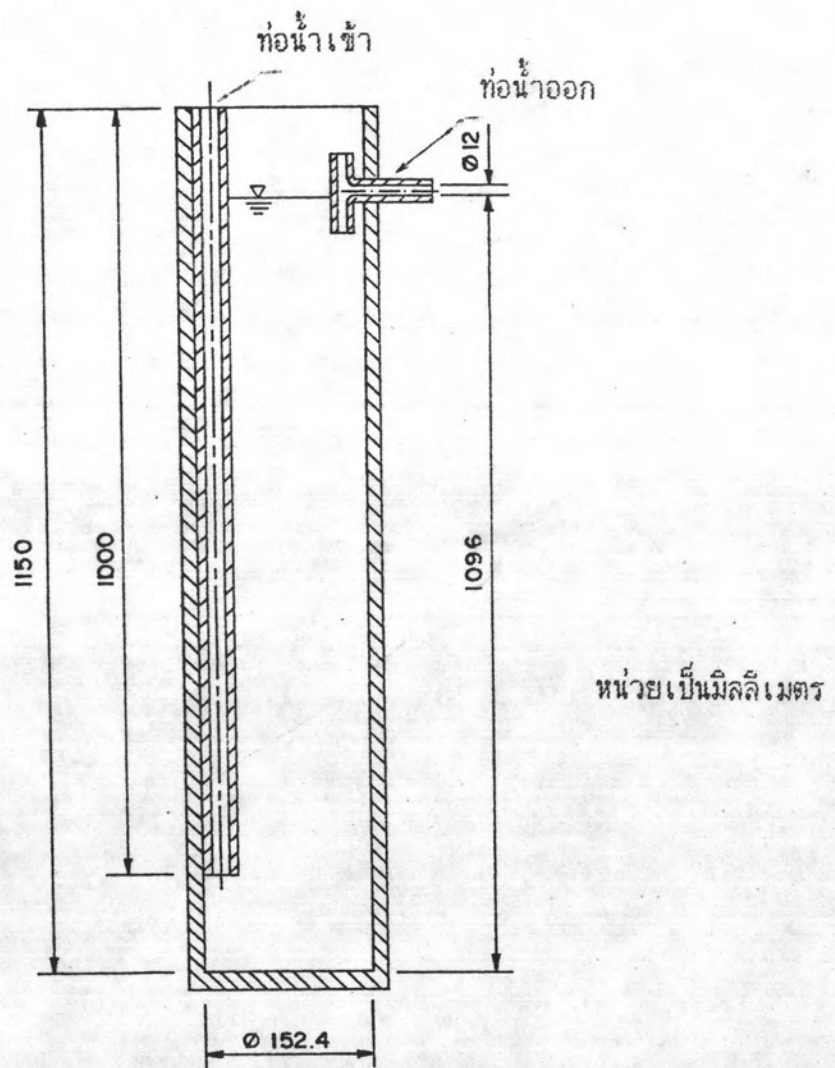


รูปที่ 4.2 ระบบบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอน

หน่วยเป็นมิลลิเมตร



รูปที่ 4.3 ระบบบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบธรรมดา



รูปที่ 4.4 ขนาดและรูปร่างของบ่อกรด

#### 4.4 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์

##### 4.4.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ

ตัวอย่างน้ำที่นำมาวิเคราะห์หาค่าทางเคมี จะเก็บจากตัวอย่างน้ำเสียก่อนเติมเข้าสู่ระบบและที่ออกจากระบบ สำหรับระบบบ่อบำบัดไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอน จะเก็บตัวอย่างน้ำที่ออกจากบ่อกวด และบ่อบีเทน แผนการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำแสดงไว้ในตารางที่ 4.3

##### 4.4.2 เทคนิคการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

- 1) ค่าพีเอช (pH) วิเคราะห์โดยการวัดด้วยเครื่องวัดพีเอชของ Beck Man
- 2) สภาพความเป็นด่าง และกรดเวลาไทล์ วิเคราะห์โดยวิธี Direct Titration ของ Diallo & Albertson (47)
- 3) ตะกอนแขวนลอย (suspended solids) วิเคราะห์ตาม Standard Methods (48)
- 4) ค่าซีโอดี (COD) วิเคราะห์โดยวิธี Closed Reflux, Titrimetric Methods (48)
- 5) โออาร์พี (ORP) วิเคราะห์โดยวัดด้วยเครื่องวัดพีเอชและโออาร์พีของ Beck Man อิเล็กโทรดเป็นแบบ Combined electrode ที่มี Platinum electrode เป็นแท่งวัด และมี Reference electrode เป็นแบบ Ag/AgCl



ตารางที่ 4.3 ตัวแปรตามและความถี่ในการวิเคราะห์

ตัวแปรตาม	หน่วย	ตำแหน่งของการเก็บตัวอย่าง			
		น้ำเสีย	บ่อกรด	บ่อมีเทน	บ่อหมักแบบธรรมดา
Filtered COD	mg/l	B	B	B	B
pH	-	B	A	A	A
VFA	mg/l as CH <sub>3</sub> COOH	B	B	B	B
Total Alkalinity	mg/l as CaCO <sub>3</sub>	B	B	B	B
SS	mg/l	-	B	B	B
ORP	mV	-	A	A	A
TKN	mg/l	C	C	C	C
P	mg/l	C	C	C	C

หมายเหตุ

- A หมายถึง ตัวแปรที่วิเคราะห์ทุกวัน  
 B หมายถึง ตัวแปรที่วิเคราะห์อาทิตย์ละ 3 ครั้ง  
 C หมายถึง ตัวแปรที่วิเคราะห์ช่วง Steady State  
 \* ในช่วง Steady State จะทำการวิเคราะห์ทุกตัว