หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

การดำเนินงานวิจัย

4.1 แผนการวิจัย

การวิจัยทั้งหมดนี้ ได้กระทำที่ห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย การวิจัยกระทำโดยใช้ถังปฏิกิริยาแอนแอโรบิกสับเมอร์จดรัม ดังรูปที่ 4.1 จำนวน 1 ชุด

ตัวแปรเปลี่ยนอิสระที่ศึกษา คือ ออร์แกนิคโหลดดิง (organic loading) ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลง 4 ระดับ คือ 0.50,1.00,2.00 และ 3.00 กก.ซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน การเปลี่ยนแปลงระดับออร์แกนิคโหลดดิง กระทำโดยเปลี่ยนระดับความเข้มข้นของซีโอดีในน้ำเสียสังเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

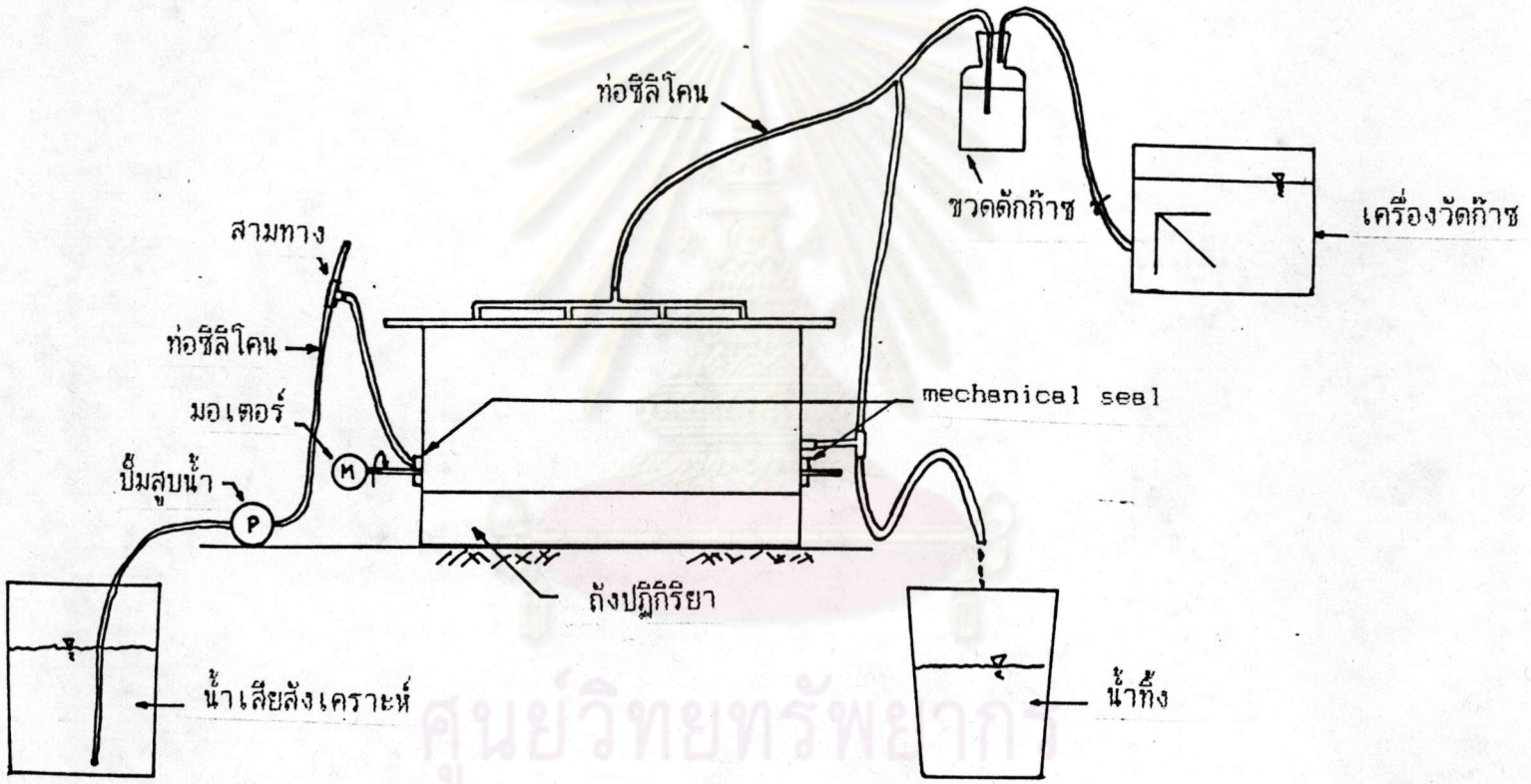
พารามิเตอร์ที่ควบคุมให้มีค่าคงที่ตลอดทุกการทดลอง มีดังนี้

