บทที่ 3

การวางแผนการวิจัย

การทดลองทั้งหมดกระทำที่ห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1 แผนการทดลอง

การทดลองนี้เป็นการศึกษาค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (Organic Loading) และความเร็วการไหลขึ้น (Upflow Velocity : UV) ที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงค่าเวลากัก ต่อประสิทธิภาพของระบบอีจีเอสบี ที่บำบัดน้ำเสียกากส่าจากโรงงานสุรา บริษัทแสงโสม จำกัด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องควบคุมพารามิเตอร์ต่างๆ ของกระบวนการ

ตัวแปรอิสระที่ทำการศึกษา ได้แก่

- ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (Organic Loading) คือ 5,10 และ 15 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน
- ความเร็วการไหลขึ้นของน้ำเสียในถังปฏิกรณ์ ในเวลากักแต่ละช่วงจะทำการเปลี่ยนแปลงค่าความเร็วไหลขึ้น คือ 3 และ 5 เมตร/ชม. โดยการปรับอัตราการสูบของเครื่องสูบน้ำเวียนกลับ

ตัวแปรตามที่ต้องวิเคราะห์ คือ

- พีเอชและอุณหภูมิ
- โออาร์พี
- ของแข็งแขวนลอยและของแข็งทั้งหมด
- สภาพด่างทั้งหมด
- ซีโอดีละลายในน้ำออกจากระบบ
- ปริมาณก๊าซทั้งหมด
- ร้อยละของปริมาณก๊าซมีเทน
- ความเข้มข้นสีของน้ำกากส่าหลังออกจากระบบ

การทดลองทั้งหมดได้กำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ควบคุม การทำงานดังแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แผนการทดลอง

ชุดการทดลองที่	ซีโอดีเฉลี่ยของน้ำเสีย (มก./ล.)	ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)	เวลากักน้ำเสีย (ชั่วโมง)	อัตราป้อนน้ำเสียเข้าระบบ (ลิตร/วัน)
1	5,000	5	24	2
2	5,000	10	12	4
3	5,000	15	8	6

สำหรับในแต่ละช่วงค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ ค่าอัตราการไหลรวมนี้จะแปรเปลี่ยนตามค่าความเร็วไหลขึ้น (UV) ต่างๆ ตามที่กำหนดไว้ดังตารางที่ 3.2 ซึ่งทำได้โดยการปรับอัตราการสูบเวียนกลับ

ตารางที่ 3.2 แสดงอัตราการสูบน้ำเวียนกลับที่ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลงสัมพันธ์กับค่าความเร็วไหลขึ้น (UV) ในถังปฏิกรณ์

การทดลองที่	พารามิเตอร์				
	ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)	ความเร็วไหลขึ้นในถังปฏิกรณ์ (เมตร/ชม.)	อัตราสูบน้ำเข้าระบบ (ลิตร/วัน)	อัตราป้อนน้ำเสียเข้าระบบ (ลิตร/วัน)	อัตราการสูบน้ำเวียนกลับ (ลิตร/วัน)
1/1	5	3.0	144	2	142
1/2	5	5.0	240	2	238
2/1	10	3.0	144	4	140
2/2	10	5.0	240	4	236
3/1	15	3.0	144	6	138
3/2	15	5.0	240	6	234

<u>หมายเหตุ</u> :

อัตราสูบน้ำเข้าระบบ (ลิตร/วัน) = อัตราป้อนน้ำเสียเข้าระบบ (ลิตร/วัน) + อัตราการสูบน้ำเวียนกลับ (ลิตร/วัน)

3.2 การเตรียมน้ำเสีย

3.2.1 ส่วนประกอบน้ำเสีย

น้ำเสียกากส่า โรงงานผลิตสุรา ของบริษัทแสงโสม จำกัด โดยจากข้อมูลเบื้องต้นน้ำเสียกากส่าแห่งนี้มีพารามิเตอร์ต่างๆ ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 พารามิเตอร์น้ำเสียกากส่าที่ใช้ในการทดลอง

