

### บทที่ 3

#### การวางแผนการวิจัย

##### 3.1 แผนการทดลอง

การทดลองทั้งหมดกระทำที่ห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย การทดลองกระทำโดยใช้เครื่องมือระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศ (hybrid anaerobic filter) จำนวน 2 ชุด ที่ออกแบบและสร้างให้มีลักษณะเหมือนกัน แต่บรรจุตัวกลางพลาสติกที่ต่างชนิดกัน ใช้เวลาทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบใช้เวลาประมาณ 4 เดือน โดยตัวแปรเปลี่ยนอิสระที่ทำการศึกษา คือ อัตราการบรรทุกสารอินทรีย์ของน้ำเสียกากส่า โดยทำการควบคุมอัตราการป้อนน้ำเสียเข้าระบบให้อยู่ในค่าที่เหมาะสมที่สุดคือ 7.5 ลิตรต่อวัน (จาก โรมวัน, 2543) โดยค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองแสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดในแต่ละชุดการทดลอง

ถังปฏิกรณ์ ที่	การ ทดลองที่	เวลากักเก็บน้ำ (ชม.)	ซีโอดีในน้ำเสีย (มก./ล.)	อัตราการบรรทุกสารอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)	อัตราสูบน้ำ (ลิตรต่อวัน)
1 ตัวกลาง รูปวงแหวน	1	36	3,500	2.33	7.5
	2	36	4,500	3	7.5
2 ตัวกลาง รูปทรงกลม	1	36	3,500	2.33	7.5
	2	36	4,500	3	7.5

### 3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

#### 3.2.1 ถังปฏิกรณ์ (ระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไ้อากาศ)

ถังปฏิกรณ์ทำด้วยพีวีซีใส รูปทรงกระบอกสูง 2.80 เมตร (ส่วนบน 0.30 เมตรเป็นชุดเก็บก๊าซ) มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.07 เมตร พื้นที่หน้าตัดประมาณ 0.0045 ตร.ม. มีปริมาตรประมาณ 0.01125 ลบ.ม. ดังแสดงในรูปที่ 3.1

ตอนบนและล่างสุดของถังปฏิกรณ์จะประกอบด้วยฝาครอบที่ทำด้วยแผ่นพีวีซีใสหนา 10 มม. ชั้นนี้ยึดแน่นตลอดตามแนวของเส้นรอบวงประกอบด้วยแผ่นประกบกันยางหนา 2 มม. ฝาครอบด้านบนและด้านล่างนี้จะเจาะรูตรงกลางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 ซม. เพื่อประกอบท่อที่จะนำน้ำเสียเข้าในตอนล่าง (upflow) และประกอบท่อที่จะนำน้ำเสียและก๊าซออกจากถังด้านบน โดยภายในถังด้านบนจะเป็นระบบแยกก๊าซชีวภาพ ซึ่งจะต่อสู่เครื่องวัดปริมาณก๊าซ ส่วนน้ำทิ้งจะไหลออกจากระบบผ่านทางท่อน้ำเสีย สำหรับท่อเก็บตัวอย่างมีอยู่ 8 จุด คือ ที่ระดับ 0.3 ม. (P1), 0.5 ม. (P2), 0.9 ม. (P3), 1.1 ม. (P4), 1.5 ม. (P5), 1.7 ม. (P6), 1.8 ม. (P7), 2.2 ม. (P8) และจุดนำออก (E1) จากกันถังปฏิกรณ์ตามลำดับ

