บทที่ 4

การดำเนินการวิจัย

4.1 เครื่องมือในการทดลอง

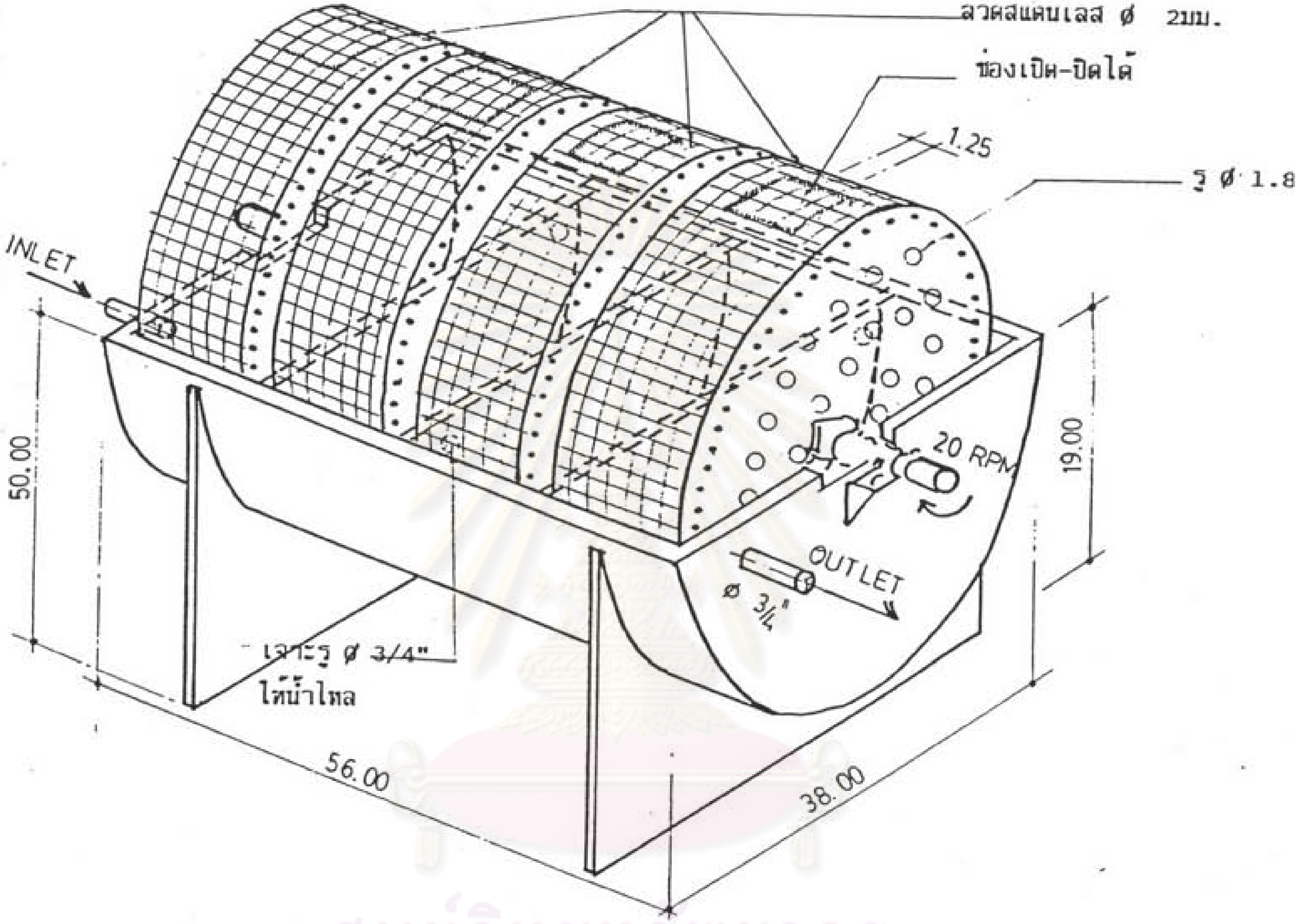
การทดลองครั้งนี้ได้สร้างแบบจำลองของระบบไบโอดรัมเป็นถังเหล็กรูปทรงกระบอกผ่าครึ่ง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 38 ซม. ยาว 56 ซม. เคลือบภายในด้วยฟลิ้นโค้ทเพื่อป้องกันการผุกร่อน ถังนี้เป็นถังปฏิกิริยาซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ตอนเท่า ๆ กัน แต่ละตอนกว้าง 14 ซม. ในถังปฏิกิริยาแต่ละตอนจะติดตั้งไบโอดรัมตอนละชุด ไบโอดรัมแต่ละชุดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 ซม. ยาว 9 ซม. ติดตั้งอยู่บนเพลาเดียวกันขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มม. ภายในไบโอดรัมบรรจุตัวกลางที่ทำด้วยไม้ไผ่อยู่เต็มด้านบนของแผ่นกั้นมีช่องเปิดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 ซม. สำหรับใช้น้ำไหลล้นผ่านไปในถังปฏิกิริยาแต่ละตอน ดูรูปที่ 4.1 - รูปที่ 4.3

