บทที่ 3

การวางแผนการวิจัย

3.1 แผนการทดลอง

การทดลองทั้งหมดกระทำที่ห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยในการทดลองจะแบ่งเป็น 2 ช่วง ดังนี้

3.1.1 ทดลองเดินระบบอีจีเอสบี

ในการทดลองเดินระบบอีจีเอสบีนี้จะทำการศึกษาโดยกำหนดค่าตัวแปรอิสระ คือ

- ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (Organic Loading) เท่ากับ 6, 9 และ 12 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน
- ความเร็วไหลขึ้นในถังปฏิกรณ์ (Upflow Velocity) ที่ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ในแต่ละค่าดังกล่าว โดยจะทำการเปลี่ยนแปลงค่าความเร็วไหลขึ้นในถังปฏิกรณ์เป็น 3, 5 และ 7 ม./ชม.

รายละเอียดการทดลองเดินระบบอีจีเอสบีที่ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดการทดลองที่ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ

การทดลองที่	ซีโอดีเฉลี่ยของน้ำเสีย (มก./ล.)	ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)	เวลากักน้ำหรือ HRT (ชั่วโมง)	อัตราการสูบน้ำเสียเข้าระบบ (ลิตร/วัน)
1	3,000	6	12	4
2	3,000	9	8	6
3	3,000	12	6	8

ในการทดลองของระบบอีจีเอสบีแต่ละค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ จะเปลี่ยนค่าความเร็วไหลขึ้นในถังปฏิกรณ์ ดังตารางที่ 3.2 โดยการปรับอัตราการสูบน้ำเวียนกลับในระบบ

ตารางที่ 3.2 แสดงอัตราการสูบน้ำเวียนกลับที่แปรตามความเร็วไหลขึ้นในถังปฏิกรณ์ และค่าภาระบรรทุกอินทรีย์ต่างๆ

การทดลองที่	ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)	ความเร็วไหลขึ้น (ม./ชม.)	อัตราการสูบน้ำรวม (ลิตร/วัน)	อัตราการสูบน้ำเสียเข้าระบบ (ลิตร/วัน)	อัตราการสูบน้ำเวียนกลับ (ลิตร/วัน)
1/1	6	3	144	4	140
1/2	6	5	240	4	236
1/3	6	7	336	4	332
2/1	9	3	144	6	138
2/2	9	5	240	6	234
2/3	9	7	336	6	330
3/1	12	3	144	8	136
3/2	12	5	240	8	232
3/3	12	7	336	8	328

เมื่อได้ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ และความเร็วไหลขึ้นในถังปฏิกรณ์ของระบบอีจีเอสบีที่เหมาะสมที่สุดแล้วจะทำการทดลองต่อในช่วงที่ 2

3.1.2 ทดลองเดินระบบอีจีเอสบี - ถังกรองชีวภาพ

ในการทดลองเดินระบบถังกรองชีวภาพแบบแอนอกซิก - ออกซิก ต่อจากระบบอีจีเอสบีโดยเลือกค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ และความเร็วไหลขึ้นในถังปฏิกรณ์ของระบบอีจีเอสบีที่เหมาะสมจากช่วงที่ 1 นั้นจะใช้อัตราส่วนช่วงแอนอกซิก : ออกซิก ของระบบถังกรองชีวภาพเท่ากับ 1 : 1 และ 2 : 1 โดยมีการเติมอากาศที่ระดับ 50 ซม. และ 67 ซม. นับจากด้านล่างของถังปฏิกรณ์ ตามลำดับ ดังตารางที่ 3.3 ซึ่งจะมีการเวียนน้ำในระบบถังกรองชีวภาพเท่ากับ 200 % เทียบกับอัตราสูบน้ำเสียเข้าระบบ