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์
พีเอช	4.60
บีโอดี (มก./ล.)	18,700
ซีโอดี (มก./ล.)	90,000
ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	1,840
ทีเคเอ็น (มก./ล. ไนโตรเจน)	1,700
สภาพด่าง (มก./ล. หินปูน)	3,100
กรดไขมันระเหย (มก./ล. หินปูน)	1,850

3.2.2 วิธีการเตรียมน้ำเสีย

นำน้ำเสียกากส่า ที่มีค่า ซีโอดีเฉลี่ย 90,000 มก./ล. มาเจือจางให้น้ำเสียมีค่าซีโอดีเหลือ 5,000 มก./ล. โดยการนำน้ำเสียกากส่ามาผสมกับน้ำประปาโดยปริมาตร เพื่อให้ได้ค่าซีโอดีประมาณ 5,000 มก./ล. จากนั้นนำน้ำเสียที่เจือจางแล้วมาพักไว้ในถังพลาสติกขนาด 50 ลิตร และทำการปรับค่าพีเอชให้มีค่าประมาณ 7 เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง มีดังนี้

1) ถังพักน้ำเสีย ใช้ถังพลาสติกขนาด 50 ลิตร

2) เครื่องสูบน้ำเสียเข้าสู่ระบบและเครื่องสูบน้ำเสียเวียนกลับ

ถังปฏิกรณ์อีจีเอสบี 1 ชุดจะประกอบไปด้วยเครื่องสูบ 2 ตัว ได้แก่ เครื่องสูบน้ำเสียเข้าสู่ระบบ 1 ตัว และเครื่องสูบน้ำเสียเวียนกลับ 1 ตัว โดยที่น้ำเสียกากส่าที่เจือจางแล้วจะถูกสูบเข้าสู่ระบบแบบต่อเนื่องจากถังพักน้ำเสียไปยังทางเข้าของแบบจำลองถังปฏิกรณ์อีจีเอสบี ในขณะเดียวกันที่ทางเข้าจุดเดียวกันนี้ก็จะมีน้ำเสียที่ถูกสูบด้วยเครื่องสูบเวียนกลับแบบต่อเนื่องเพื่อทำหน้าที่เพิ่มความเร็วไหลขึ้น (UV) ในถังปฏิกรณ์ เครื่องสูบน้ำทั้ง 2 ตัวนี้เป็นเครื่องสูบน้ำแบบรีดสาย (Peristatic Pump) และในกรณีที่อยู่ในช่วงอัตราการสูบที่มีค่าสูงจะใช้ Diaphram Pump

3) แบบจำลองถังปฏิกรณ์อีจีเอสบี

ใช้แบบจำลองระดับห้องปฏิบัติการเป็นท่ออะคริลิกใสเบอร์ 603 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 50 มม. จำนวน 2 ชุด ประกอบด้วย ส่วนย่อยสลายสูง 1.0 เมตร และส่วน

ตกตะกอนซึ่งเป็นอุปกรณ์ท่อพีวีซี สูง 0.3 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 ซม. ส่วนตกตะกอนและส่วนย่อยสลายถูกแยกด้วยอุปกรณ์แยกสามสถานะ ซึ่งทำจากกรวยพลาสติกตัดปลายเบอร์ 4 รายละเอียดของแบบจำลองแสดงในรูปที่ 3.1

4) เครื่องวัดปริมาณก๊าซ

เครื่องวัดปริมาณก๊าซมีจำนวน 2 ชุด ท่อนำก๊าซจากระบบอีจีเอสบีจะต่อเข้ากับเครื่องวัดปริมาณก๊าซที่ทำงานโดยใช้หลักการแทนที่น้ำ ทำจากกระป๋องพลาสติก 2 ใบ ขนาดไม่เท่ากัน ใบเล็กคว่ำซ้อนอยู่ในใบใหญ่ที่บรรจุน้ำเต็มกระป๋องโดยทำการปรับพีเอชน้ำให้ต่ำกว่า 3 เพื่อป้องกันการละลายน้ำของก๊าซชีวภาพ ก๊าซที่ออกจากถังปฏิกรณ์จะไปแทนที่น้ำที่บรรจุในกระป๋องแทนที่น้ำ ดังแสดงในรูปที่ 3.3