#### 3.2.2 ถังพักน้ำเสียสังเคราะห์

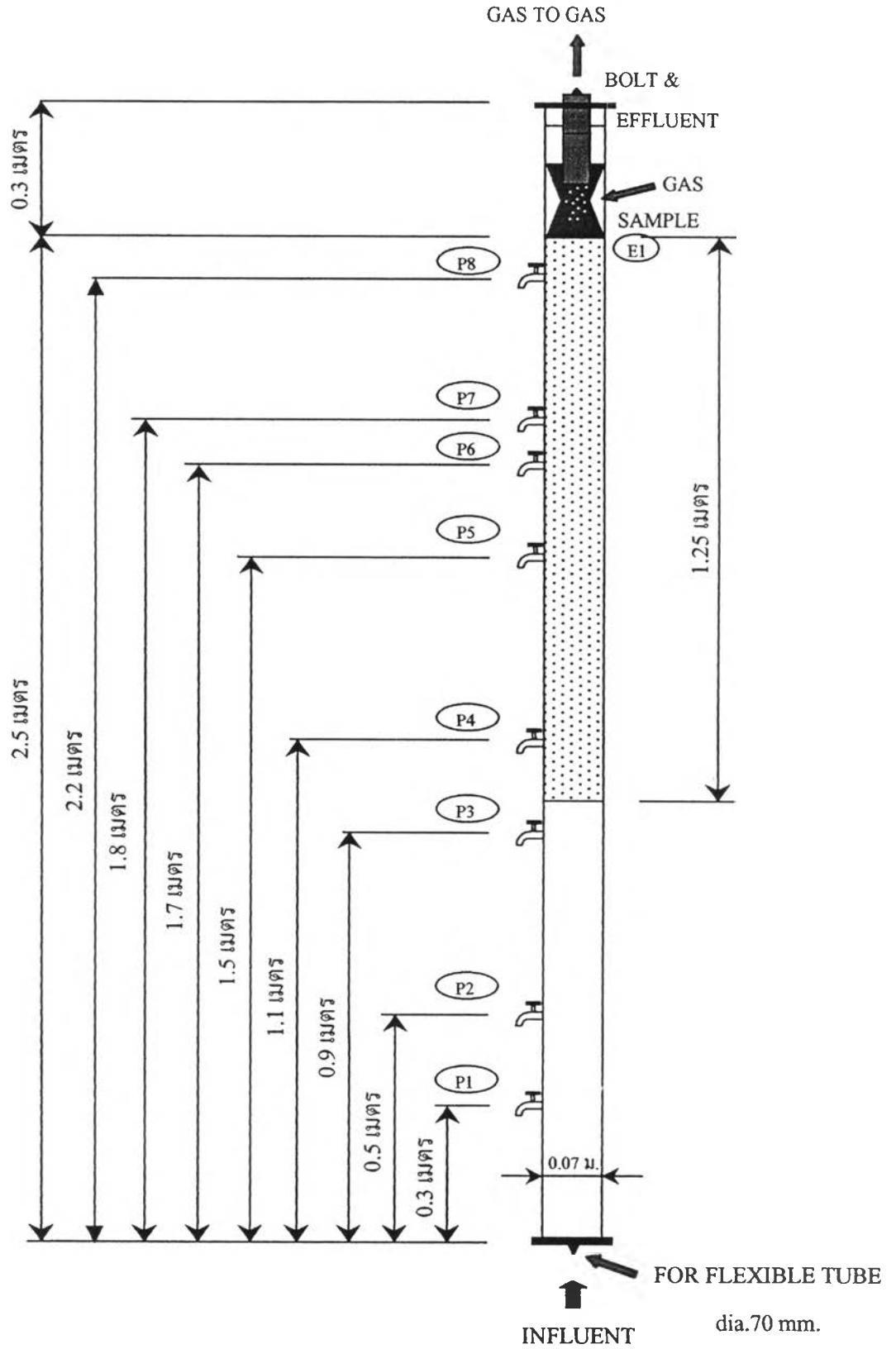
เป็นถังพลาสติกขนาด 50 ลิตร ใช้ในการพักน้ำเสียเข้าก่อนสู่ระบบบำบัด

#### 3.2.3 เครื่องสูบน้ำเสียเข้าถังปฏิกรณ์

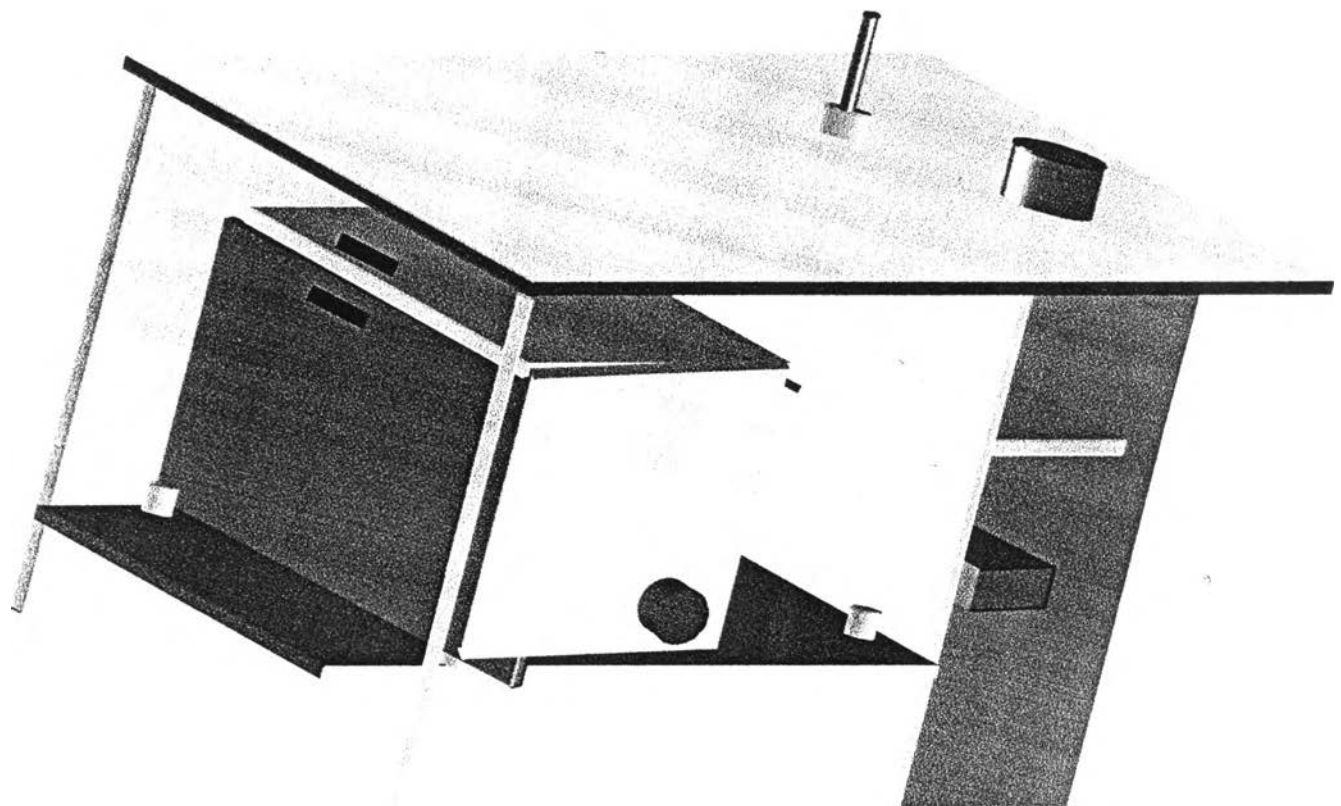
น้ำเสียถูกสูบน้ำเข้าถังปฏิกรณ์ทางตอนล่างและไหลออกทางตอนบนโดยมีการทำงานในลักษณะไหลต่อเนื่อง เครื่องสูบน้ำเสียที่ใช้เป็น แบบรีดสายในอัตรา 7.5 ลิตรต่อวัน

#### 3.2.4 เครื่องวัดก๊าซ

เครื่องวัดก๊าซใช้แบบเดียวกับที่ออกแบบโดยศักดิ์ชัย, 2527 ดังรูปที่ 3.2 ซึ่งจะวัดผลรวมของปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน และแสดงออกมาเป็นตัวเลขบนเครื่องวัด โดยก๊าซจะผ่านทางตอนล่างของเครื่องวัด ก๊าซและระบายน้ำที่ออกสู่ภายนอกทางตอนบนของเครื่อง



รูปที่ 3.1 ถึงปฏิบัติการระบบยูเอเอสซีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศ

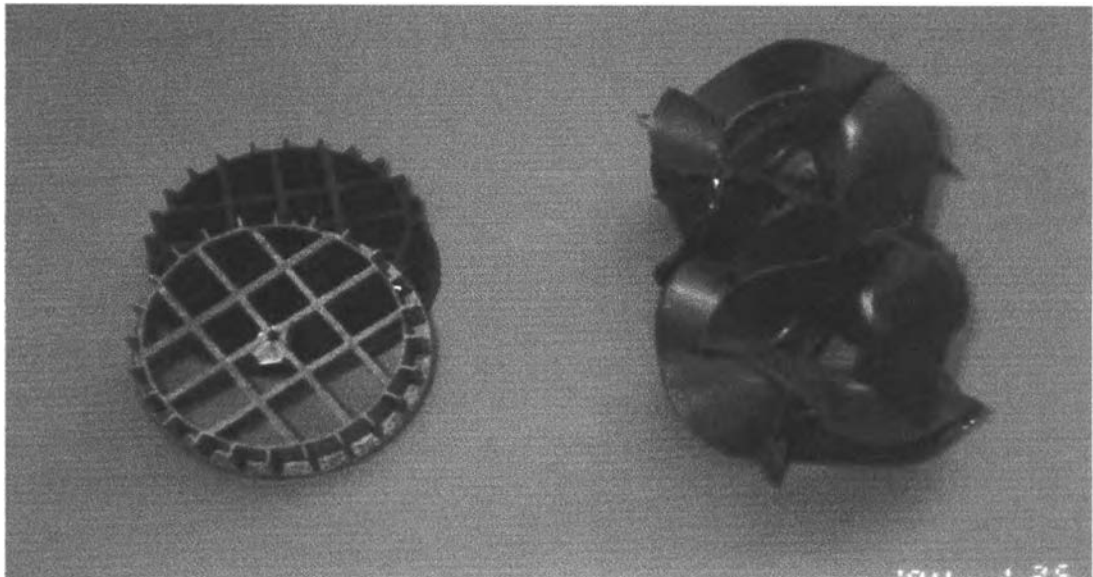


รูปที่ 3.2 ก๊าซมิเตอร์ (GAS METER)  
ที่มา : ตักดัดชัย, 2527

### 3.2.5 ตัวกลางภายในถังระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองใ้อากาศ

ตัวกลางที่ใช้ในการวิจัยเป็นพลาสติกที่ผลิตจากโพลีโพรพิลีนที่มีโครงสร้างแตกต่างกัน 2 ชนิด ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ซึ่งตัวกลางที่มีลักษณะเป็นวงแหวนจะถูกบรรจุอยู่ในถังปฏิกรณ์ที่ 1 และตัวกลางที่มีลักษณะเป็นทรงกลมจะถูกบรรจุอยู่ในถังปฏิกรณ์ที่ 2 โดยจะบรรจุให้มีลักษณะลอยครึ่งถึงตอมนบน ทำให้มีความสูงของชั้นตัวกลางทั้งหมดเท่ากับ 1.25 เมตร ลักษณะของตัวกลางพลาสติกทั้งสองชนิดที่ใช้เป็นตัวกลางจะมีลักษณะดังนี้

คุณสมบัติของตัวกลาง	ตัวกลางรูปวงแหวน	ตัวกลางทรงกลม
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย (มม.)	65	70
เปอร์เซ็นต์ช่องว่างในหนึ่งหน่วยปริมาตร	95	96
พื้นที่ผิวจำเพาะ (ตร.ม.ต่อลบ.ม.)	187	135
น้ำหนัก (กก.ต่อลบ.ม.)	45	35
วัตถุดิบที่ใช้ผลิต	โพลีโพรพิลีน	โพลีโพรพิลีน
จำนวนชิ้นต่อลบ.ม.	6,000	4,000



รูปที่ 3.3 ตัวกลางพลาสติกโพลีเอทรีลีนที่ใช้ในการวิจัย

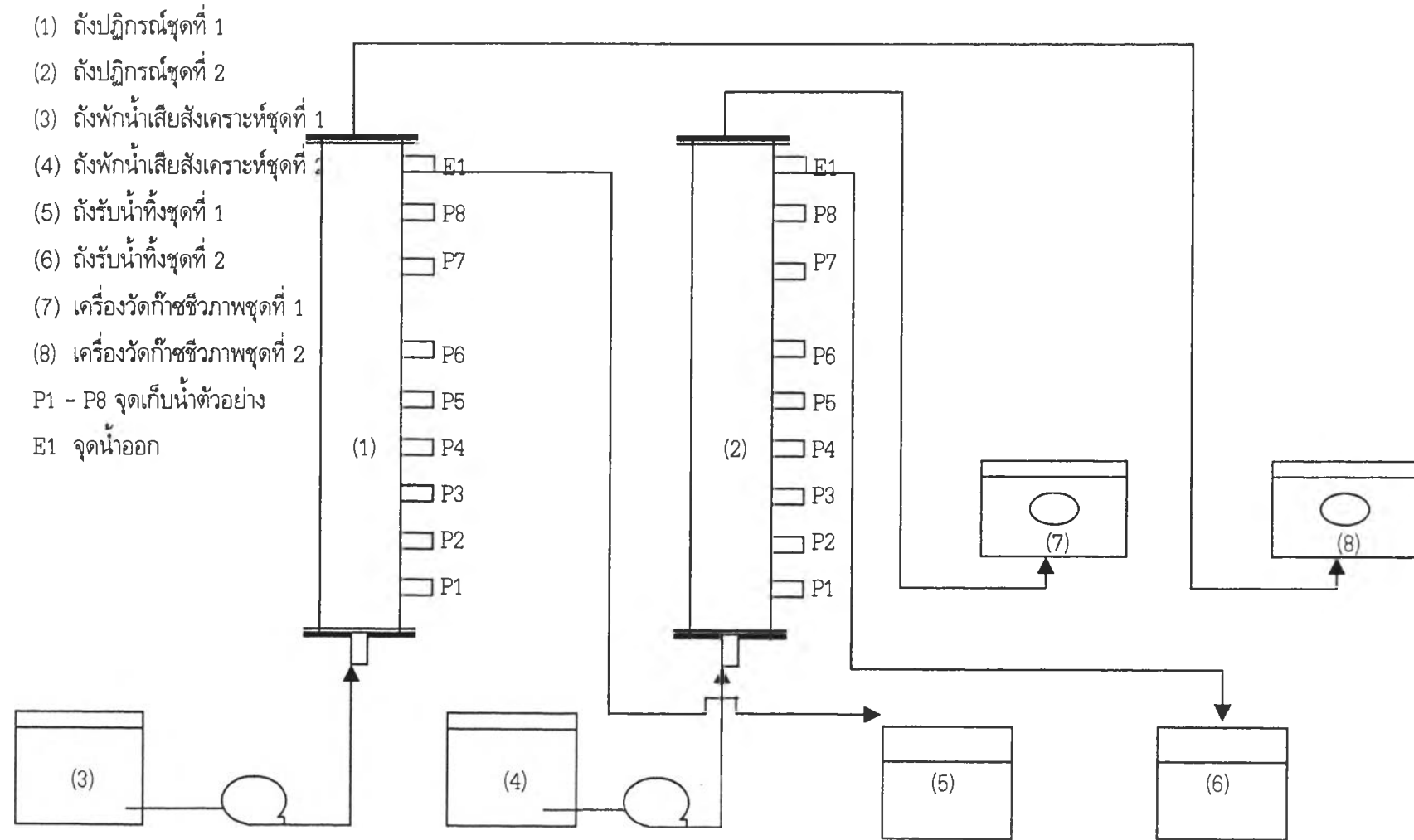
### 3.3 การดำเนินการทดลอง

การเริ่มต้นระบบในการวิจัยนี้ใช้กระบอกรูปร่างพีระมิดที่มีขนาดเท่ากันจำนวน 2 ชุด บรรจุตัวกลางพลาสติกในปริมาณครึ่งหนึ่งของปริมาตรถึง จะได้ถึงปฏิกิริยาสำหรับระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองใ้อากาศที่ใช้ในการวิจัยนี้ 2 ชุด ซึ่งแต่ละชุดจะมีการติดตั้งเหมือนกันทุกประการ ดังแสดงในรูปที่ 3.4 ซึ่งภายในกระบอกรูปร่างพีระมิดจะบรรจุตัวกลางพลาสติก โดยใส่ให้มีความสูงของชั้นตัวกลางประมาณครึ่งหนึ่งของความสูงของกระบอกรูปร่างพีระมิดจากด้านบนลงมา จะได้ความสูงของชั้นตัวกลางเป็น 1.25 ม. หลังจากนั้นเติม seed ที่นำมาจากระบบยูเอเอสบีจำนวน 5 ลิตร (seed ที่นำมาเติมนี้จะทำการเลี้ยงให้ชินกับน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้วิจัย โดยการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำเสียสังเคราะห์วันละ 10% ของความเข้มข้นซีโอดีที่กำหนด) หลังจากนั้นเติมน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการวิจัยลงไปจนเต็มกระบอกรูปร่างพีระมิด แล้วปิดฝาชั้นนอติให้แน่น เมื่อต่อท่อน้ำทิ้งของระบบและติดตั้งกระบอกรูปร่างพีระมิด ซึ่งด้านบนของกระบอกรูปร่างพีระมิดแยกก๊าซต่อเข้ากับเครื่องวัดก๊าซเรียบร้อยแล้ว ตรวจสอบจนแน่ใจว่าไม่มีการรั่วซึม ก็ตั้งทิ้งไว้ให้จุลินทรีย์ดำเนินการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียนั้นประมาณ 10 วัน เมื่อสังเกตเห็นมีก๊าซเกิดขึ้นที่เครื่องวัดก๊าซแล้วก็ถือว่าจุลินทรีย์พร้อมที่จะรับน้ำเสียใหม่ จึงเริ่มป้อนน้ำเสียที่มีสีเข้าสู่ระบบทั้งสองถึงทางด้านล่าง โดยเริ่มป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบด้วยอัตรา 7.5 ลิตร/วัน เข้าสู่ถังปฏิกรณ์ทั้งสองใบ ซึ่งจะได้ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียเป็น 36 ชั่วโมง ถือเป็นดำเนินการทดลอง ภายหลังจากที่ระบบทำงานเข้าสู่สภาวะคงที่ (steady state) จนเพียงพอสำหรับที่จะวิเคราะห์การทำงานของระบบได้แล้ว ก็จะเริ่มทำการเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของน้ำเสียน้ำกากสาต่อไปเรื่อยๆตามตารางที่ 3.1 ซึ่งคาดว่าจะใช้เวลาในการทดลองและเก็บข้อมูลการทำงานของระบบทั้งหมดประมาณ 6 เดือน

### 3.4 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์น้ำเสีย

เก็บผลการทดลองตั้งแต่เริ่มต้นการทดลองจนกระทั่งระบบเริ่มเข้าสู่สภาวะสมดุล จากนั้นจะเก็บผลการทดลองต่ออีกประมาณ 5-7 วัน เพื่อให้แน่ใจว่าระบบเข้าสู่สภาวะสมดุลดีแล้ว

ส่วนการเก็บตัวอย่างน้ำนั้น จะทำการเก็บตัวอย่าง 10 จุด คือ ที่ถังพักก่อนเข้าสู่ระบบบำบัด ที่ท่อเก็บตัวอย่างของถังปฏิกรณ์ที่ระยะ 0.3 ม. 0.5 ม. 0.9 ม. 1.1 ม. 1.5 ม. 1.7 ม. 1.8 ม. 2.2 ม. จากกันถึง และน้ำที่ผ่านจากระบบบำบัดแล้ว หลังจากนั้นนำมาวิเคราะห์ค่าตัวแปรต่างๆที่เราต้องการ ซึ่งรายละเอียดแสดงในตารางที่ 3.2



รูปที่ 3.4 แสดงแผนผังการไหลของระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศ

ตารางที่ 3.2 ตัวแปรตามที่จะวิเคราะห์ และความถี่ในการวิเคราะห์

ตัวแปรเปลี่ยนแปลงตาม	ตำแหน่งของการเก็บตัวอย่าง									
	น้ำเข้า	บริเวณของระบบ								น้ำทิ้ง
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	
ซีโอดี	A	B	B	B	B	B	B	B	B	A
กรดไขมันระเหยง่าย	A	B	B	B	B	B	B	B	B	A
สภาพความเป็นด่างทั้งหมด	A	B	B	B	B	B	B	B	B	A
โออาร์พี	A	B	B	B	B	B	B	B	B	A
ตะกอนแขวนลอย	A	B	B	B	B	B	B	B	B	A
ตะกอนโคลาไธล์	A	B	B	B	B	B	B	B	B	A
ปริมาณก๊าซทั้งหมด	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A
พีเอช	A	-	-	-	-	-	-	-	-	A
อุณหภูมิ	A	B	B	B	B	B	B	B	B	A
เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B
สี	A	B	B	B	B	B	B	B	B	A

หมายเหตุ A หมายถึง ตัวแปรตามที่วิเคราะห์สัปดาห์ละ 3 ครั้ง

B หมายถึง ตัวแปรตามที่วิเคราะห์สัปดาห์ละ 3 ครั้ง หลังจากระบบเข้าสู่สภาวะคงที่

### 3.5 วิธีที่ใช้วิเคราะห์

- ซีโอดี : Closed Reflux, Titrimetric Method
- พีเอช : Glass Electrode Method
- โออาร์พี : ORP Meter
- กรดระเหยง่าย : Titration Method
- สภาพความเป็นด่างทั้งหมด : Titration Method
- ตะกอนแขวนลอยและตะกอนโคลาไธล์ : Gravimetric Method
- ปริมาณก๊าซทั้งหมด : Count Meter เครื่องมือที่ออกแบบโดยคักดีชัย, 2527
- % ก๊าซมีเทน : ใช้เครื่อง Gas Chromatography
- อุณหภูมิ : Temperature Meter
- สี : เครื่อง Spectrophotometer
- SEM (วิเคราะห์เมื่อจบการทดลอง) : วิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือจากศูนย์เครื่องมือจุฬาฯ