ไม้ไผ่ที่บรรจุอยู่ในไบโอดรัมทำหน้าที่เป็นตัวกลางหรือวัสดุยึดเกาะสำหรับจุลินทรีย์มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกประมาณ 2.5 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลางภายในประมาณ 1.5 ซม. ยาว 3 ซม. มีพื้นที่ผิวประมาณ 43.75 ตร.ซม. บรรจุอยู่ในโครงลวดตะแกรงสเตนเลสเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มม. โดยมีระยะห่างระหว่างลวดแต่ละเส้น 1.25 ซม. สานกันเป็นรูปทรงกระบอก ด้านหัวและท้ายของไบโอดรัมเป็นแผ่นสเตนเลส ซึ่งเจาะรูกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.8 ซม. จำนวน 30 รู โครงลวดตะแกรงนี้มีช่องเปิดปิดสำหรับบรรจุไม้ไผ่จำนวนตอนละประมาณ 200 ชิ้น โดยมีพื้นที่ผิวตอนละ 0.875 ตร.ม. คิดรวมทั้งสิ้นเป็น 3.5 ตร.ม. ไบโอดรัมทั้ง 4 ชุด ยึดอยู่บนแกนหมุนซึ่งขับด้วยมอเตอร์ และทำการทดรอบจนทำให้สามารถหมุนด้วยอัตราความเร็ว 20 รอบต่อนาที และมีความเร็วรอบของไบโอดรัม 18.8 เมตรต่อนาที

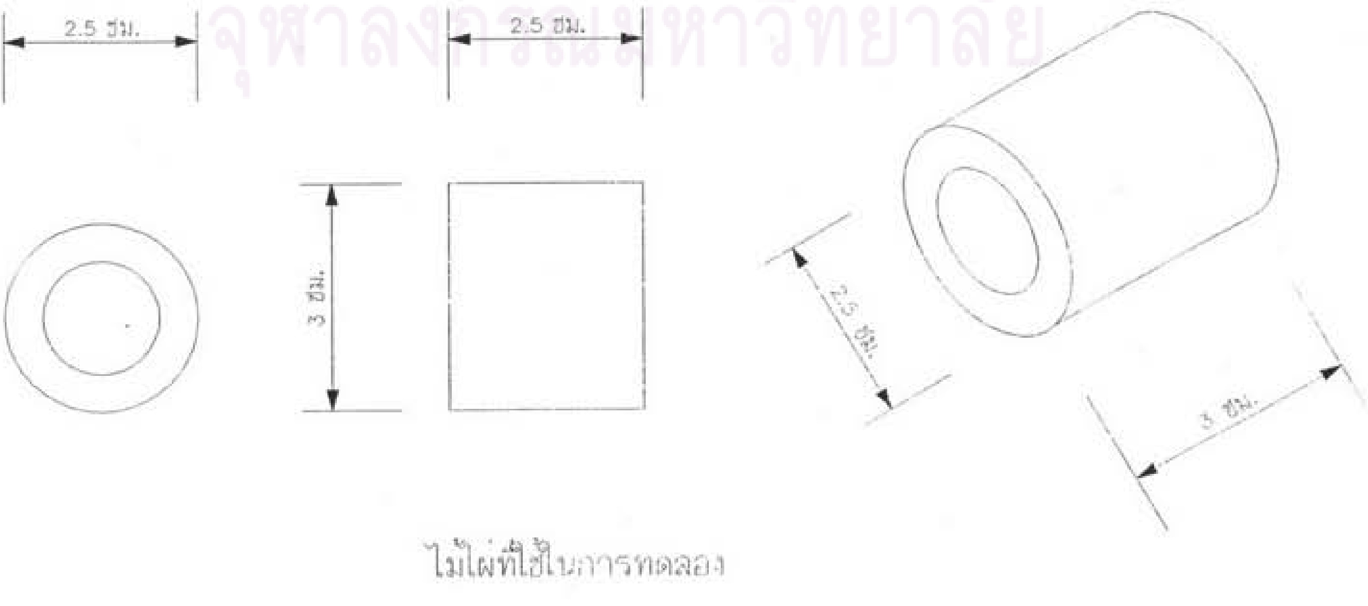
ด้านล่างของถังปฏิกิริยาแต่ละตอนมีช่องเปิดสำหรับระบายตะกอนซึ่งเป็นเมือกจุลินชีพที่หลุดลอกจากวัสดุยึดเกาะเป็นวาล์วพีวีซีขนาด 1.3 ซม. รายละเอียดของถังปฏิกิริยา และไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.1 ไบโอดรัมและไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดลอง



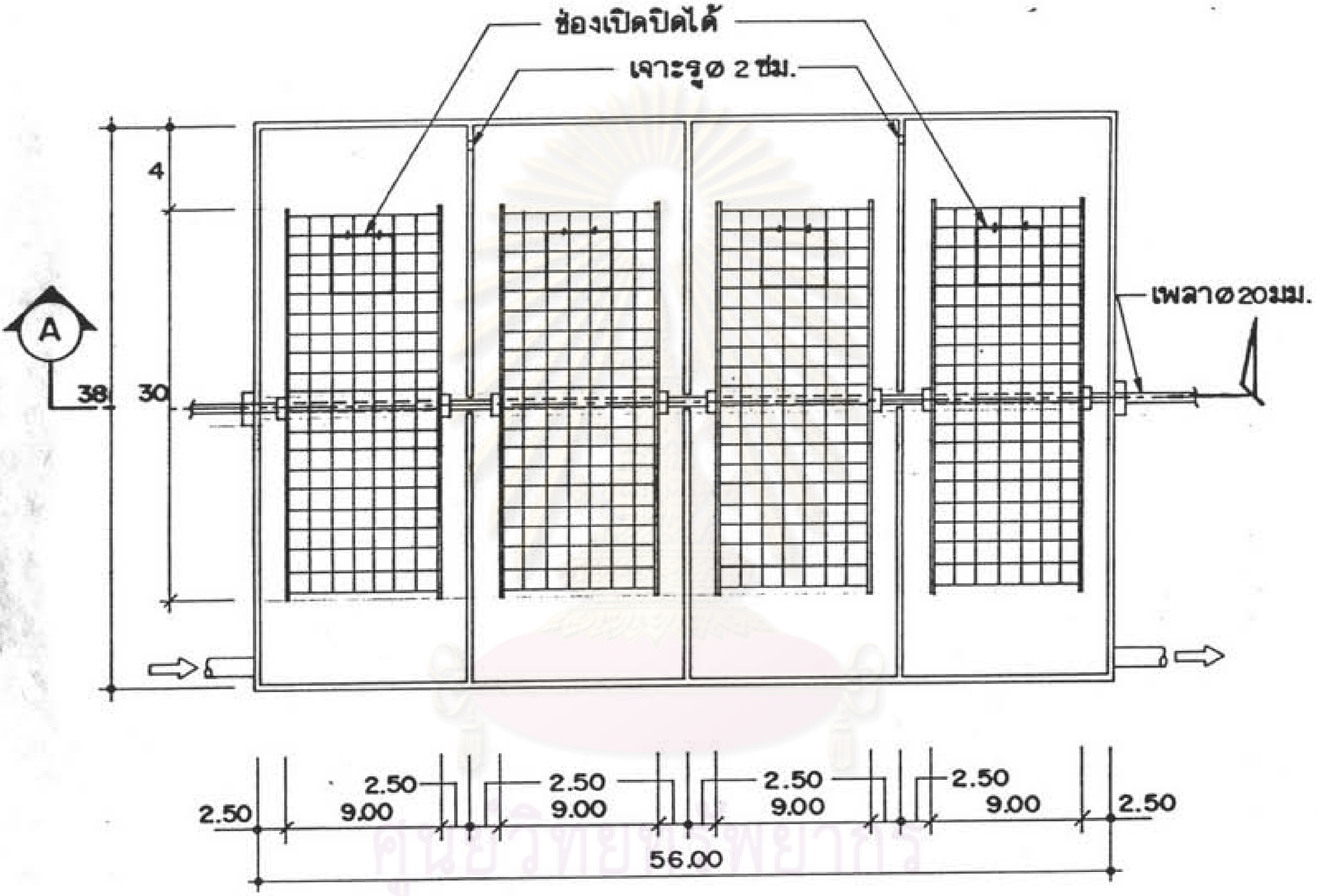
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดลอง

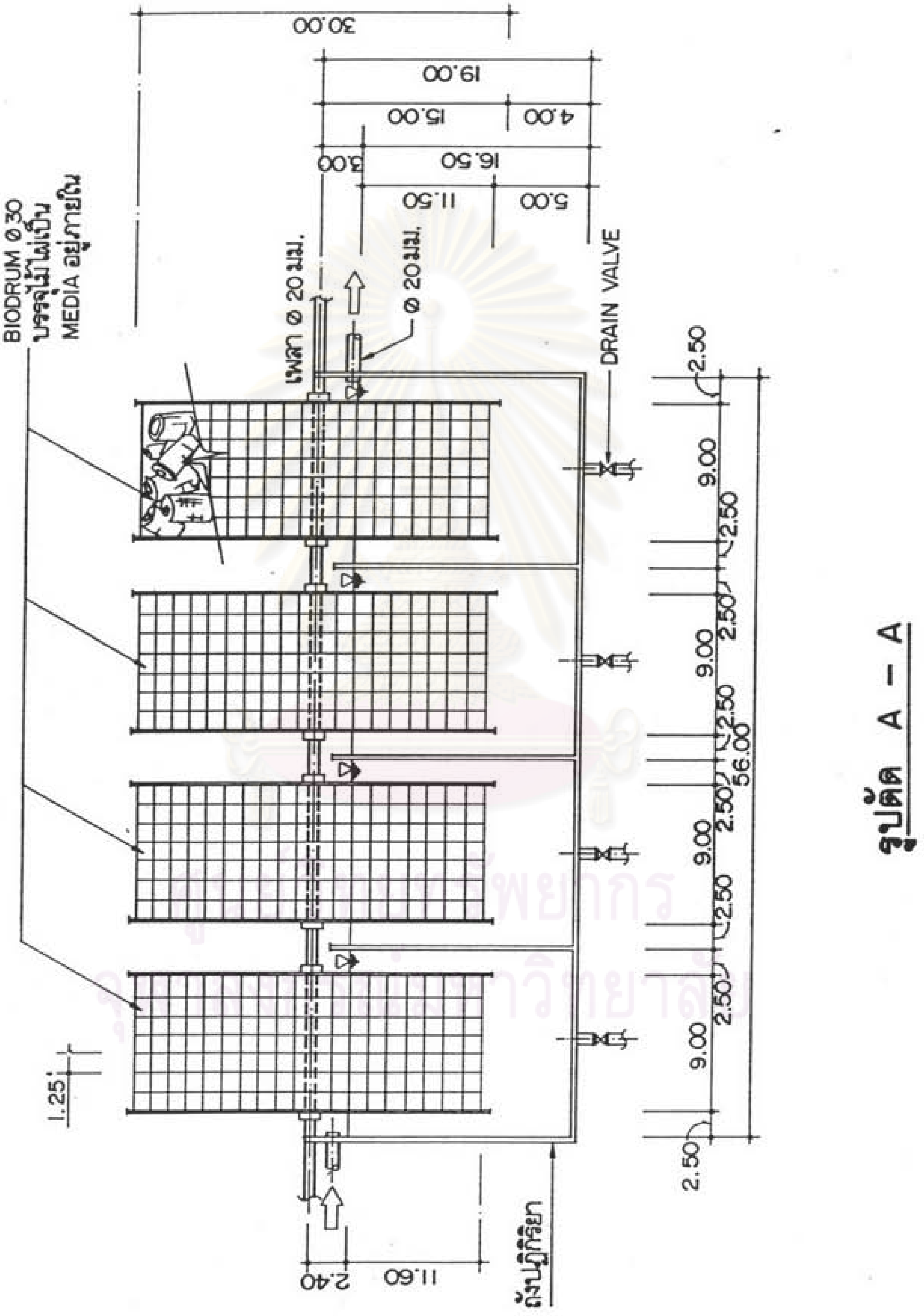
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.2 รูปแปลนของไบโอดรัม