ตารางที่ 3.3 แสดงอัตราส่วนช่วงแอนอกซิก : ออกซิก ของระบบถังกรองชีวภาพ

การทดลองที่	อัตราส่วนช่วงแอนอกซิก : ออกซิก (เทียบกับปริมาตร)
1	1 : 1
2	2 : 1

3.2 การเตรียมน้ำเสีย

การเตรียมน้ำเสียจะใช้น้ำเสียจากสะพานปลาสมุทรสาคร ตำบลมหาชัย อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร โดยในการทดลองจะนำน้ำเสียดังกล่าวมาทำการเจือจางให้ได้ค่าซีโอดีประมาณ 3000 มก./ล. ก่อนป้อนเข้าสู่ระบบอีจีเอสบี โดยเบื้องต้นน้ำเสียจากสะพานปลาแห่งนี้มีพารามิเตอร์ต่างๆ ดังตารางที่ 3.4 ดังนี้

ตารางที่ 3.4 พารามิเตอร์ต่างๆ ของน้ำเสียสะพานปลาสมุทรสาคร (กรมควบคุมมลพิษ, 2544)

พารามิเตอร์	หน่วย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ความเค็ม	พีพีที	10	20
ความเป็นกรด - ด่าง	-	6.5	7.8
ความเข้มข้นบีโอดี	มก./ล.	1200	6000
ความเข้มข้นซีโอดี	มก./ล.	3000	9000
ปริมาณไนโตรเจน - ทีเคเอ็น	มก./ล.	500	1200
ปริมาณแอมโมเนีย	มก./ล.	350	850
ปริมาณของแข็งแขวนลอย	มก./ล.	1000	2500
สภาพด่างทั้งหมด	มก./ล as $CaCO_3$	1200	2300

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง มีดังนี้

1) ถังพักน้ำเสีย

ใช้ถังพลาสติกขนาด 25 ลิตร

2) เครื่องสูบน้ำเสียเข้าสู่ระบบและเครื่องสูบน้ำเสียเวียนกลับ

ถังปฏิกรณ์อีจีเอสบี 1 ชุด จะประกอบไปด้วยเครื่องสูบน้ำ 2 ตัว ได้แก่ เครื่องสูบน้ำเสียเข้าสู่ระบบ 1 ตัว และเครื่องสูบน้ำเสียเวียนกลับ 1 ตัว โดยที่น้ำเสียจากสะพานปลาจะถูกสูบเข้าสู่ระบบอย่างต่อเนื่องจากถังพักน้ำเสียไปยังทางเข้าของแบบจำลองถังปฏิกรณ์อีจีเอสบี ในขณะเดียวกันที่ทางเข้าจุดเดียวกันนี้ก็จะมีน้ำที่ถูกสูบด้วยเครื่องสูบน้ำเวียนกลับแบบต่อเนื่องเพื่อทำหน้าที่เพิ่มความเร็วไหลขึ้นในถังปฏิกรณ์ เครื่องสูบน้ำในช่วงอัตราการสูบที่มีค่าต่ำจะเป็นเครื่อง

สูบน้ำแบบรีดสาย (Peristaltic pump) และในกรณีที่อยู่ในช่วงอัตราการสูบที่มีค่าสูงจะใช้ Diaphram pump

ถังปฏิกรณ์ถังกรองชีวภาพ 1 ชุดจะประกอบไปด้วยเครื่องสูบน้ำ 2 ตัว ได้แก่ เครื่องสูบน้ำเสียเข้าสู่ระบบ 1 ตัว และเครื่องสูบน้ำเสียเวียนกลับ 1 ตัว เช่นเดียวกับถังปฏิกรณ์อีจีเอสบี

3) แบบจำลองถังปฏิกรณ์อีจีเอสบี

ใช้แบบจำลองระดับห้องปฏิบัติการเป็นท่ออะคริลิกใสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 50 มม. สูง 1.00 ม. จำนวน 3 ชุด รายละเอียดของแบบจำลองแสดงในรูปที่ 3.1