3.4 การติดตั้งเครื่องมือและหลักการทำงาน

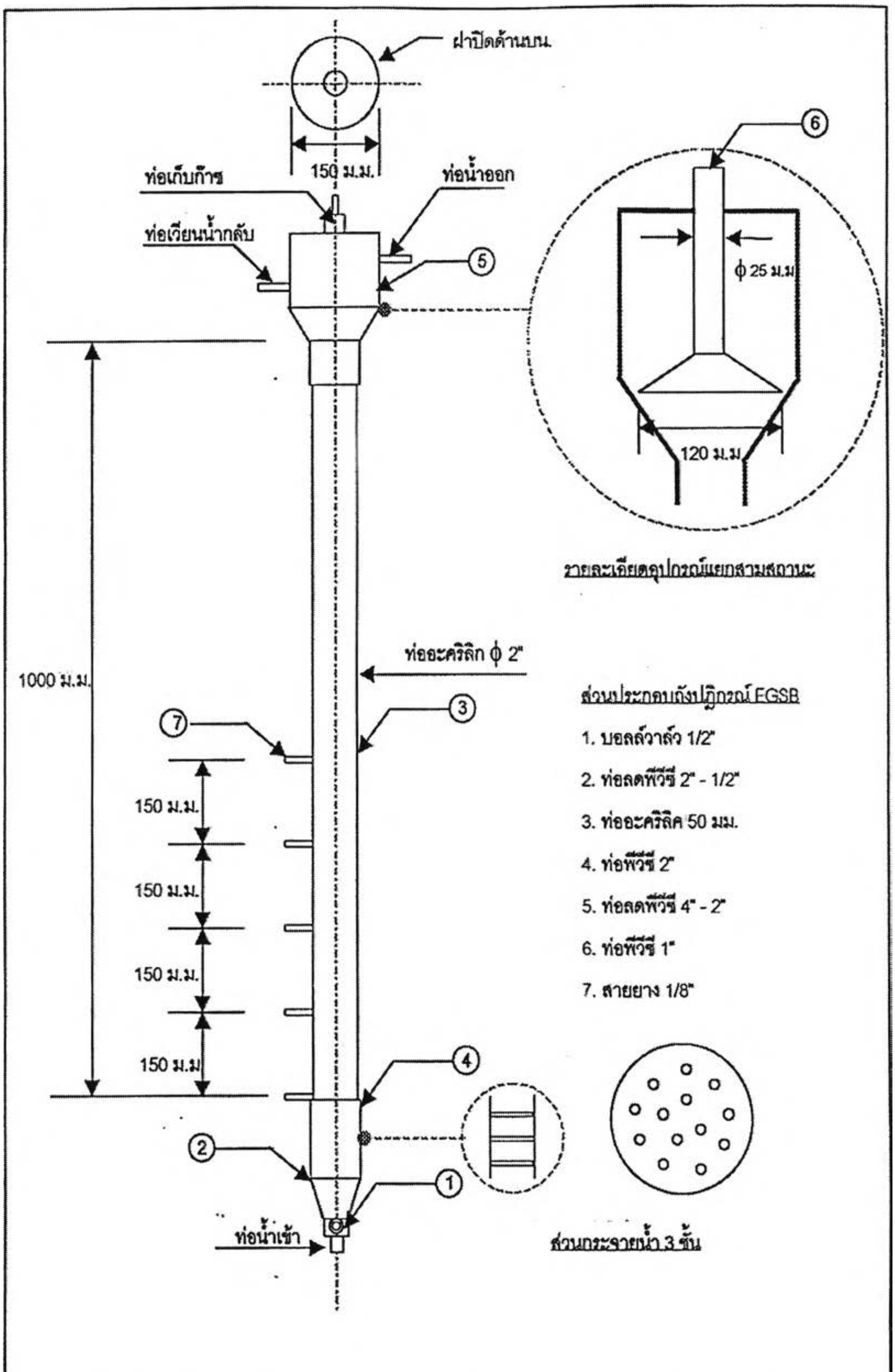
การติดตั้งเครื่องมือและหลักการทำงานของระบบอีจีเอสบี แสดงในรูปที่ 3.2 โดยทำการเริ่มต้น (Start up) และการดำเนินระบบของถังปฏิกรณ์ทั้ง 2 ชุดพร้อมกัน โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1) เครื่องสูบน้ำเสียเข้าระบบ P1 สูบน้ำเสียจากถังเก็บน้ำเสียส่งเข้าไปยังทางเข้าของถังปฏิกรณ์ EGSB และเครื่องสูบน้ำเวียนกลับ P2 สูบน้ำเสียเวียนกลับมายังทางเข้าซึ่งเป็นจุดเดียวกัน