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.3 รูปตัดของไบโอดรัม



ตารางที่ 4.1 รายละเอียดของถังปฏิกิริยาและส่วนประกอบที่ใช้ในการวิจัย

องค์ประกอบ	หน่วย	รายละเอียด
จำนวนตอน	ตอน	4
ความยาวของถังปฏิกิริยา	เซนติเมตร	56
เส้นผ่าศูนย์กลางถังปฏิกิริยา	เซนติเมตร	38
เส้นผ่าศูนย์กลางไบโอดรัม	เซนติเมตร	30
ความยาวของถังไบโอดรัม	เซนติเมตร	9
พื้นที่ผิวของวัสดุยึดเกาะแต่ละตอน	ตารางเมตร	0.875
พื้นที่ผิวทั้งหมด	ตารางเมตร	3.5
อัตราส่วนการจมน้ำของตัวกลาง	เปอร์เซนต์	40
ปริมาตรของน้ำในถังปฏิกิริยา	ลิตร	20
ปริมาตรของน้ำในถังฯ ขณะเดินเครื่อง	ลิตร	22
ความเร็วในการหมุนไบโอดรัม	รอบ/นาที	20
ความเร็วรอบของไบโอดรัม	รอบ/นาที	18.8

4.2 น้ำเสียสำหรับการวิจัย

น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำเสียสังเคราะห์ซึ่งเตรียมจากนมถั่วเหลือง เครื่องหมายการค้าตราไวตามิลค์ โดยทำการเตรียมให้มีอัตราส่วนของ COD : N : P ประมาณ 150 : 5 : 1 และทำการเตรียมน้ำเสียวันต่อวันในปริมาตรที่เพียงพอสำหรับอัตราการไหลหรือภาระชลศาสตร์ที่แต่ละการทดลอง

สารเคมีที่ใช้ในการเตรียมน้ำเสียประกอบด้วย Urea, KH_2PO_4 , $MgSO_4$, C_aCl_2 และ $FeCl_3$ ค่าความเข้มข้นของน้ำเสียแต่ละการทดลองเป็น 1,000 , 500 และ 300 มก. ซีโอดี/ลิตร อัตราส่วนของสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมน้ำเสียได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 น้ำเสียที่ใช้ในการวิจัย