ก. จำนวนรอบการหมุนของแผ่นตัวกลางที่ 24 รอบต่อนาที หรือ ความเร็วขอบของสับเมอร์จดรัมที่ 18 เมตรต่อนาที

ข. ระยะจมน้ำของแผ่นตัวกลาง (medie submergency) ที่ 70% ของพื้นที่หน้าตัดสับเมอร์จดรัม

ค. อัตราการป้อนน้ำเสียสังเคราะห์ 18 ลิตรต่อวัน

จากการที่ควบคุมให้ระยะจมน้ำของแผ่นตัวกลางและอัตราการป้อนน้ำเสียสังเคราะห์ (flow rate) คงที่ตลอดทุกการทดลอง เป็นผลให้เวลากักน้ำในระบบมีค่าคงที่ด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ ตัวแปรเปลี่ยนที่มีอิทธิพลต่อการทำงานของแบคทีเรียภายในถังปฏิกิริยาแต่ไม่ได้ควบคุมคือ อุณหภูมิ ซึ่งจะแปรเปลี่ยนตามอุณหภูมิห้องทดลอง



รูปที่ 4.1 การติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบแอนแอโรบิคสับเมอร์จดรัม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงระดับออร์แกนิคโหลดดิงที่ใช้ในการวิจัย

พารามิเตอร์	ซีโอดีน้ำเข้า (มก./ล.)			
	500	1,000	2,000	3,000
VOL (กก*./ลบ.ม.-วัน)	0.50	1.00	2.00	3.00
AOL (ก*./ตร.ม.-วัน)	1.43	2.85	5.71	8.56
เวลากักน้ำรวม (ชม.)	24	24	24	24
อัตราการไหล (ล./วัน.)	18	18	18	18

หมายเหตุ VOL = volumetric organic loading คิดเทียบจากปริมาณน้ำเสียในถังปฏิกิริยา

AOL = areal organic loading คิดเทียบจากพื้นที่ผิวของตัวกลางทั้งหมดในถังปฏิกิริยา

* = คิดในรูปซีโอดี

เนื่องจากงานวิจัยครั้งนี้เป็นเพียงการศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นของระบบนี้ จึงศึกษาเพียงผลของการแปรเปลี่ยนระดับออร์แกนิคโหลดดิง โดยไม่มีการหมุนเวียนตะกอนกลับ (return sludge) เข้าสู่ถังปฏิกิริยา

พารามิเตอร์ที่เป็นตัวแปรเปลี่ยนตามที่วิเคราะห์ ได้แก่

1. พีเอช
2. สภาพความเป็นด่างรวม (total alkalinity)
3. ตะกอนแขวนลอย (suspended solids)
4. ตะกอนแขวนลอยโวลาไทล์ (volatile suspended solid)
5. ปริมาณก๊าซทั้งหมด (volume of biogas)

6. เปอร์เซ็นต์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (% CO_2)
7. เจลดัลไนโตรเจนรวม (TKN)
8. ฟอสฟอรัส (phosphorus)
9. กรดโวลาไทล์ (volatile fatty acid)

4.2 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์

น้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ป้อนเข้าสู่ถังปฏิกิริยา คือ น้ำตาลในรูปสารละลายซึ่งมีแร่ธาตุต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียอย่างเพียงพอและจะเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์วันละ 1 ครั้ง สูตรน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นซีโอดี 4 ระดับ แสดงไว้ในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ส่วนประกอบของน้ำเสียสังเคราะห์