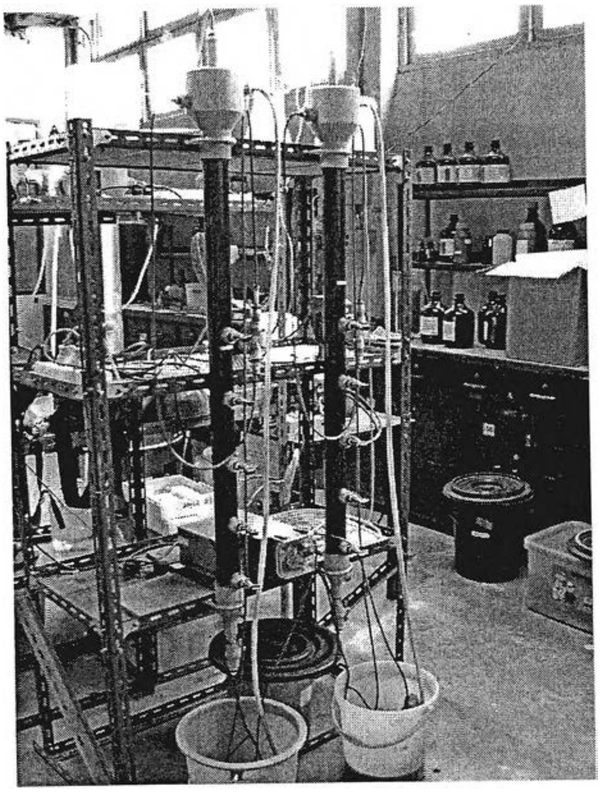
2) น้ำทิ้งที่ออกจากถังปฏิกรณ์อีจีเอสบีจะไหลล้นต่อไปยังถังเก็บน้ำทิ้ง ก๊าซในระบบจะไหลผ่านอุปกรณ์แยกสามสถานะไปยังอุปกรณ์วัดก๊าซ

3) การเริ่มต้นระบบในการวิจัยนี้โดยการเติมหัวเชื้อ (seed) ที่นำมาจากระบบยูเอเอสบีของโรงงานแป้งหมี่ซอเฮง จังหวัดนครปฐม ลงในถังปฏิกรณ์ทั้ง 2 ชุด ในปริมาณ 40% ของความสูงคอลัมน์ หรือ 40 ซม. จากนั้นทำการสูบน้ำกากส่าเจือจางมีความเข้มข้นประมาณ 1,000 มก./ล. และเพิ่มความเข้มข้นของน้ำกากส่าที่ป้อนเข้าระบบทีละน้อยจนกระทั่งได้ความเข้มข้นซีโอดีประมาณ 5,000 มก./ล.