4) แบบจำลองถังปฏิกรณ์ถังกรองชีวภาพ

ใช้แบบจำลองระดับห้องปฏิบัติการเป็นท่ออะคริลิกใสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 84 มม. สูง 1.00 ม. จำนวน 2 ชุด รายละเอียดของแบบจำลองแสดงในรูปที่ 3.2

5) อุปกรณ์วัดก๊าซ

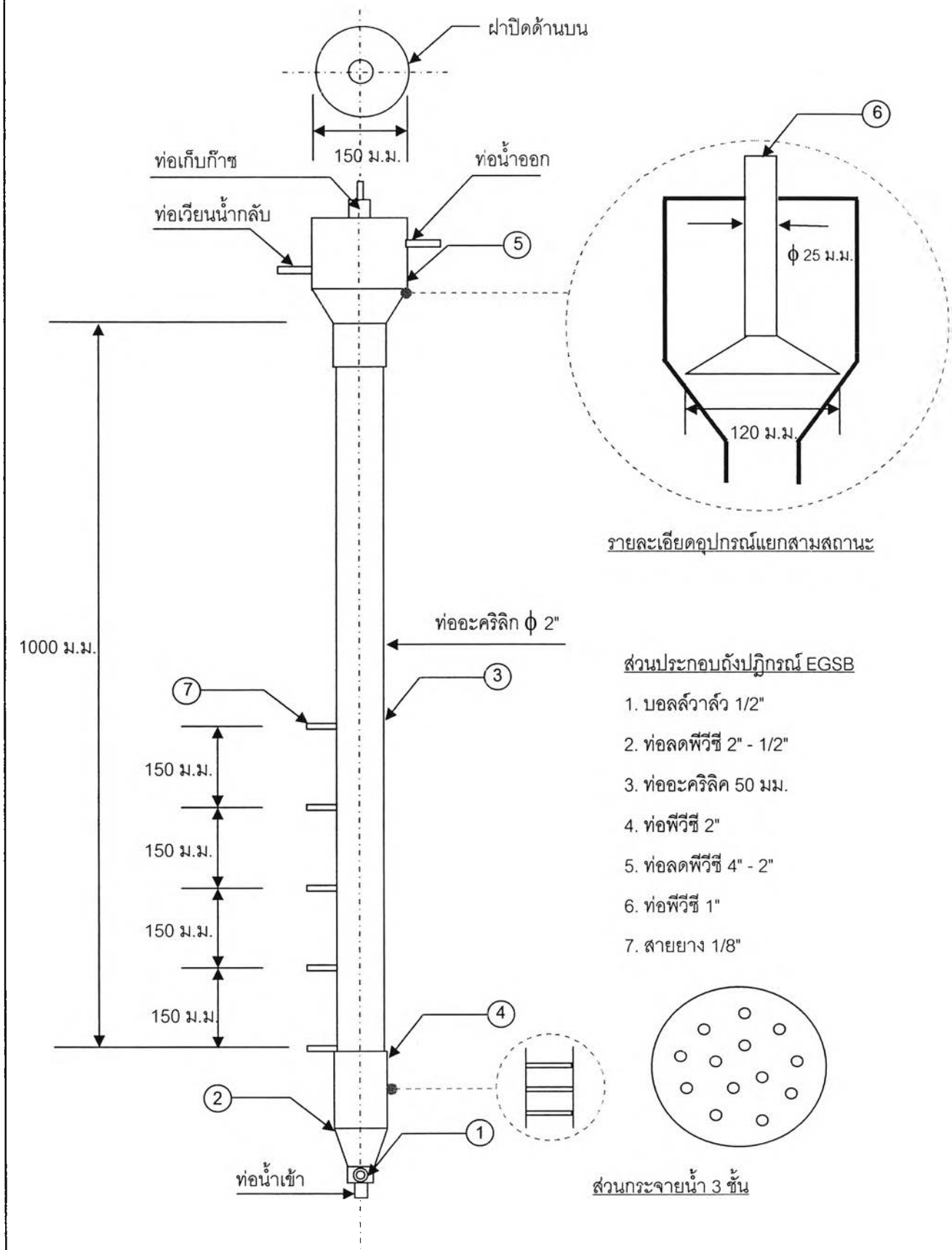
อุปกรณ์วัดก๊าซมีจำนวน 3 ชุด ทำงานโดยใช้หลักการแทนที่น้ำ โดยมีหลอดแทนที่น้ำจากท่อพีวีซี บรรจุน้ำเต็มหลอดแทนที่น้ำต่อกับสายนำก๊าซที่ออกจากถังปฏิกรณ์ โดยก๊าซจะไปแทนที่น้ำที่บรรจุในหลอดแทนที่น้ำ น้ำที่ถูกแทนที่จะถูกเก็บในบีกเกอร์พลาสติกเพื่อวัดปริมาตรน้ำที่ถูกแทนที่ซึ่งเป็นปริมาณก๊าซที่เกิดในระบบ