ส่วนประกอบ	ซีโอดี (มก./ล.)			
	500	1,000	2,000	3,000
1 ยูเรีย(urea) (มก.)	30	61	121	182
2 KH_2PO_4 55 ก/ล,cc	5	10	20	30
3 $CaCl_2$ 6 ก/ล,cc	5	10	20	30
4 $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 46 ก/ล,cc	5	10	20	30
5 $FeCl_3$ 2.8 ก/ล,cc	5	10	20	30
6 NH_4HCO_3 100 ก/ล,cc	40	80	-	-
200 ก/ล,cc	-	-	80	120
7 $NaHCO_3$ 100 ก/ล,cc	30	60	-	-
200 ก/ล,cc	-	-	60	90
8 น้ำตาล (มก)	454	909	1818	2727
9 น้ำประปา	เจือจางและทำให้มีปริมาตรเป็น 1 ลิตร			

4.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

รูปที่ 4.1 แสดงแผนผังการติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบแอนแอโรบิคสับเมอร์จดรัม

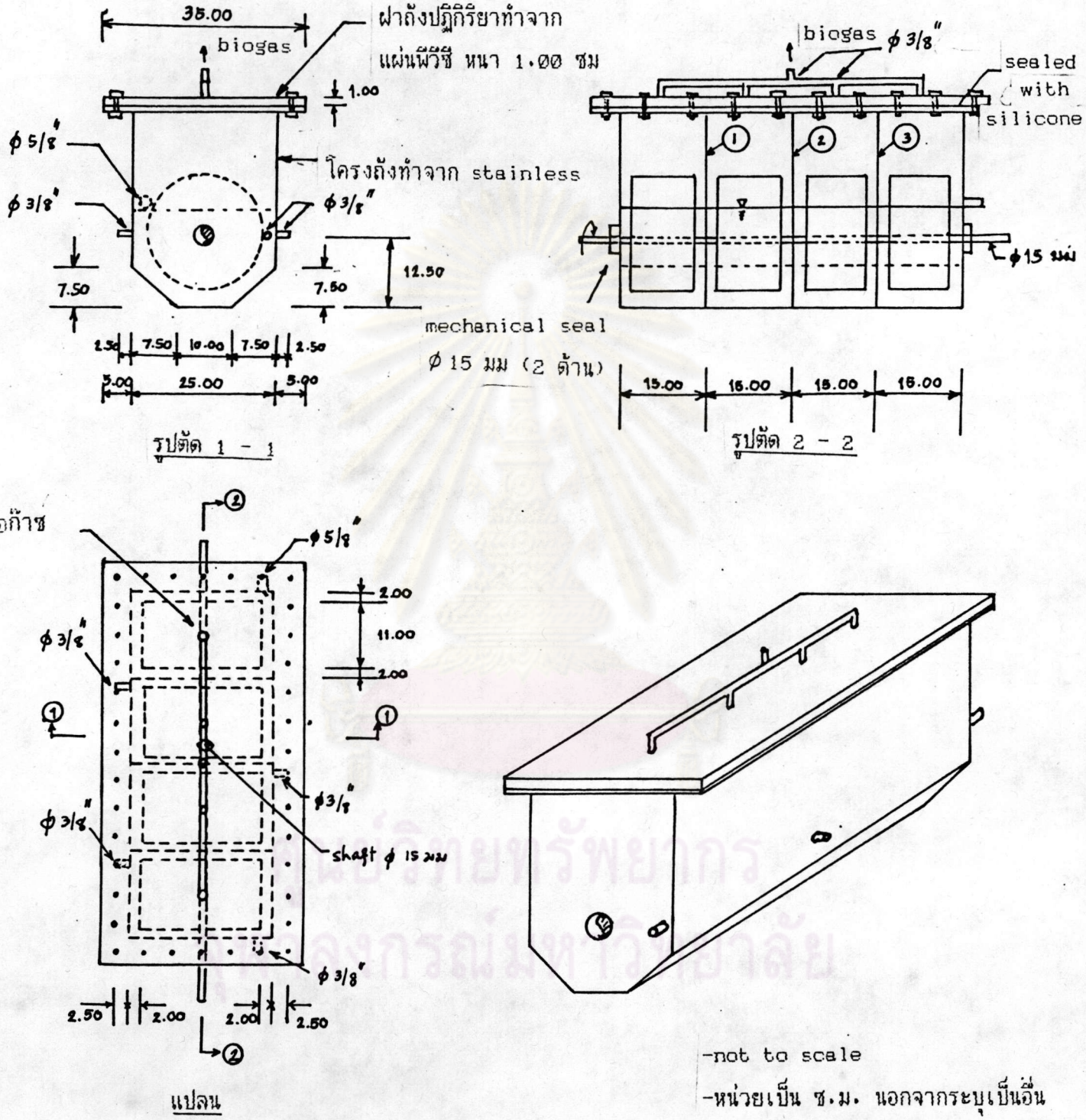
4.3.1 ถังปฏิกิริยาแอนแอโรบิคสับเมอร์จดรัม (Anaerobic submerged drum reactor)