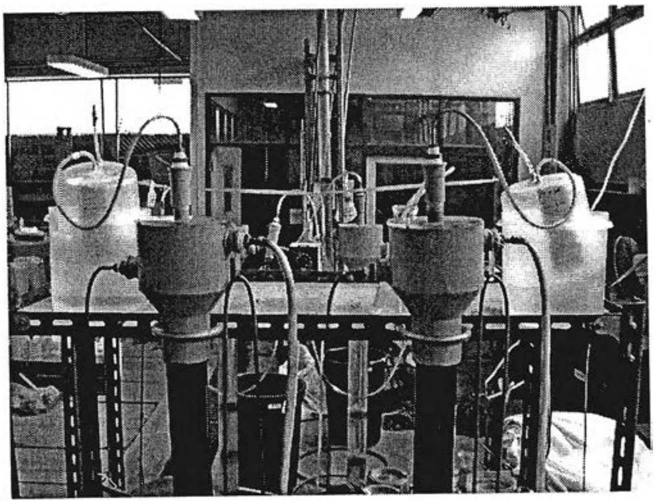
4) เริ่มต้นการทดลองโดยเริ่มป้อนน้ำเสียเจือจางความเข้มข้นซีโอดี 5,000 มก./ล. ปรับ พีเอช ด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) เข้าสู่ระบบด้วยอัตรา 2 ลิตรต่อวัน เข้าสู่ถังปฏิกรณ์ทั้ง 2 ชุด ซึ่งใช้เวลากักน้ำเสีย 24 ชั่วโมง และทำการปรับความเร็วไหลขึ้นในถังปฏิกรณ์ชุดที่ 1 เป็น 3 ม./ชม. และถังปฏิกรณ์ชุดที่ 2 เป็น 5 ม./ชม. เพื่อเพิ่มความปั่นป่วนในชั้นสลัดจ์และเกิดการสัมผัสที่ดีระหว่างเม็ดสลัดจ์กับสารอินทรีย์ในน้ำเสีย โดยปรับอัตราการสูบเวียนกลับของ Recirculation Pump และเปลี่ยนค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ตามแผนการทดลอง



รูปที่ 3.1 แบบจำลองถังปฏิกรณ์อีจีเอสบี



รูปที่ 3.2 แสดงการติดตั้งและหลักการทำงานของระบบอีจีเอสบี



รูปที่ 3.3 เครื่องวัดปริมาณก๊าซ

3.5 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์

พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์และความถี่ในการเก็บตัวอย่างดังแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 การเก็บตัวอย่างและพารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์	จุดเก็บตัวอย่าง			
		ทางน้ำเข้า	ทางน้ำออก	อุปกรณ์วัดก๊าซ	วาล์วเก็บตัวอย่าง
ซีโอดี	Close reflux	ข	ข	-	-
ของแข็งแขวนลอย	GF/C filter	ข	ข	-	-
ทีเคเอ็น	วิธี Kjedahl	ค	ค	-	-
พีเอช	เครื่องวัดพีเอช	ก	ก	-	-
อุณหภูมิ	เทอร์โมมิเตอร์	ก	ก	-	-
โออาร์พี	เครื่องวัดโออาร์พี	ข	ข	-	-
สภาพด่างทั้งหมด	วิธีDirect Titration ของ Dilallo&Albertson	ข	ข	-	-
ปริมาณก๊าซทั้งหมด	เครื่องเก็บก๊าซแทนที่น้ำ	-	-	ก	-
กรดไขมันระเหย	วิธีDirect Titration ของ Dilallo&Albertson	ข	ข	-	-
ความเข้มข้นของสี	เครื่อง UV-VIS Spectrophoto meter	ข	ข	-	-
เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทน	เครื่อง GC	-	-	ง	-
การกระจายขนาดของสลัดจ์	Particle Size Analyser	-	-	-	ง
โครงสร้างเม็ดสลัดจ์	SEM	-	-	-	ง

<u>หมายเหตุ</u> ก เก็บตัวอย่างทุกวันจันทร์ - วันศุกร์
ข เก็บตัวอย่างทุกวันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์
ค เก็บตัวอย่างทุกวันจันทร์
ง เก็บตัวอย่างเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

3.6 การควบคุมการทดลอง

ในการทดลองนี้สิ่งที่ต้องควบคุมและปฏิบัติได้แก่

1) การเตรียมและป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอัตราการไหลที่กำหนดในแต่ละช่วง

2) การทำความสะอาดอุปกรณ์ต่างๆ รวมทั้งการอุดตันภายในท่อสายยาง ตลอดจนการตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