6) เครื่องเติมอากาศ

ชนิดอัดอากาศ (Air Compressor)

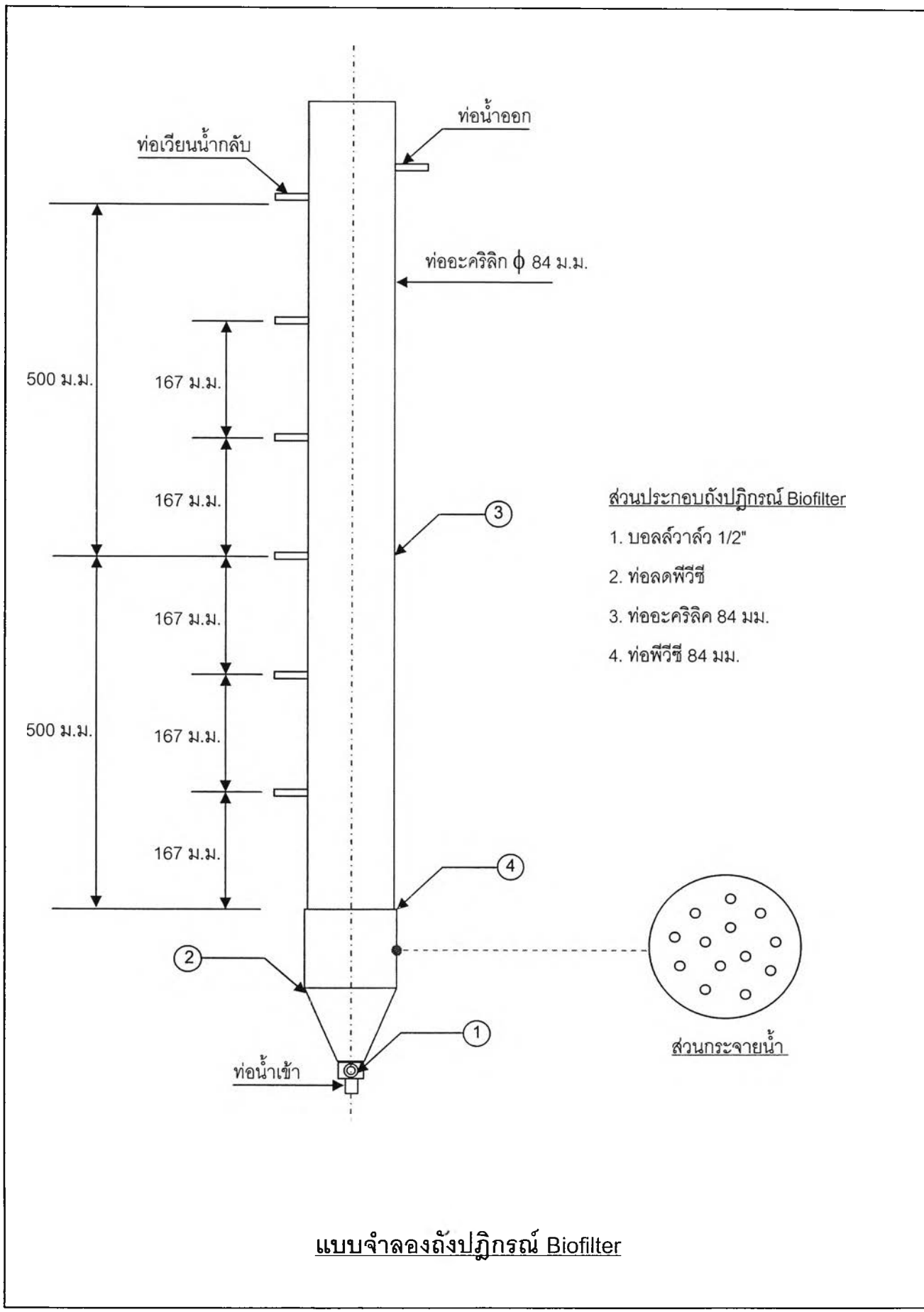
7) ตัวกลาง

วัสดุตัวกลางที่ใช้ในการทดลองเป็นชนิดเดียวกับที่ใช้ในงานวิจัยของปิยะชน สันดุษฎี (2545) โดยตัวกลางที่ใช้ผลิตจากพลาสติกโพลีโพรไพลีนมีลักษณะเป็น Hollow pellet ตามผิวตัวกลางมีรูพรุนขนาดเล็กเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวให้มากขึ้น มีเส้นผ่าศูนย์กลางด้านนอก 4 มม. เส้นผ่าศูนย์กลางด้านใน 3 มม. ยาว 5 มม. ความหนาแน่น 1.003 ก./ลบ.ซม. และได้นำไปหาพื้นที่ผิวตัวกลาง โดยใช้เครื่อง Micromeritics ASAP 2000 (Accelerated Surface Area and Porosimetry System) ของภาควิชาวิศวกรรมเคมี ด้วยวิธี BET Surface พบว่ามีพื้นที่ผิวตัวกลางเท่ากับ 5.4704 ตร.ม./ก. ลักษณะของตัวกลางแสดงดังรูปที่ 3.3



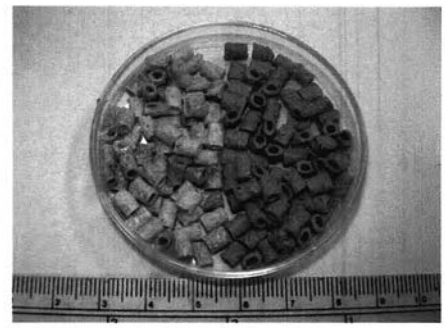
แบบจำลองถังปฏิกรณ์ EGSB

รูปที่ 3.1 แบบจำลองถังปฏิกรณ์อีจีเอสบี



แบบจำลองถังปฏิกรณ์ Biofilter

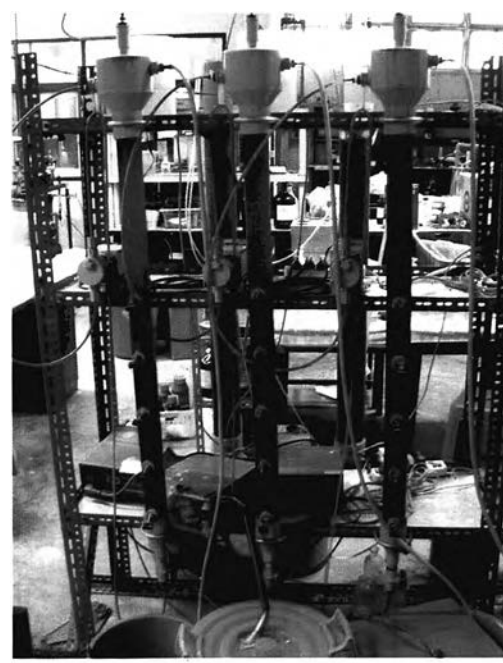
รูปที่ 3.2 แบบจำลองถังกรองชีวภาพ



รูปที่ 3.3 ลักษณะของตัวกลางที่ใช้ในการทดลอง

3.4 การติดตั้งเครื่องมือและหลักการทำงาน

ช่วงที่ 1 : การติดตั้งเครื่องมือและหลักการทำงานของระบบอีจีเอสบีแสดงในรูปที่ 3.4 โดยทำการเริ่มต้น (start up) และการเดินระบบของถังปฏิกรณ์ทั้ง 3 ชุดพร้อมกัน โดยมีขั้นตอนการทำงาน ดังนี้



รูปที่ 3.4 การติดตั้งถังปฏิกรณ์อีจีเอสบี

1. เครื่องสูบน้ำเสียเข้าระบบสูบน้ำเสียจากถังพักน้ำเสีย ส่งไปยังทางเข้าของถังปฏิกรณ์อีจีเอสบี และเครื่องสูบน้ำเวียนกลับจะทำการสูบน้ำเวียนกลับมายังทางเข้า ซึ่งเป็นจุดเดียวกัน

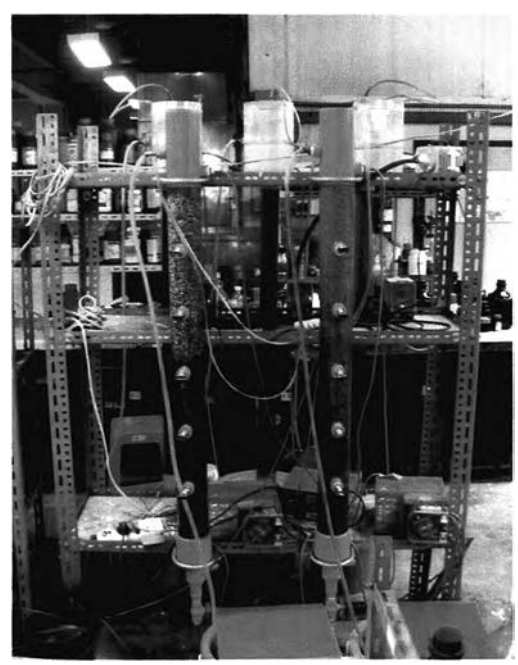
2. น้ำที่ออกจากถังปฏิกรณ์อีจีเอสบี จะไหลล้นต่อไปยังถังพักน้ำที่ผ่านระบบอีจีเอสบี ก๊าซในระบบจะไหลผ่าน GSS ไปยังอุปกรณ์วัดก๊าซ

ช่วงที่ 2 : การติดตั้งเครื่องมือและหลักการทำงานของระบบอีจีเอสบี - ถังกรองชีวภาพ แสดงในรูปที่ 3.5 โดยทำการเริ่มต้น (start up) และการเดินระบบของถังปฏิกรณ์ทั้ง 2 ชุด พร้อมกัน โดยมีขั้นตอนการทำงาน ดังนี้

1. เครื่องสูบน้ำเสียเข้าระบบอีจีเอสบีจะสูบน้ำเสียจากถังพักน้ำเสียส่งไปยังทางเข้าของถังปฏิกรณ์อีจีเอสบี และเครื่องสูบน้ำเวียนกลับของระบบอีจีเอสบีจะทำการสูบน้ำเวียนกลับมายังทางเข้า ซึ่งเป็นจุดเดียวกัน

2. น้ำที่ออกจากถังปฏิกรณ์อีจีเอสบีจะไหลล้นต่อไปยังถังพักน้ำที่ผ่านระบบอีจีเอสบี ก๊าซในระบบจะไหลผ่าน GSS ไปยังอุปกรณ์วัดก๊าซ จากนั้นเครื่องสูบน้ำเข้าระบบถังกรองชีวภาพสูบน้ำจากถังพักน้ำที่ผ่านระบบอีจีเอสบีส่งไปยังทางเข้าของถังกรองชีวภาพ และเครื่องสูบน้ำเวียนกลับของถังกรองชีวภาพสูบน้ำเวียนกลับมายังทางเข้าซึ่งเป็นจุดเดียวกัน

3. น้ำที่ออกจากถังกรองชีวภาพจะไหลล้นต่อไปยังถังเก็บน้ำ



รูปที่ 3.5 การติดตั้งถังกรองชีวภาพ

3.5 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำโดยจะทำการเก็บตัวอย่างที่จุดต่างๆ และความถี่ในการเก็บตัวอย่างแสดงในตารางที่ 3.5 และตารางที่ 3.6 จะแสดงวิธีการวิเคราะห์ของแต่ละพารามิเตอร์ดังนี้

ตารางที่ 3.5 การเก็บตัวอย่างและพารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์

พารามิเตอร์	จุดเก็บตัวอย่าง		
	น้ำเสียเข้า	ถังอีจีเอสบี	ถังกรองชีวภาพ
1. พีเอช	A	A	A
2. โออาร์พี	A	A	A
3. ปริมาณก๊าซทั้งหมด	-	A	-
4. ความเค็ม	A	A	A
5. บีโอดี	C	C	C
6. ซีโอดี (กรอง)	A	A	A
7. สภาพด่างทั้งหมด	A	A	A
8. ของแข็งแขวนลอย	A	A	A
9. กรดไขมันระเหย	A	A	A
10. ออกซิเจนละลาย	-	-	B
11. ปริมาณทีเคเอ็น	B	B	B
12. แอมโมเนียไนโตรเจน	B	B	B
13. ไนไตรท์	-	-	B
14. ไนเตรท	-	-	B
15. วิเคราะห์เม็ดตะกอน	-	D	D
16. วัดขนาดเม็ดตะกอน	-	D	-

หมายเหตุ : A = ตัวแปรที่ทำการวิเคราะห์จันทร์ พุธ และศุกร์

B = ตัวแปรที่ทำการวิเคราะห์จันทร์ และศุกร์

C = ตัวแปรที่ทำการวิเคราะห์สัปดาห์ละครั้ง

D = ทำการวิเคราะห์เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ตารางที่ 3.6 วิธีการวิเคราะห์

ตัวแปรที่วิเคราะห์	วิธีการวิเคราะห์
1. พีเอช	เครื่องวัด pH
2. โออาร์พี	เครื่องวัด ORP
3. ปริมาณก๊าซทั้งหมด	วัดปริมาณก๊าซแบบแทนที่น้ำ
4. ความเค็ม	เครื่องวัด Salinity
5. บีโอดี	วิธีการวิเคราะห์แบบเจือจางโดยไม่เติม seed
6. ซีโอดี (กรอง)	วิธี Close reflux
7. ปริมาณทีเคเอ็น	วิธี Kjedahl
8. สภาพด่างทั้งหมด	วิธี Direct Titration ของ Dilallo & Albertson
9. ของแข็งแขวนลอย	GF/C filter
10. กรดไขมันระเหย	วิธี Direct Titration ของ Dilallo & Albertson
11. ออกซิเจนละลาย	เครื่องวัด DO
12. ไนไตรท์	Ion Chromatography
13. ไนเตรท	Ion Chromatography
14. วิเคราะห์เม็ดตะกอน	SEM
15. ขนาดเม็ดตะกอน	Particle Size Analyzer

3.6 การควบคุมการทดลอง

ในการทดลองนี้สิ่งที่ต้องควบคุมและปฏิบัติ ได้แก่

1. การเตรียมและการป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการไหลที่กำหนดในแต่ละช่วง

2. การทำความสะอาดอุปกรณ์ต่างๆ รวมทั้งการอุดตันภายในท่อสายยางตลอดจนการตรวจสอบการทำงานอุปกรณ์ต่างๆ