รูปที่ 4.2 แสดงรายละเอียดของถังปฏิกิริยาที่ใช้ในการวิจัยนี้ จากรูปจะเห็นว่า ภายในถังปฏิกิริยาจะถูกแบ่งออกเป็นตอน จำนวน 4 ตอน ในแต่ละตอนจะมีสับเมอร์จดรัมอยู่ตอนละ 1 ตัว ส่วนเพลาซึ่งเห็นจากรูปนี้จะทะลุผ่านจุดศูนย์กลางของสับเมอร์จดรัมทั้ง 4 ตัว และผนังกั้นสแตนเลสของแต่ละตอน ในรูปที่ 4.3 แสดงรายละเอียดของสับเมอร์จดรัมที่ใช้ในการวิจัยนี้ จะเห็นว่าสับเมอร์จดรัมที่ใช้มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 21 ซม. หมุนด้วยความเร็วขอบ = 60 ฟุต/นาที ภายในสับเมอร์จดรัมบรรจุ(packed)ตัวกลางพลาสติกอยู่ เมื่อทดลองหาปริมาณน้ำเสียรวมภายในถังปฏิกิริยาขณะที่สับเมอร์จดรัมหมุน จะมีค่าประมาณ 18 ลิตร แต่เมื่อหยุดหมุนสับเมอร์จดรัม ปริมาณน้ำเสียภายในถังปฏิกิริยาจะมีค่าประมาณ 17.4 ลิตร ซึ่งมีค่าน้อยกว่าปริมาณน้ำเสียรวมขณะที่หมุนสับเมอร์จดรัม ดังนั้น การคำนวณค่าออร์แกนิคโหลดดิงเชิงปริมาตร(volumetric organic loading) จะคิดจากปริมาณน้ำเสียภายในถังปฏิกิริยาขณะที่สับเมอร์จดรัมกำลังหมุนอยู่

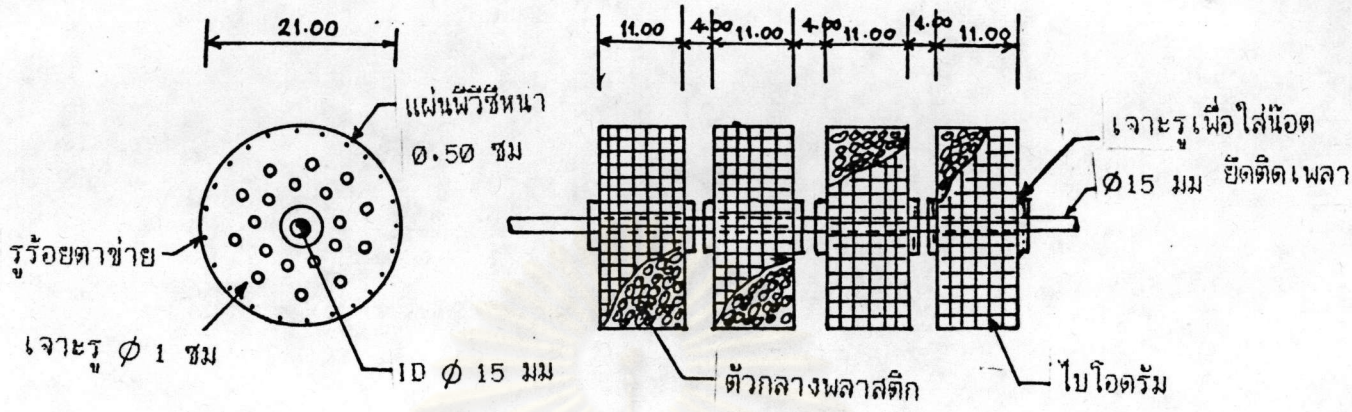
4.3.2 ตัวกลางพลาสติก (Plastic media)

รูปที่ 4.4 แสดงรายละเอียดของตัวกลางพลาสติก ตัวกลางพลาสติกที่ใช้ คือ ฝาจุกพลาสติก ซึ่งทำจาก polyethylene ภายในสับเมอร์จดรัมแต่ละอันจะบรรจุฝาจุกพลาสติกจำนวน 825 อัน ตัวกลางพลาสติกที่ใช้มีคุณสมบัติดังนี้ คือ

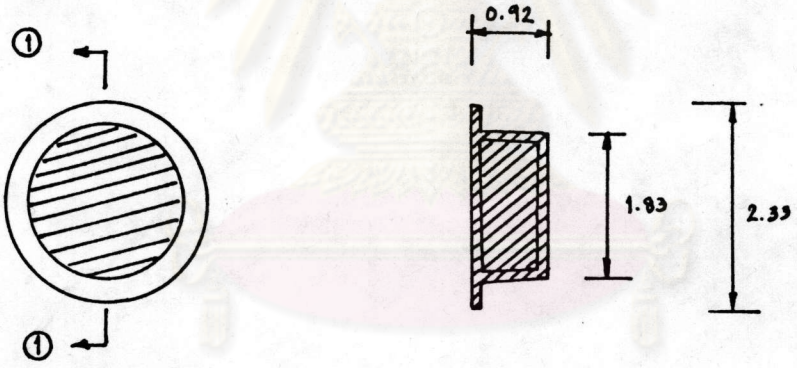
- อัตราส่วนช่องว่าง (void ratio) 6.4
- ความพรุน (porosity) 86.5 %
- จำนวนฝาจุกในแต่ละดรัม 825 อันต่อดรัม
- พื้นที่ผิวของตัวกลางในแต่ละตอน 1.5762 m^2
- พื้นที่ผิวรวมของตัวกลางทั้งระบบ 6.305 m^2
- จำนวนฝาจุกเฉลี่ยในปริมาตร 1 ลิตร 177 อัน
- specific surface area = 338 m^2/m^3



รูปที่ 4.2 รายละเอียดของถังปฏิกิริยาที่ใช้ในการวิจัย



รูปที่ 4.3 รายละเอียดของสับเมอร์จดรัมที่ใช้ในงานวิจัย



รูปที่ 4.4 รายละเอียดของตัวกลางพลาสติก

-not to scale

-หน่วยเป็น ซ.ม. นอกจากระบุเป็นอื่น

วิธีการคำนวนคุณสมบัติต่างๆของตัวกลางได้แสดงอยู่ในภาคผนวก ก

4.3.3 ถังพักน้ำเสีย

ถังพักน้ำมีความจุน้ำเสียได้ 30 ลิตร อุณหภูมิของน้ำเสียจะแปรเปลี่ยนตามอุณหภูมิบรรยากาศ และไม่มีใบกวนน้ำเสียภายในถังพักน้ำเสีย

4.3.4 เครื่องสูบน้ำชนิดรีดสาย (Peristatic pump)

การป้อนน้ำเสียสังเคราะห์เข้าสู่ถังปฏิกิริยาจะใช้เครื่องสูบชนิดรีดสายของบริษัท Watson - Marlow จากประเทศอังกฤษ รุ่น 501S โดยเดินเครื่องวันละ 24 ชม.

4.3.5 ขวดดักก๊าซ

ใช้ขวดขนาด 2.5 ลิตร ตอนบนเสียบด้วยจุกยางมีหลอดแก้วขนาด 3 มม. สองแท่งเสียบอยู่ โดยมีปลายด้านหนึ่งอยู่ใต้น้ำ ส่วนปลายของอีกหลอดหนึ่งอยู่เหนือผิวน้ำเพื่อต่อเข้ากับเครื่องวัดปริมาณก๊าซ

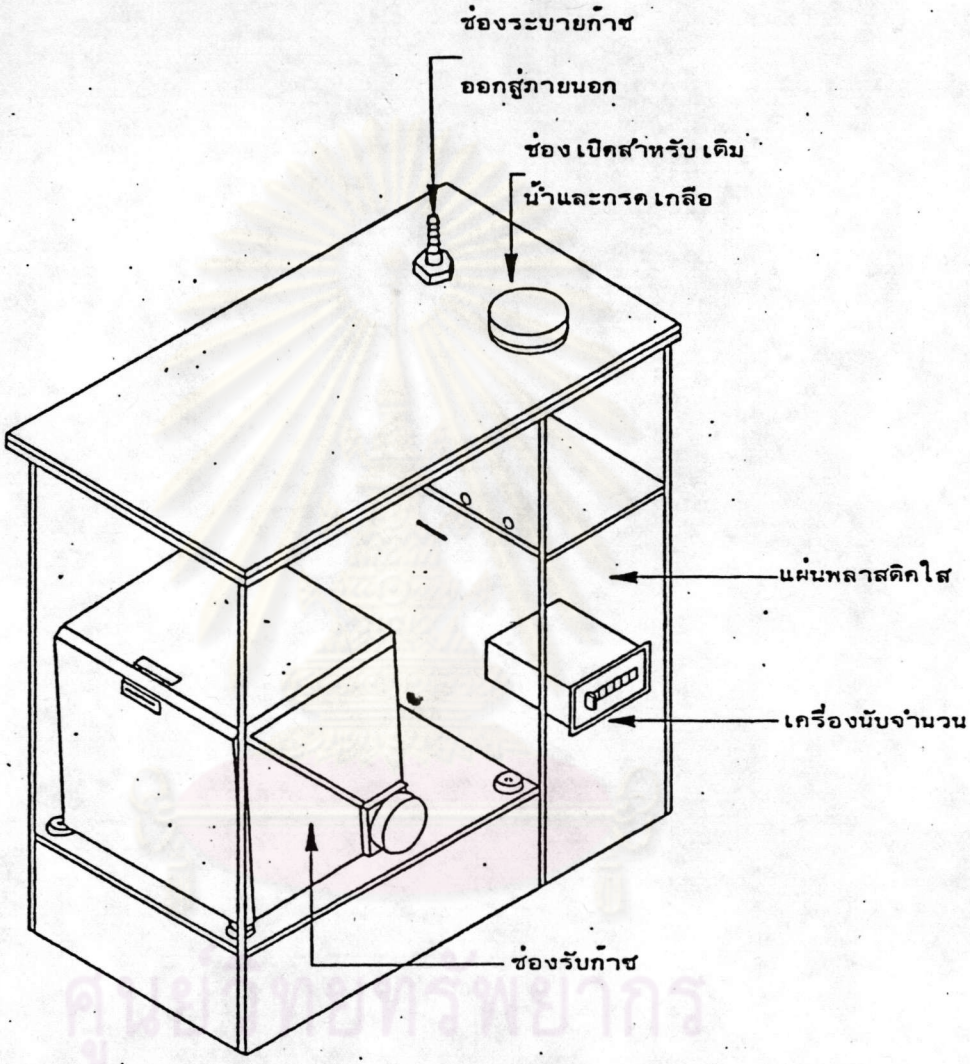
4.3.6 เครื่องวัดปริมาณก๊าซ (gas meter)

ใช้แบบที่สร้างและออกแบบโดยศักดิ์ชัย (32) ดังรูปที่ 4.5

4.3.7 orsat gas analyzer

ใช้ orsat gas analyzer ของ gallenkamp รุ่น GAS-330-X

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.5 เครื่องวัดปริมาณก๊าซ (32)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำและก๊าซ

แผนการเก็บและการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำดูตารางที่ 4.3

4.4.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ

จุดเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่อยู่ภายในถังปฏิกิริยาจะมีด้วยกัน 3 จุด และจุดเก็บน้ำทิ้งซึ่งออกจากถังปฏิกิริยาอีก 1 จุด รวมทั้งหมดเป็น 4 จุด จุดเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่อยู่ภายในถังปฏิกิริยาทั้ง 3 จุดจะอยู่ที่ตอนที่หนึ่ง,สองและสามตามลำดับ ส่วนน้ำเข้าจะเก็บตัวอย่างน้ำจากถังพักน้ำเสียทันทีที่ผสมสารอาหารต่าง ๆ เสร็จ การเก็บตัวอย่างน้ำจะเก็บวันละหนึ่งครั้ง ๆ ละ 200-400 มล. แล้วนำไปวิเคราะห์หาค่าต่าง ๆ ทันที