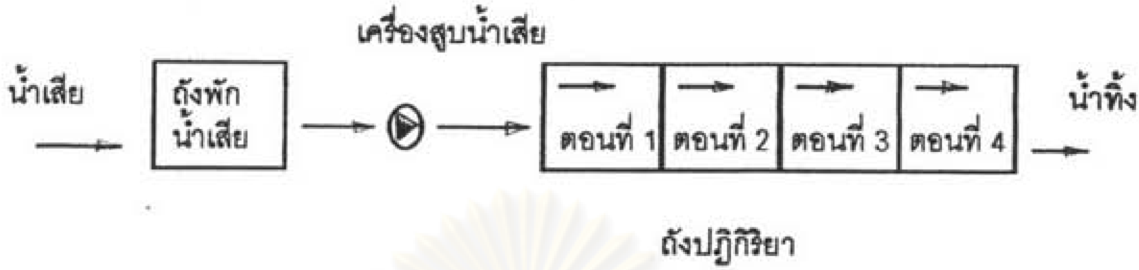
สารประกอบที่ใช้	ความเข้มข้นของน้ำเสีย (มก. ซีโอดี/ลิตร)					
	300		500		1,000	
	ml/l	mg/l	ml/l	mg/l	ml/l	mg/l
นมถั่วเหลือง	1.3	-	2.20		4.40	
UREA	-	12		20		40
KH_2PO_4	-	15		25		50
$CaCl_2$	-	6		10		20
$MgSO_4$	-	3		5		10
$FeCl_3$	-	1.2		2		4

COD : N : P ~ 150 : 5 : 1

pH ~ 7 - 7.5

4.3 แผนการวิจัย

ถังปฏิกิริยาที่ใช้วิจัยได้ทำการติดตั้งที่ห้องปฏิบัติการวิจัยของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่อุณหภูมิห้อง การวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ชุด โดยมีตัวแปร 2 ตัว ได้แก่ ความเข้มข้นของน้ำเสียและภาระบรรทุกชลศาสตร์ (Hydraulic Loading) การป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบใช้เครื่องสูบน้ำเสียแบบ Peristatic Pump ทำการสูบน้ำเสียที่เตรียมและเก็บในถังเก็บน้ำเสียพลาสติก ความจุประมาณ 500 ลิตร เข้าสู่ถังปฏิกิริยาแลไบโอดรัมแต่ละตอนดัง Flow Diagram ของระบบที่แสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 Flow Diagram ของการวิจัย

ความเข้มข้นของน้ำเสียที่เป็นตัวแปรในการวิจัยแต่ละชุดเป็น 500 , 1,000 และ 300 มก. ซีโอดี/ลิตร และค่าภาระบรรทุกชลศาสตร์สำหรับความเข้มข้นของน้ำเสีย 500 และ 1,000 มก. ซีโอดี/ลิตร มีค่า 4 ค่า คือ 25 , 50 , 75 และ 100 ลิตร/ตรม.-วัน และสำหรับความเข้มข้นของน้ำเสีย 300 มก. ซีโอดีต่อลิตร มีเพียงค่าเดียวคือ 100 ลิตร/ตรม.-วัน ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าภาระบรรทุกชลศาสตร์ของความเข้มข้นในแต่ละการทดลองทำให้การวิจัยมีการเปลี่ยนแปลงภาระบรรทุกอินทรีย์ (Organic Loading) ในรูปของซีโอดีรวมทั้งหมด 9 ค่า ดังแสดงในตารางที่ 4.3

4.4 <u>พารามิเตอร์ที่ควบคุม</u>

พารามิเตอร์ที่ควบคุมให้มีค่าคงที่ตลอดทุกการทดลองได้แก่

1. จำนวนตอนของระบบไบโอดรัมที่ใช้ตลอดการวิจัยทุกชุดมี 4 ตอน
2. จำนวนรอบการหมุนของไบโอดรัมเป็น 20 รอบ/นาที หรือความเร็วรอบของไบโอดรัมที่ 18.8 เมตร/วินาที
3. ตัวกลางที่ใช้ในไบโอดรัมทุกชุดและทุกการทดลองคือไม้ไผ่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกเฉลี่ย 2.5 ซม. และเส้นผ่าศูนย์กลางภายในเฉลี่ย 1.5 ซม.
4. พื้นที่ผิวของตัวกลางของไบโอดรัม แต่ละตอนเป็น 0.875 ตารางเมตร
5. อัตราการจมน้ำของตัวกลางเป็น 40% ของพื้นที่หน้าตัดของไบโอดรัม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิจัย

การทดลองชุด	ความเข้มข้นของน้ำเสีย (มก. ซีโอดี/ลิตร)	ภาระบรรทุกชลศาสตร์ (ลิตร/ตรม.-วัน)	ภาระบรรทุกอินทรีย์ (ก. ซีโอดี/ตรม.-วัน)	อัตราการไหล		ระยะเวลาเก็บกัก
				ลิตร/วัน	ลิตร/ชม.	ชม. : นาที
1	500	25	12.5	87.5	3.65	6 : 00
		50	25	175	7.29	3 : 00
		75	37.5	262.5	10.95	2 : 00
		100	50	350	14.60	1 : 30
2	1,000	25	25	87.5	3.65	6 : 00
		50	50	175	7.29	3 : 00
		75	75	262.5	10.95	2 : 00
		100	100	350	14.60	1 : 30
3	300	100	30	350	14.60	1 : 30

4.5 <u>พารามิเตอร์ที่แปรเปลี่ยน</u>

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พารามิเตอร์ที่เป็นตัวแปรเปลี่ยนตามที่วิเคราะห์ได้แก่

1. พีเอช (pH)
2. ตะกอนแขวนลอย (Suspended Solids, SS)
3. ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand)
4. ปริมาตรของตะกอนจุลชีพที่ทิ้งให้ตะกอนในกระบอกตวงขนาด 1 ลิตร เป็นเวลา 30 นาที (SV_{30})
5. ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen)
6. เจลดัลไนโตรเจนรวม (Total Kjeldahl Nitrogen, TKN)
7. ฟอสฟอรัส (Phosphorus, P)

4.6 <u>การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์น้ำ</u>

การเก็บตัวอย่างน้ำจะเก็บตามตำแหน่งต่าง ๆ ได้แก่ น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ น้ำเสียในถังปฏิกิริยาแต่ละตอนและน้ำทิ้ง การเก็บตัวอย่างน้ำที่เข้าสู่ระบบจะเก็บจากถังพักน้ำเสียทันทีที่เตรียมน้ำเสียเสร็จ ส่วนน้ำเสียในถังปฏิกิริยาจะเก็บ 4 จุดด้วยกัน ได้แก่ ถังปฏิกิริยาตอนที่ 1, 2 , 3 และ 4 ตามลำดับ สำหรับน้ำทิ้งที่ออกจากตัวถังปฏิกิริยาแล้วนำไปวิเคราะห์ค่าต่างๆ ในทันที การเก็บตัวอย่างน้ำจะเก็บวันเว้น แผนการเก็บและการวิเคราะห์น้ำได้แสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แผนการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

ตัวแปร	ตำแหน่งของการเก็บตัวอย่างน้ำ						
	น้ำเข้า	ตอนที่ 1	ตอนที่ 2	ตอนที่ 3	ตอนที่ 4	น้ำทิ้ง	น้ำทิ้งหลังการตกตะกอน
พีเอช	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-
ซีโอดี	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ของแข็งแขวนลอย	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ไนโตรเจนทั้งหมด	✓	-	-	-	-	-	✓
ฟอสฟอรัส	✓	-	-	-	-	-	✓
SV_{30}	-	✓	✓	✓	✓	✓	-
ออกซิเจนละลายน้ำ	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.7 เทคนิคการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

วิธีวิเคราะห์ลักษณะทางเคมีและทางกายภาพของตัวอย่างน้ำมีดังนี้

1. การวิเคราะห์หาค่าซีโอดีใช้วิธี Closed Reflux Titration Method ตาม Standard Method ของ American Public Health Association (APHA)
2. การวิเคราะห์ค่าตะกอนแขวนลอยใช้วิธี Gravimetric Method ตาม Standard Method ของ APHA
   การวิเคราะห์หาค่าเจลดัลไนโตรเจนรวมจะใช้วิธี Kjeldahl Method ตาม Standard Method ของ APHA
   การวิเคราะห์ค่าฟอสฟอรัสใช้วิธี Ascobic Acid Method ตาม Standard Method ของ APHA
   การวิเคราะห์ pH ใช้เครื่อง pH ของ Beckman
   การวิเคราะห์หาค่า SV_{30} ใช้ตกตะกอนในกระบอกตวงขนาด 1 ลิตร เป็นเวลา 30 นาที ตาม Standard Method ของ APHA

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย