บทที่ 4
แผนงานวิจัย

4.1 ตัวแปรในงานวิจัย

4.1.1 **ตัวแปรอิสระที่ต้องการศึกษา** ได้แก่

1) ความเข้มข้นซีโอดีและความเข้มข้นตะกั่วที่ป้อนให้แก่ระบบ
2) ภาระสารอินทรีย์

4.1.2 **ตัวแปรอิสระที่จะควบคุมให้มีค่าคงที่** ได้แก่

1) ชนิดของน้ำเสีย
2) อัตราการไหลของน้ำเสียเข้า 8.64 ลิตร/วัน เท่ากันทุกการทดลอง
3) ปริมาณซัลเฟตที่เติมลงในน้ำเสีย

4.1.3 **ตัวแปรตาม** คือตัวแปรที่ต้องการวิเคราะห์ ได้แก่

1) พีเอช และ อุณหภูมิ
2) ของแข็งแขวนลอย
3) สภาพด่างทั้งหมด
4) กรดไขมันระเหย
5) ซีโอดีในน้ำเสียเข้าระบบ
6) ซีโอดีละลายซึ่งไล่ซัลไฟด์ออกแล้วในน้ำออกจากระบบ
7) ปริมาณซัลเฟต
8) ปริมาณซัลไฟด์รวม
9) ปริมาณก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
10) ตะกั่วละลาย และตะกั่วแขวนลอย

4.2 แผนการทดลอง

ทดลองที่ห้องปฏิบัติการปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยใช้ถังกรองไร้อากาศจำนวน 3 ถังปฏิกรณ์ลักษณะเหมือนกัน และแบ่งแผนการทดลองออกเป็น 2 การทดลองได้แก่

การทดลองที่ 1 ศึกษาสมรรถนะของถังกรองไร้อากาศในการบำบัดน้ำเสียปราศจากโลหะหนัก

การทดลองที่ 2 ศึกษาความสามารถของถังกรองไร้อากาศในการบำบัดน้ำเสียปนเปื้อนตะกั่ว

รายละเอียดมีดังนี้

4.2.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาสมรรถนะของระบบถังกรองไร้อากาศในการบำบัดน้ำเสียปราศจากตะกั่ว

การทดลองนี้ต้องการศึกษาความเข้มข้นซีโอดีและภาระสารอินทรีย์สูงสุดที่ระบบรับได้เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบและวางแผนการทดลองป้อนน้ำเสียปนเปื้อนตะกั่วในลำดับถัดไป โดยใช้ถังปฏิกรณ์ 3 ถังเหมือนกันทุกประการ ใช้น้ำอ้อยปราศจากตะกั่วเป็นสารอาหารป้อนเข้าสู่ระบบด้วยอัตราการไหล 8.64 ลิตร/วัน เท่ากันทุกถังปฏิกรณ์โดยแบ่งป้อนน้ำอ้อยความเข้มข้นซีโอดีต่างๆ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แผนการทดลองป้อนน้ำเสียปราศจากตะกั่ว

ความเข้มข้นซีโอดี (มก./ล.)	ความเข้มข้นซัลเฟต (มก./ล.)	ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (กก.ซีโอดี /ลบ.ม./วัน)	อัตราไหลเข้า (ลิตร/วัน)	เวลากักชลศาสตร์ (ชั่วโมง)
2,000	135	1.83	8.64	26
4,000	135	3.67	8.64	26
5,000	135	4.58	8.64	26

ป้อนน้ำเสียเข้าสู่ถังกรองไร้อากาศด้วยเครื่องสูบน้ำแบบรีดสายที่ปรับอัตราการไหลได้ในอัตราที่กำหนด เก็บตัวอย่างน้ำเข้าและออกจากระบบมาวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ จนกระทั่งระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว

4.2.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาความสามารถของระบบถังกรองไร้อากาศในการบำบัดน้ำเสียปนเปื้อนตะกั่ว

การทดลองนี้กระทำต่อเนื่องจากการทดลองป้อนน้ำเสียปราศจากตะกั่ว ซึ่งจะป้อนน้ำเสียปนเปื้อนตะกั่วที่ได้รับจากห้องปฏิบัติการวัดระดับซูโครสในน้ำอ้อย โดยจะต้องเจือจางน้ำเสียให้มีซีโอดีและภาระสารอินทรีย์ไม่เกินค่าขีดความสามารถของถังกรองไร้อากาศที่ได้ศึกษาไว้ในการทดลองแรก และได้กำหนดความเข้มข้นตะกั่วเข้าระบบเป็น 5 และ 10 มก./ล. ตามลำดับ

ผู้วิจัยได้นำน้ำเสียปนเปื้อนตะกั่วที่ได้รับจากห้องปฏิบัติการวัดระดับซูโครสในน้ำอ้อยมาวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ปรากฏรายละเอียดดังตารางที่ 4.2 และสำหรับแผนการทดลองที่ 2 แสดงไว้ดังตารางที่ 4.3

<u>วิธีเตรียมน้ำเสียปนเปื้อนตะกั่ว</u> แบ่งเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

<u>ขั้นที่ 1</u> นำน้ำอ้อยที่มีจำหน่ายโดยทั่วไปมาวิเคราะห์ค่าซีโอดี เนื่องจากน้ำอ้อยมีค่าซีโอดีสูงมากในช่วง 100,000-200,000 มก./ล. และต้องเจือจางถึง 200 เท่าในการวิเคราะห์ค่าซีโอดีของน้ำอ้อยนั้น ดังนั้นค่าซีโอดีที่ได้จึงมีความแปรปรวนมาก ขึ้นกับน้ำอ้อยที่ซื้อมาในแต่ละครั้ง ทุกครั้งที่ได้น้ำอ้อยขวดใหม่มาก็จะวิเคราะห์ซีโอดีของน้ำอ้อยเพื่อนำมาเจือจางให้มีซีโอดีความเข้มข้นตามต้องการ

<u>ขั้นที่ 2</u> นำน้ำอ้อยปนเปื้อนตะกั่วที่ได้รับจากห้องปฏิบัติการวัดระดับซูโครสในโรงงานผลิตน้ำตาล มากรองผ่านกระดาษกรอง GF/C ซึ่งจะได้น้ำอ้อยที่มีตะกั่วละลายเข้มข้น 1,096 มก./ล.

<u>ขั้นที่ 3</u> นำน้ำอ้อยปนเปื้อนตะกั่วตามปริมาตรที่คำนวณไว้ในแผนงานวิจัยเติมลงในน้ำ 10 ลิตร ซึ่งจะต้องคำนวณปริมาตรของน้ำอ้อยคั้นที่ไม่มีตะกั่วปนเปื้อนเพื่อเจือจางร่วมกับน้ำเสียจริง ทั้งนี้เพื่อให้ได้ค่าซีโอดีรวมมีค่า 2,000 มก./ล. หรือ 4,000 มก./ล. (ขึ้นกับแต่ละการทดลอง) และมีความเข้มข้นตะกั่ว 5 และ 10 มก./ล.

I2082984X

ตารางที่ 4.2 คุณสมบัติของน้ำเสียปนเปื้อนตะกั่วก่อนเจือจาง

พารามิเตอร์	ผลวิเคราะห์
ซีโอดี (มก./ล)	80,000
พีเอช	6.5
ไนโตรเจนทั้งหมด (มก./ล)	11.2
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล)	15
ตะกั่วทั้งหมด (มก./ล)	3,425
ตะกั่วละลาย (มก/ล)	1,096

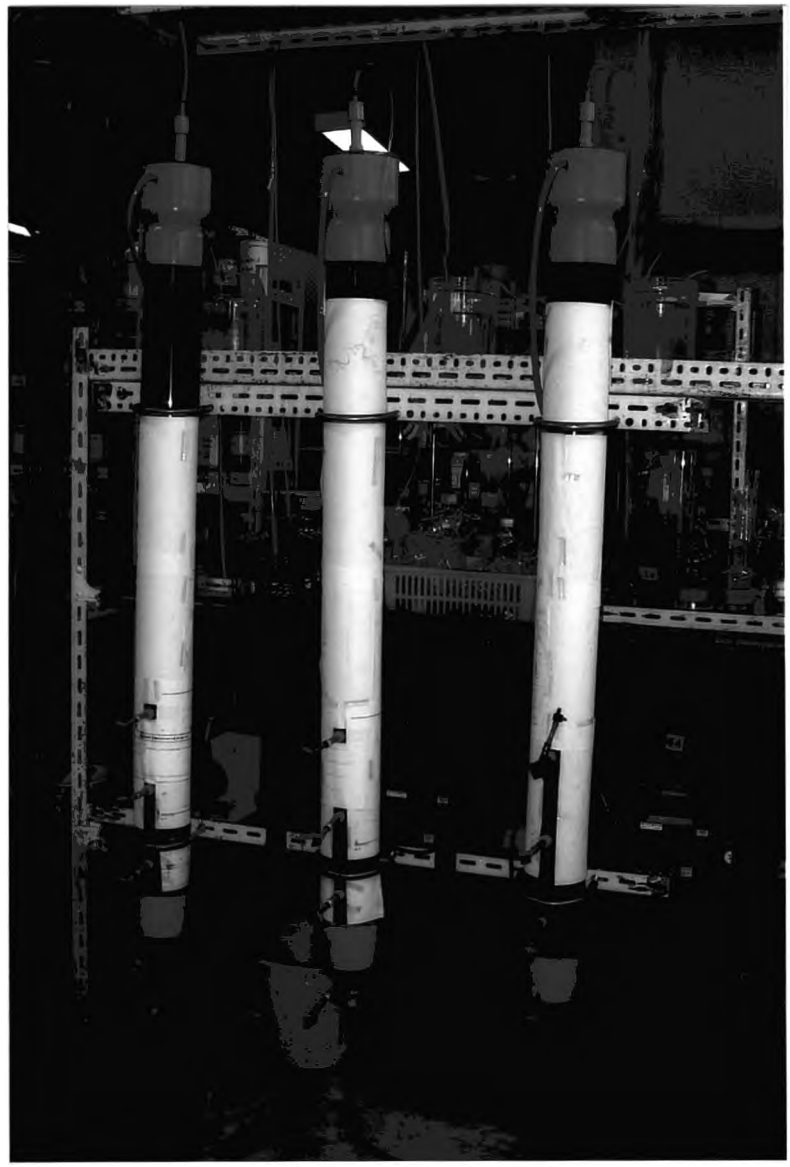
ตารางที่ 4.3 แผนการทดลองป้อนน้ำเสียปนเปื้อนตะกั่ว

การทดลอง	น้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง	อัตราส่วนผสม					หมายเหตุ
		น้ำอ้อ		น้ำอ้อยจากห้องปฏิบัติการ			
		ซีโอดี (กรัม/ล)	ปริมาตร (มล.)	ซีโอดี (กรัม/ล)	ตะกั่ว (มก./ล)	ปริมาตร (มล.)	
1	ซีโอดี=2,000 มก./ล. ซัลเฟต=135 มก./ล.	120	167	-	-	-	เตรียมน้ำเสียเข้าระบบวันละ 10 ลิตร
2/1	ซีโอดี=2,000 มก./ล. ซัลเฟต=135 มก./ล. ตะกั่ว=5 มก./ล.	120	136	80	1,096	45.6	
2/2	ซีโอดี=2,000 มก./ล. ซัลเฟต=135 มก./ล. ตะกั่ว=10 มก./ล.	120	106	80	1,096	91.2	
3/1	ซีโอดี=4,000 มก./ล. ซัลเฟต=135 มก./ล. ตะกั่ว=5 มก./ล.	120	303	80	1,096	45.6	
3/2	ซีโอดี=4,000 มก./ล. ตะกั่ว=10 มก./ล.	120	273	80	1,096	91.2	

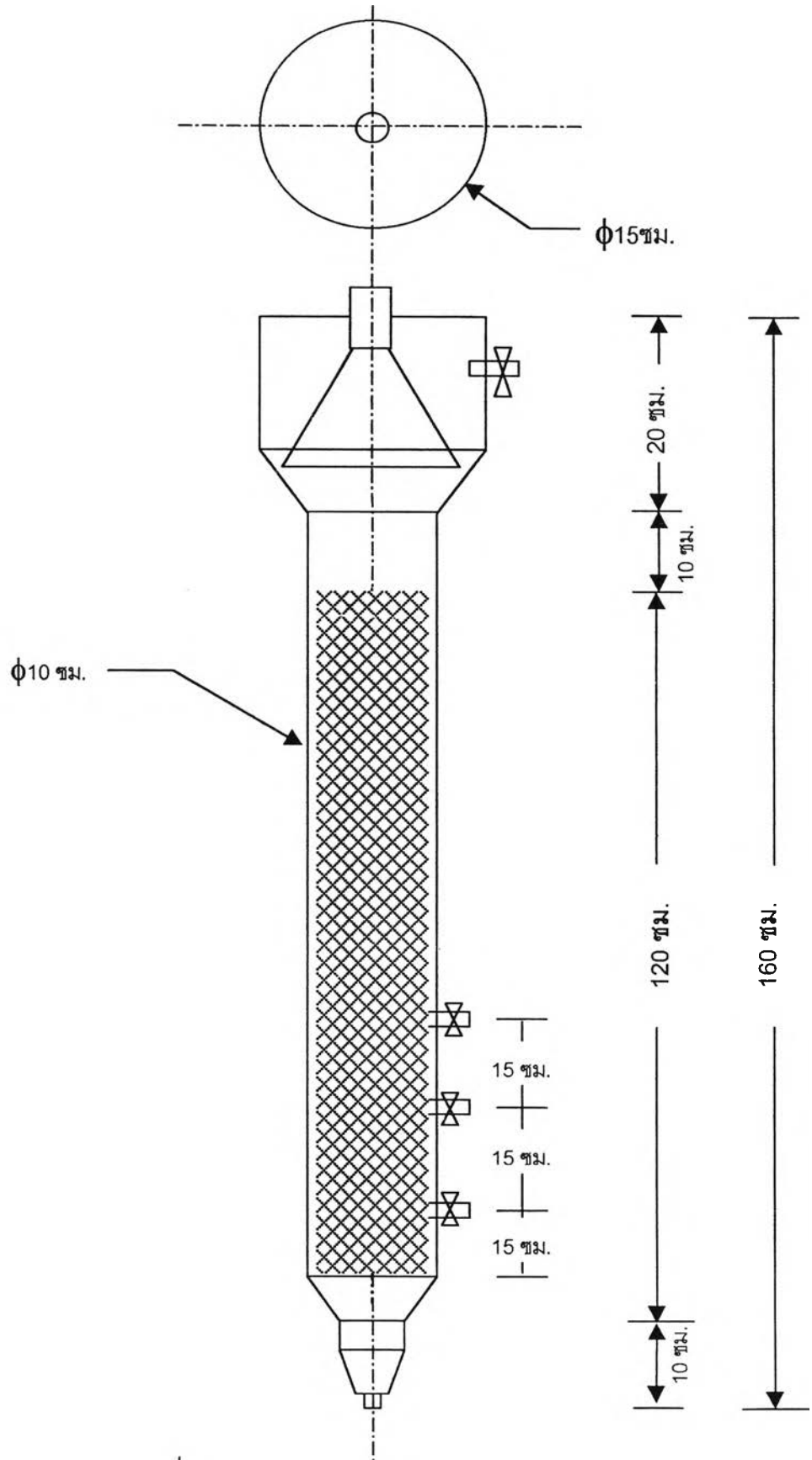
4.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

4.3.1 ถังกรองไร้อากาศ

เป็นถังกรองไร้อากาศประกอบจากอะคลีลิคใส ทรงกระบอกสูง 160 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร พื้นที่หน้าตัดประมาณ 78.54 ตารางเซนติเมตร ปริมาตรประมาณ 12.56 ลูกบาศก์เซนติเมตร สรุปลักษณะของถังปฏิกรณ์ดังตารางที่ 4.4 และแสดงในรูปที่ 4.1 และ 4.2



รูปที่ 4.1 ถังกรองไร้อากาศในงานวิจัย



รูปที่ 4.2 มาตราส่วนของถังกรองไร้อากาศในงานวิจัย

ตารางที่ 4.4 ลักษณะของถังกรองไร้อากาศ

รายละเอียด	ค่าที่วัดได้
ความสูงทั้งหมด (ซม.)	160
ความสูงชั้นตัวกลาง (ซม.)	120
เส้นผ่านศูนย์กลาง (ซม.)	10
พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)	78.54
ปริมาตรทั้งหมด (ลบ.ซม.)	12.56
ปริมาตรตัวกลาง (ลบ.ซม.)	9.425

ภายในถังปฏิกรณ์บรรจุตัวกลางสำหรับยึดเกาะและกักเซลล์แบคทีเรียทำขึ้นจากท่อพีวีซีชนิดบาง ตัดเป็นรูปวงแหวน (รายละเอียดตามตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.3) ด้านบนของถังปฏิกรณ์เป็นปลายเปิดแต่ติดตั้งอุปกรณ์แยกสามสถานะดังรูปที่ 4.4 เพื่อแยกฟิล์มจุลชีพที่หลุดออก ก๊าซที่ระบบผลิตขึ้น และน้ำออกจากระบบ ออกจากกัน โดยจะบังคับก๊าซที่แยกได้ให้ไหลต่อไปยังอุปกรณ์วัดปริมาณก๊าซแบบแทนที่น้ำ อีกทั้งยังเจาะช่องเก็บน้ำตัวอย่างตามแนวดิ่งที่ความสูง 15 30 และ 45 เซนติเมตรจากฐานของถังปฏิกรณ์ดังรูปที่ 4.5 ด้วย

ตารางที่ 4.5 รายละเอียดของตัวกลางที่บรรจุภายในถังกรองไร้อากาศ

ลักษณะ	ค่าที่วัดได้
เส้นผ่านศูนย์กลาง , มิลลิเมตร	15
ความหนา , มิลลิเมตร	10
ช่องว่าง (Void space) , ร้อยละ	81.25
พื้นที่ผิว , ตร.ม./ลบ.ม.	367

รูปที่ 4.3 ตัวกลางพีวีซีชนิดบางภายในถังปฏิกรณ์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.4 อุปกรณ์แยกสามสถานะ

รูปที่ 4.5 ช่องเก็บตัวอย่างตะกอนในถังปฏิกรณ์

4.3.2 อุปกรณ์ป้อนน้ำเสียเข้าถังปฏิกรณ์

อุปกรณ์ป้อนน้ำเสียเข้าถังปฏิกรณ์ประกอบด้วยถังพักน้ำเสียปริมาตร 10 ลิตรมีสายยางพลาสติกขนาด 3 มม. ต่อเข้ากับเครื่องสูบน้ำแบบรีดสายซึ่งจะป้อนน้ำเสียอย่างต่อเนื่องในอัตรา 8.64 ลิตร / วัน เข้าทางตอนล่างและไหลออกทางตอนบน

4.3.3 อุปกรณ์วัดปริมาณก๊าซแบบแทนที่น้ำ

อุปกรณ์เก็บก๊าซแบบแทนที่น้ำอาศัยน้ำเป็นตัวกั้นไม่ให้ก๊าซหลุดออกไปโดยแรงดันก๊าซที่เกิดขึ้นจะเป็นทำให้อุปกรณ์ยกตัวสูงขึ้น ปริมาตรของก๊าซวัดได้จากความสูงของอุปกรณ์ที่ยกสูงขึ้นนั้นคูณกับพื้นที่หน้าตัดของอุปกรณ์ โดยส่วนที่ใช้วัดปริมาณก๊าซเป็นถังทรงกระบอกใสมีปริมาตร 1,300 ลบ.ซม.คว่ำอยู่ในถังทรงกระบอกใสมีขนาดใหญ่กว่าเล็กน้อย ดังรูปที่ 4.6 และ 4.7

รูปที่ 4.6 อุปกรณ์เก็บก๊าซแบบแทนที่น้ำ

รูปที่ 4.7 เส้นทางการไหลของก๊าซเข้าสู่อุปกรณ์เก็บก๊าซ

นอกจากนี้จุลชีพในระบบซึ่งเป็นแบคทีเรียแอนแอโรบิกยังต้องการใช้ธาตุอาหารชนิดอื่นๆ เพื่อการเจริญเติบโตและดำรงชีพ จำเป็นต้องเติมธาตุอาหารอื่นลงไปในน้ำเสียด้วย ธาตุอาหารหลักที่จำเป็นได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ซึ่งเติมในรูปของไนโตรเจน และ โซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ส่วนธาตุเหล็กมักมีเล็กน้อยในน้ำประปาที่ใช้เตรียมน้ำเข้าระบบอยู่แล้ว นอกจากนั้นยังจำเป็นต้องเติมโซเดียมไบคาร์บอนเนตเป็นสารบัฟเฟอร์ให้กับระบบเพื่อรักษาระดับพีเอชให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมไม่เปลี่ยนแปลงรวดเร็วเกินไป รายละเอียดของปริมาณสารที่เติมเข้าไปในน้ำเสีย แสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ปริมาณสารที่เติมต่อน้ำเสีย 10 ลิตร

สารที่เติม	อัตราส่วน		ปริมาณ(กรัม)	
			ซีโอดี 2,000 มก/ล	ซีโอดี 4,000 มก/ล
โซเดียมไบคาร์บอเนต	COD:Total AlK	1:0.07	2	4
ยูเรีย	COD:N:P	100:2:0.5	3.4	6.8
โซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต	COD:N:P	100:2:0.5	1.8	3.6

4.4 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง

4.4.1 จุดเก็บตัวอย่าง

จุดเก็บตัวอย่างเรียงตามหมายเลขในรูปที่ 4.8 ดังนี้

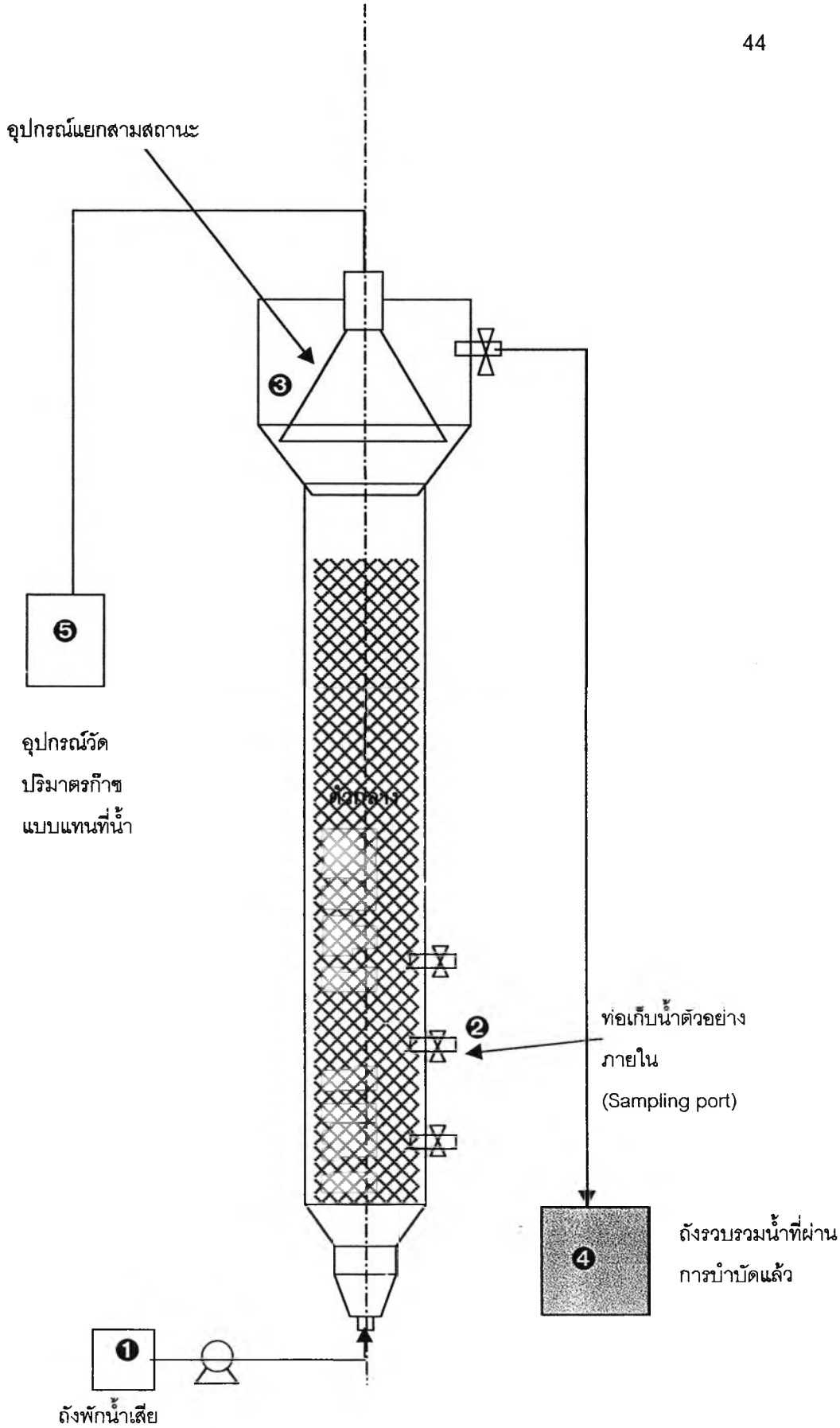
หมายเลข 1 ถังพักน้ำเสีย

หมายเลข 2 ช่องเก็บตัวอย่างตะกอนในถังปฏิกรณ์

หมายเลข 3 จุดเก็บน้ำออกในถังปฏิกรณ์

หมายเลข 4 ถังรวบรวมน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว

หมายเลข 5 อุปกรณ์วัดปริมาณก๊าซ



รูปที่ 4.8 จุดเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ 4.7 รายละเอียดการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ตัวอย่าง

จุดเก็บตัวอย่าง	พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์	ความถี่	วิธีการวิเคราะห์
ถังพักน้ำเสีย❶	ซีโอดี	จ,พ,ศ	Closed Reflux
	ซัลเฟต	จ,พ,ศ	Turbidimetric Method
	ตะกั่ว	จ,พ,ศ	Atomic Absorption Spectrophotometer
	พีเอชและอุณหภูมิ	ทุกวัน	pH meter
น้ำออก ❸ และ❹	ซีโอดี	จ,พ,ศ	Closed Reflux
	ซัลเฟต	จ,พ,ศ	Turbidimetric Method
	ซัลไฟด์	จ,พ,ศ	Iodometric Method
	ตะกั่ว	จ,พ,ศ	Atomic Absorption Spectrophotometer
	พีเอชและอุณหภูมิ	ทุกวัน	pH meter
	สภาพด่างทั้งหมด	จ,พ,ศ	Potenyiometric Method
	ของแข็งแขวนลอย	จ,พ,ศ	Standard Method 2540b
อุปกรณ์เก็บและวัดปริมาตรก๊าซแบบแทนที่น้ำ ❺	ปริมาณก๊าซทั้งหมด	ทุกวัน	อุปกรณ์วัดแบบแทนที่น้ำ
	สัดส่วนของก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์	Steady state	Gas chromatography
วาล์วถ่ายตะกอน ❷	ตะกั่ว	Steady state	Atomic Absorption Spectrophotometer

4.4.2 วิธีการเก็บตัวอย่าง

1) ถังพักน้ำเสีย เก็บตัวอย่างน้ำโดยใช้ปิเปต

2) น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว แบ่งจุดเก็บเป็นสองตำแหน่งคือ จุดเก็บแรกบริเวณผิวหน้าน้ำส่วนที่ไหลผ่านอุปกรณ์แยกสามสถานะออกมาแล้ว แต่ยังไม่ไหลผ่านสายยางนำน้ำลงสู่ถังรวบรวมน้ำเสีย โดยจุดนี้จะต้องเปิดฝาที่ติดอยู่กับอุปกรณ์แยกสามสถานะแล้วใช้ปิเปต ดูดน้ำส่วนนี้ออกมา และสำหรับจุดที่สองคือปลายสายยังที่นำน้ำออกลงสู่ถังรวบรวมน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว น้ำส่วนนี้จะใช้บิกเกอร์หรือกระบอกตวงรองน้ำไว้

3) อุปกรณ์เก็บก๊าซเพื่อส่งวิเคราะห์องค์ประกอบ

เตรียมหลอดแก้วซึ่งมีจุกยางซีลีโคนซึ่งสามารถคืนรูปได้รวดเร็วมาพร้อมกันด้วย โดยเติมน้ำกลั่นซึ่งได้ปรับพีเอชให้มีค่าต่ำกว่า 2 ลงในหลอดแก้วหลังจากนั้นแทงเข็มฉีดยาจำนวน 2 เล่มลงบนจุกยางซีลีโคนเสียก่อนเพื่อให้น้ำในหลอดแก้วไหลออกได้ขณะที่ปิดปลายหลอดแก้ว ต่อจากนั้นเปิดวาล์วให้ก๊าซในอุปกรณ์วัดก๊าซไหลออก 5-15 วินาที นำปลายท่อซีลีโคนที่ต่อออกมาจากอุปกรณ์วัดปริมาณก๊าซเข้ากับเข็มฉีดยาแท่งใดแท่งหนึ่งแล้วปล่อยให้ก๊าซในอุปกรณ์วัดปริมาณก๊าซไหลเข้าไปแทนที่น้ำในหลอดซึ่งจะถูกขับออกทางปลายเข็มอีกแท่งหนึ่งที่เตรียมไว้ เมื่อได้ปริมาตรก๊าซที่ต้องการแล้วจึงถอดสายซีลีโคนนำก๊าซพร้อมทั้งเข็มฉีดยาทั้งสองแท่งออก แล้วนำก๊าซส่งวิเคราะห์องค์ประกอบซึ่งก่อนที่ก๊าซจะถูกวิเคราะห์จะต้องคว่ำหลอดเก็บก๊าซลงเพื่อให้น้ำกลั่นที่เหลืออยู่ภายในเป็นตัวกั้นระหว่างก๊าซภายในกับยางซีลีโคนทั้งนี้เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าไม่มีการรั่วไหลของก๊าซ

รูปที่ 4.9 ลักษณะการเก็บตัวอย่างก๊าซเพื่อส่งวิเคราะห์

4.4.3 เทคนิคการวิเคราะห์ค่าซีโอดี

การวิเคราะห์ซีโอดีในน้ำออกจากระบบโดยปกติจะวิเคราะห์ออกมาเป็นซีโอดีรวม กล่าวคือวิเคราะห์สารรีดิวซ์หรือตัวให้อิเล็กตรอนทั้งหมด ด้วยการใช้สารออกซิไดส์อย่างแรง คือ ไดโครเมต ปริมาณไดโครเมตที่ทำปฏิกิริยาไปก็คือปริมาณของสารรีดิวซ์ทั้งหมดในน้ำ และปริมาณไดโครเมตที่

ถูกใช้ไปจะเทียบเท่ากับออกซิเจนปริมาณหนึ่งซึ่งก็คือค่าซีโอดี แต่ไดโครเมตจะทำปฏิกริยากับซัลไฟด์ละลายที่มีในน้ำออกด้วย หากพิจารณาสมการเคมีต่อไปนี้

$$S^{2-} + 2O_2 \rightarrow SO_4^{2-}$$
32 มก 64 มก 96 มก

พบว่าซัลไฟด์ 1 มก.ต้องการออกซิเจน 2 มก. เนื่องจากงานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายสร้างซัลไฟด์เพื่อใช้ในการตกผลึกสารตะกั่ว จึงเติมซัลเฟตลงในน้ำเสียเพื่อเป็นตัวรับอิเล็คตรอนให้กับแบคทีเรียรีดิวซ์ซัลเฟต จะเห็นได้ว่าปริมาณซัลเฟตที่เติมไม่ส่งผลต่อค่าซีโอดีของน้ำเสียแต่กลับมีผลให้ค่าซีโอดีของน้ำออกเพิ่มขึ้นหลังจากที่ซัลเฟตถูกรีดิวซ์เป็นซัลไฟด์ในภายหลัง ดังนั้นเพื่อให้การทำสมดุลมวลซีโอดีถูกต้อง จึงต้องไล่ซัลไฟด์ในน้ำออกให้หมดก่อนที่จะวิเคราะห์ค่าซีโอดี

การกำจัดซัลไฟด์ในน้ำออกสามารถทำได้ง่าย โดยเติมกรดซัลฟุริกเข้มข้น 2-3 หยดเพื่อปรับ พีเอชให้ต่ำกว่า 2 ทั้งนี้อาจต้องเติมกรดซัลฟุริกมากขึ้นหากในน้ำออกยังคงมีกำลังบัฟเฟอร์อยู่สูง ณ พีเอชต่ำกว่า 2 นี้ ซัลไฟด์ที่ละลายน้ำอยู่เกือบ 100% จะอยู่ในรูปไฮโดรเจนซัลไฟด์ นำน้ำออกที่ปรับพีเอชแล้วมาเขย่าด้วยเครื่องเขย่าตามแนวนอนดังรูปที่ 4.9 ความเร็วรอบ 80 รอบ/นาที เพื่อให้ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ระเหยออกไปจากน้ำออก ทั้งนี้หากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์หมดไปจากน้ำออกแล้วน้ำออกมักจะมีกลิ่นเหม็นเปรี้ยว หลังจากนั้นจึงนำไปวิเคราะห์ค่าซีโอดีได้ตามปกติ

รูปที่ 4.10 การกำจัดซัลไฟด์ด้วยการปรับพีเอชร่วมกับการเขย่าด้วยเครื่องเขย่าในแนวนอน.