4.4.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

วิธีวิเคราะห์ลักษณะทางเคมีและทางกายภาพของน้ำมีดังนี้

1) การวิเคราะห์หา ค่าความเป็นด่างและค่าความเข้มข้นกรดโวลาไทล์จะใช้วิธี direct titration ของ Dilello & Albertson (33) ค่าที่วิเคราะห์ได้มีหน่วยเป็น มก./ล. ในรูปของ $CaCO_3$ และ มก./ล. ในรูปของ CH_3COOH ตามลำดับ

2) การวิเคราะห์หา ค่าซีโอดีจะใช้วิธี closed reflux , titration method ตามหนังสือ Standard Method (34), โดยที่มีหน่วยเป็น มก./ล.

3) การวิเคราะห์หา ค่าตะกอนแขวนลอยและตะกอนแขวนลอยโวลาไทล์จะใช้วิธี gravimetric method ตามหนังสือ Standard Method (34) , ค่าที่ได้มีหน่วยเป็น มก./ล.

4) การวิเคราะห์หา ค่าเจลดัลไนโตรเจนรวมจะใช้วิธี distillation and titration ตามหนังสือ Standard Method (34) , ค่าที่ได้มีหน่วยเป็น มก./ล.

ตารางที่ 4.3 แผนการเก็บและการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

ตัวแปรเปลี่ยนตาม	ตำแหน่งของการเก็บตัวอย่าง					
	น้ำเข้า	ตอนที่หนึ่ง	ตอนที่สอง	ตอนที่สาม	น้ำทิ้ง	ก๊าซชีวภาพ
Total COD	A	-	-	-	C	
Filtered COD	-	A	A	A	A	
พีเอช	A	B	B	B	B	
กรดโวลาไทล์	-	A	A	A	A	
ความเป็นด่างรวม	A	A	A	A	A	
ตะกอนแขวนลอย	-	-	-	-	A,C	
ตะกอนแขวนลอย-โวลาไทล์	-	-	-	-	C	
TKN	C	-	-	-	C	
PO_4^{2-}	C	-	-	-	C	
ปริมาณก๊าซที่เกิดต่อวัน	-	-	-	-	-	B
% CO_2	-	-	-	-	-	C

หมายเหตุ A = ตัวแปรตามที่วิเคราะห์สัปดาห์ละ 3 หรือ 4 วัน

B = ตัวแปรตามที่วิเคราะห์ทุกวัน

C = ตัวแปรตามที่วิเคราะห์ในช่วง steady state ในช่วง steady atate จะทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ทุกตัวติดต่อกันเป็นเวลา 3 วัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5) การวิเคราะห์หา ค่าฟอสฟอรัสจะใช้วิธี ascorbic acid method ตามหนังสือ Standard Method (34) , ค่าที่ได้มีหน่วยเป็น มก./ล.

6) การหา ค่าเปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์จะใช้ orsat gas analyzer รุ่น GAS-330-X ของ gallenkamp

7) การวิเคราะห์หา ค่าพีเอช ทำโดยใช้เครื่องวัดพีเอช ของ Beckman

8) การวิเคราะห์หา ค่าโออาร์พี ทำโดยใช้เครื่องวัดโออาร์พี ของ Beckman โดยใช้ Platinum electrodes และ Silver-Silver chloride reference electrode

4.4.3 <u>การวัดและการวิเคราะห์ก๊าซ</u>

ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน วัดได้จากเครื่องวัดปริมาณก๊าซ (gas meter) ซึ่งใช้แบบที่สร้างและออกแบบโดยศักดิ์ชัย (32) เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ ไม่ได้วิเคราะห์หาส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นโดยใช้เครื่องวัดก๊าซโครมาโตกราฟี่ (gas chromatography) แต่ใช้เครื่อง orsat gas analyzer วิเคราะห์หาส่วนประกอบของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่านั้น และ สมมติให้ส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพที่เหลือ คือ ก๊าซมีเทน ซึ่งในความเป็นจริงแล้วจะมีก๊าซชนิดอื่น ๆรวมอยู่ในก๊าซชีวภาพนั้นด้วย แต่มีส่วนน้อยจึงไม่นำมาคิด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย