

### บทที่ 3

#### การดำเนินการวิจัย

##### 3.1 แผนการวิจัย

การวิจัยทั้งหมดทำในห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย แผนการวิจัยได้กำหนดให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ และขอบเขตของการวิจัย

##### 3.2 การดำเนินการวิจัย

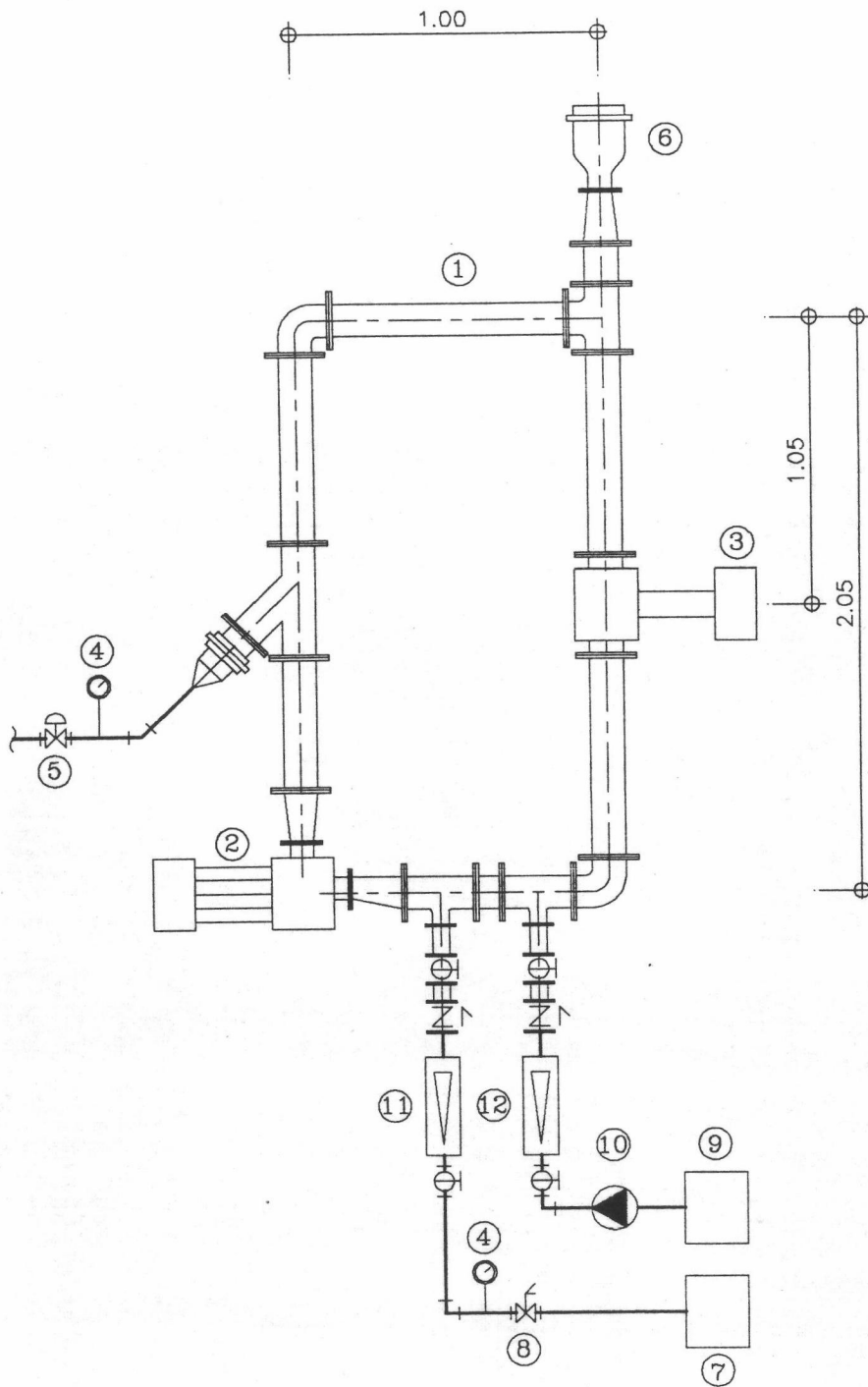
###### 3.2.1 วัสดุและอุปกรณ์ในการวิจัย

รูปที่ 3.1 แสดงถึงอุปกรณ์แบบวนเวียนและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำวิจัยประกอบไปด้วย

1) ถังปฏิกรณ์แบบวนเวียน ทำด้วยท่อพลาสติกใสเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 4.40 เซนติเมตร ประกอบตามรูปที่ 3.1 ระยะห่างของเส้นผ่าศูนย์กลางถึงเส้นผ่าศูนย์กลาง ทางด้านกว้างเท่ากับ 1.00 เมตร และทางด้านสูงเท่ากับ 2.05 เมตร ปริมาตรของถังปฏิกรณ์โดยการตวงน้ำที่บรรจุเต็มในถังปฏิกรณ์มีปริมาตรเท่ากับ 11.15 ลิตร

2) เครื่องสูบน้ำหมุนเวียน ทำหน้าที่สูบน้ำให้เกิดการไหลวนในถังปฏิกรณ์เพื่อควบคุมการไหลวนของน้ำและอากาศ เครื่องสูบน้ำที่ใช้เป็นแบบหอยโข่ง (Centrifugal pump) SANSO MODEL PK-2511 ความต่างศักย์ 220 โวลต์ , กระแส 2.5 แอมแปร์, 1 เฟส, ความเร็วรอบ 6,100 รอบต่อนาที, ความถี่ 50 เฮิร์ต ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อดูดและท่อจ่ายของเครื่องสูบน้ำเท่ากับ 25 มิลลิเมตร อัตราการสูบน้ำ 105 ลิตรต่อนาที, ความดันสูงสุด 33.0 เมตร

- 3) ประตุน้ำระบายอากาศ ทำหน้าที่ระบายอากาศที่สะสมในถังปฏิกรณ์ออก  
ประตุน้ำระบายอากาศเป็นชนิดลูกลอย
- 4) เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำในถังปฏิกรณ์เพื่อใช้ในการควบคุมความเร็ว  
ของของเหลวในถังปฏิกรณ์ เครื่องวัดอัตราการไหลที่เป็นชนิด Magnetic Flow Meter
- 5) เครื่องสูบน้ำเข้าระบบ ทำหน้าที่สูบน้ำเข้าถังปฏิกรณ์ เครื่องสูบน้ำที่ใช้เป็น  
แบบหอยโข่ง (Centrifugal pump) Dmp-11 ความต่างศักย์ 220 โวลต์ , กระแส 2.5 แอมแปร์,  
1 เฟส , ความเร็วรอบ 6,100 รอบต่อนาที , ความถี่ 50 เฮิรท์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทางด้าน  
ดูดและด้านส่งของเครื่องสูบน้ำ เท่ากับ 25 มิลลิเมตร อัตราการสูบน้ำ 40 ลิตรต่อนาที , ความดัน  
สูงสุด 40 เมตร
- 6) มาตรวัดอัตราการไหลของน้ำเข้าถังปฏิกรณ์ ทำหน้าที่วัดอัตราการไหลของ  
น้ำที่เข้าถังปฏิกรณ์ เป็นมาตรวัดชนิดโรตาริเตอร์
- 7) มาตรวัดความดันในระบบ ทำหน้าที่วัดความดันในระบบ
- 8) ประตุน้ำปรับความดัน (Back Pressure Valve) ทำหน้าที่ควบคุมความดัน  
ในถังปฏิกรณ์ให้มีค่าคงที่ตามความต้องการ โดยอ่านจากมาตรวัดความดัน เพื่อปรับประตุน้ำปรับ  
ความดัน
- 9) เครื่องอัดอากาศกับถังอัดอากาศทำหน้าที่อัดอากาศเข้าถังปฏิกรณ์ เครื่อง  
อัดอากาศเป็นแบบลูกสูบ PUMA MODEL XXX มอเตอร์ขนาด 0.25 แรงม้า ความเร็วรอบ  
620 รอบต่อนาที ขนาดกระบอกสูบ (BORE) 51 มิลลิเมตร ช่วงชัก (STROKE) 45 มิลลิเมตร  
อัตราการจ่ายอากาศ 50 ลิตรต่อนาที ถังอัดอากาศ ความจุ 50 ลิตร
- 10) อุปกรณ์ปรับแรงดันอากาศ (Pressure Regulator) ทำหน้าที่รักษาแรงดัน  
ของอากาศที่เข้าถังปฏิกรณ์ให้มีค่าคงที่
- 11) มาตรวัดอัตราการไหลของอากาศเข้าถังปฏิกรณ์ ทำหน้าที่วัดอัตราการ  
ไหลของอากาศที่เข้าถังปฏิกรณ์ เป็นมาตรวัดชนิดโรตาริเตอร์



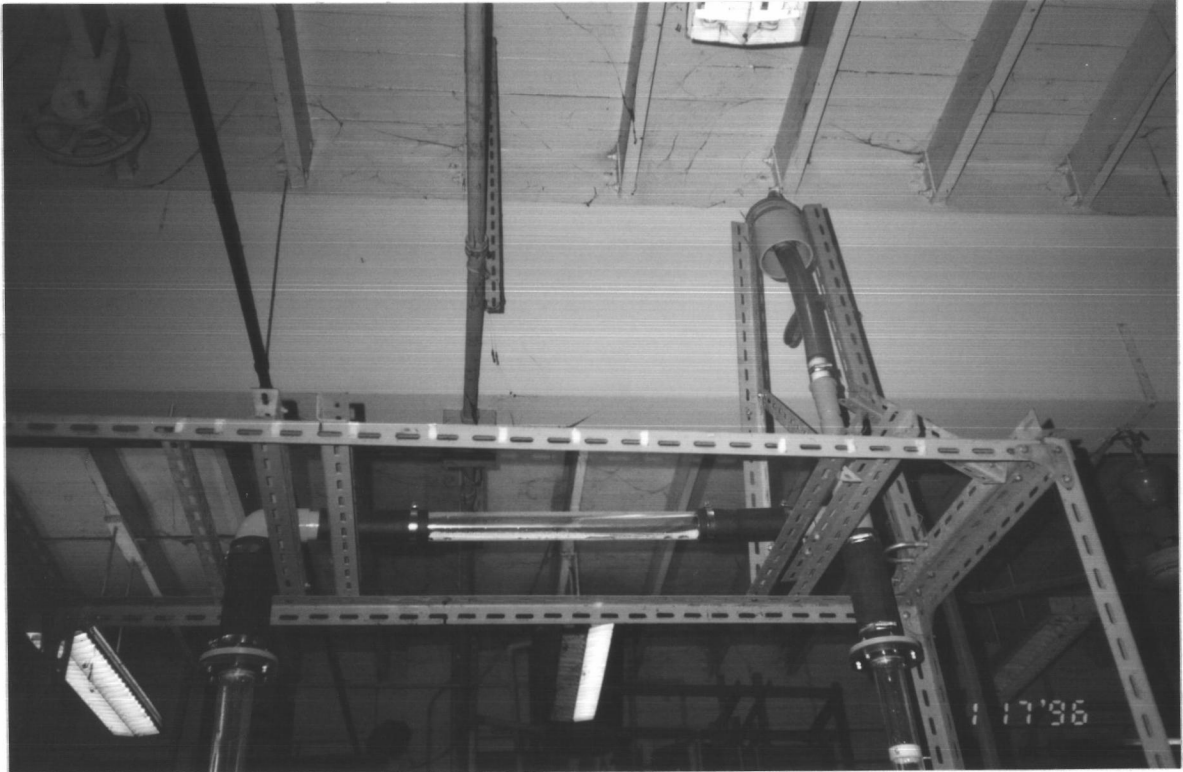
**NOTES :**

- ① = REACTOR
- ② = CIRCULATING PUMP
- ③ = MEGNATIC FLOW METER
- ④ = PRESSURE GAGUE
- ⑤ = BACK PRESSURE VALVE
- ⑥ = AIR RELEASE VALVE
- ⑦ = AIR COMPRESSOR
- ⑧ = PRESSURE REGLATOR
- ⑨ = RAW WATER STORAGE TANI
- ⑩ = FEED PUMP
- ⑪ = AIR FLOW METER
- ⑫ = WATER FLOW METER

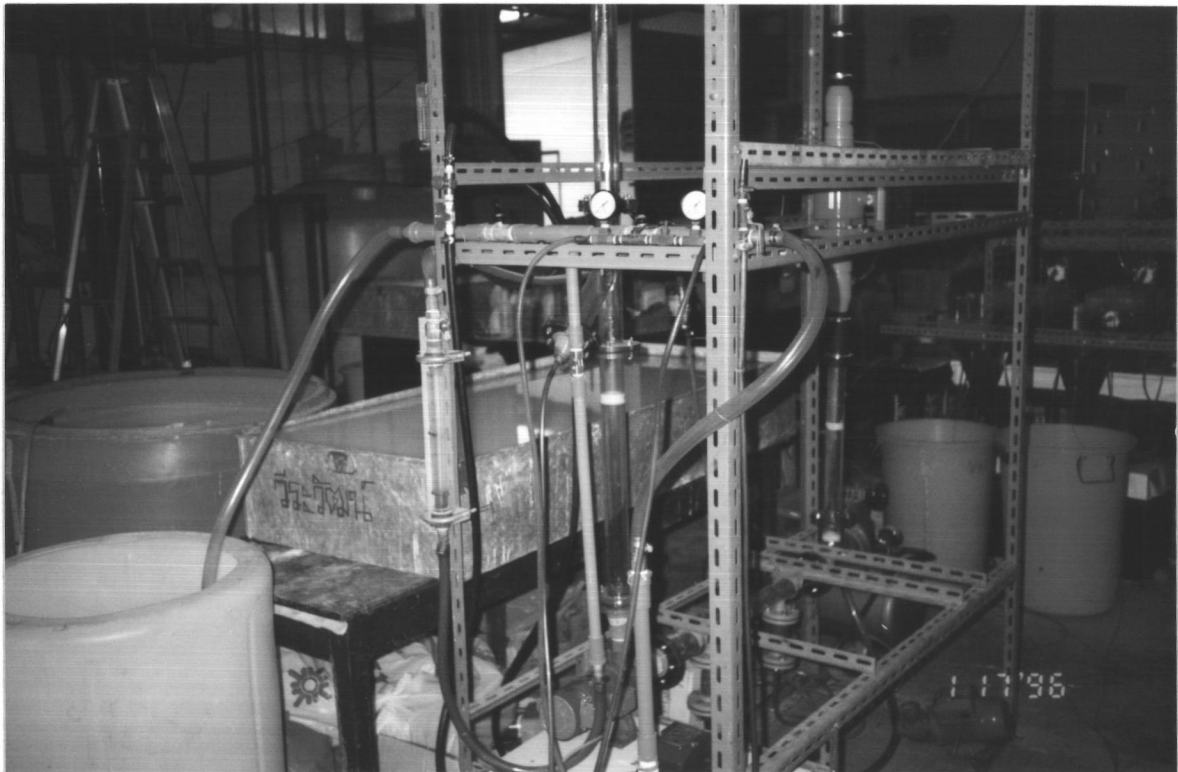
รูปที่ 3.1 ดังปฏิกรณ์แบบวนเวียนที่ใช้ในการทำการวิจัย



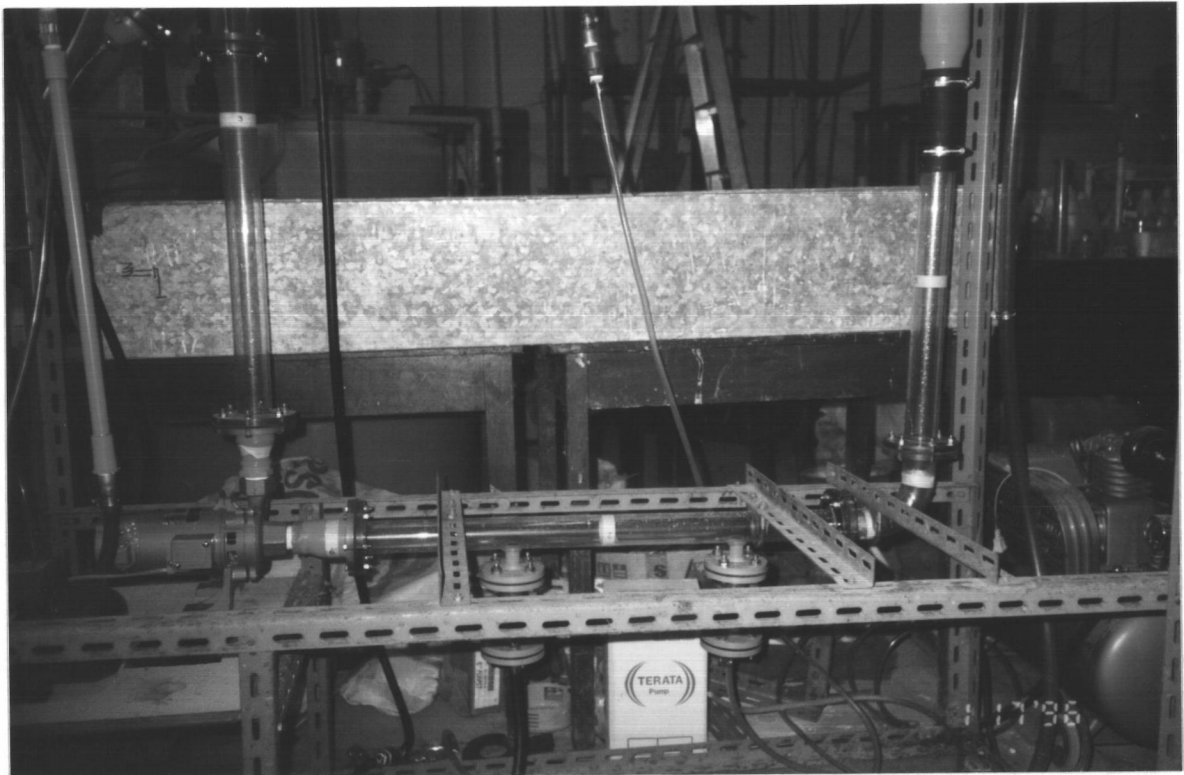
รูปที่ 3.2 รายละเอียดส่วนประกอบต่างๆ ของถังปฏิกรณ์แบบวนเวียน และการติดตั้ง



รูปที่ 3.3 รายละเอียดส่วนประกอบต่างๆ ของฉัฏปฏิกรณ์แบบวนเวียน และการติดตั้ง



รูปที่ 3.4 รายละเอียดส่วนประกอบต่างๆ ของถังปฏิกรณ์แบบวนเวียน และการติดตั้ง



รูปที่ 3.5 รายละเอียดส่วนประกอบต่างๆ ของถังปฏิกรณ์แบบวนเวียน และการติดตั้ง

### 3.2.2 ตัวแปรในการทดลอง

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อการถ่ายเทออกซิเจนในถังปฏิกรณ์ เพื่อศึกษาการใช้ถังปฏิกรณ์แบบวนเวียนในการเติมออกซิเจน ดังนั้น จึงกำหนดค่าตัวแปรที่แปรเปลี่ยนไว้ ดังนี้ คือ

- 1) ความเร็วก๊าซ (Superficial gas velocity,  $U_G$ ) ที่จ่ายเข้าถังปฏิกรณ์กำหนดไว้ดังนี้ คือ 0.01 , 0.02 , 0.03 , 0.04 , 0.05 , 0.10 เมตรต่อวินาที
- 2) อัตราการจ่ายน้ำเข้าสู่ถังปฏิกรณ์ ( $Q_{in}$ ) กำหนดไว้ดังนี้ คือ 25 , 50 , 75 , 100 , 150 ลิตรต่อชั่วโมง
- 3) ความดันเกจในถังปฏิกรณ์ ( $P_R$ ) กำหนดไว้ดังนี้ คือ 0.25 , 0.50 , 0.75 , 1.00 บาร์

ตารางที่ 3.1 แสดงความสัมพันธ์ของค่าตัวแปรที่กำหนด

ค่าตัวแปร	หน่วย	ค่าของตัวแปรที่ใช้ทำการวิจัย
ความดันเกจ ( $P_R$ )	บาร์	0.25, 0.50, 0.75, 1.0
อัตราการจ่ายน้ำเข้าสู่ถังปฏิกรณ์ ( $Q_{IN}$ )	ลิตรต่อชั่วโมง	25, 50, 75, 100, 150
ความเร็วก๊าซ ( $U_G$ )	เมตรต่อวินาที	0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05, 0.10
รวมจำนวนการทดลอง		120
ทดลองกับน้ำเสียจริงภายใต้สภาวะที่เหมาะสม		10
รวมจำนวนการทดลองทั้งหมด		130



### 3.2.3 การเตรียมน้ำและสารเคมี

การเตรียมน้ำและสารเคมีสำหรับการทดลอง ดำเนินการตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.3.1 น้ำสะอาดที่ใช้ในการทดลองเตรียมจากน้ำประปา นำมาใส่โซเดียมซัลไฟท์ ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) ลงไปเพื่อเพิ่มค่าความเข้มข้นของ  $\text{SO}_3^{-2}$  จนมีค่าประมาณ 500-750 มก./ล. ในสถานะที่มีตัวเร่งปฏิกิริยา คือ โคบอลท์ ( $\text{CO}^{+2}$ ) อยู่ในน้ำประมาณ 0.05-0.10 มก./ล. เก็บไว้ในถังเก็บน้ำและสูบด้วยเครื่องสูบน้ำเข้าถังปฏิกรณ์

3.2.3.2 น้ำเสียจริงที่ใช้ในการทดลองเตรียมจากน้ำเสียคลองจริง และสูบด้วยเครื่องสูบน้ำเข้าถังปฏิกรณ์ โดยน้ำเสียจากคลองจริงมาจากแหล่งต่าง ๆ ดังนี้

- 1) คลองแสนแสบบริเวณท่าเรือเชิงสะพานหัวช้าง
- 2) คลองบริเวณข้างคณะรัฐศาสตร์ ติดกับห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 3.2.3.3 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์หาปริมาณซัลไฟท์ในน้ำ

สารเคมีต่าง ๆ เตรียมตาม Standard Method

### 3.2.4 วิธีการทดลอง

การทดลอง จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

- 1) ส่วนแรกเป็นการใช้น้ำสะอาดแทนน้ำเสีย ทำการทดลองโดยเปลี่ยนค่าตัวแปรต่าง ๆ ให้ได้ค่า  $K_L a$  ของถังปฏิกรณ์ ภายใต้สภาวะตัวแปรต่าง ๆ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่า  $K_L a$  กับตัวแปรต่าง ๆ เพื่อให้ได้ค่าตัวแปรที่เหมาะสมในการทำงาน

2) ส่วนที่สอง จากค่าที่ได้ในส่วนแรกนำมาทดลองกับน้ำเสียจริงภายใต้สภาวะที่กำหนด เพื่อศึกษาการเติมออกซิเจนในน้ำเสียจริง

#### ขั้นตอนการทดลองมีดังนี้

- 1) การทดลองโดยเตรียมน้ำตามวิธีเตรียมน้ำ หัวข้อที่ 3.2.3.1 สูบน้ำเข้าถังปฏิกรณ์ จนเต็มถึงปฏิกรณ์ ด้วยอัตรา 25 ลิตรต่อชั่วโมง ทำการปรับความดันในถังปฏิกรณ์ให้มีความดัน 0.25 บาร์ ปรับความเร็วการไหลวนของเหลวในถังปฏิกรณ์ให้มีค่า 0.30 เมตรต่อวินาที เติมอากาศเข้าสู่ถังปฏิกรณ์ ปรับอัตราการจ่ายอากาศให้ความเร็วของก๊าซ มีค่าเท่ากับ 0.01 เมตรต่อวินาที
- 2) ทำการเก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านถังปฏิกรณ์ที่เวลาต่างๆ ในขณะที่ระบบทำงานในสภาพที่กำหนดนำมาวิเคราะห์หาปริมาณซัลไฟท์ที่เหลืออยู่ในแต่ละช่วงเวลา
- 3) ทำการทดลองในสภาวะของระบบเช่นเดิม แต่เปลี่ยนอัตราการจ่ายอากาศเข้าสู่ถังปฏิกรณ์เป็น 0.02, 0.03, 0.04, 0.05, 0.10 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ
- 4) ทำการทดลองตามหัวข้อที่ 1-3 แต่เปลี่ยนอัตราการสูบน้ำเข้าถังปฏิกรณ์เป็น 50, 75, 100, 150 ลิตรต่อชั่วโมง
- 5) ทำการทดลองตามหัวข้อที่ 1-4 แต่เปลี่ยนความดันในถังปฏิกรณ์เป็น 0.50, 0.75, 1.0 บาร์ ตามลำดับ
- 6) จากค่าที่ได้จากการทดลองในหัวข้อที่ 1-5 ทำการทดลองโดยใช้น้ำเสียจริง เพื่อศึกษาการเติมออกซิเจน

#### 3.2.5 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำ

การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติต่างๆ สามารถแสดงได้ดัง

ตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติต่างๆ ของน้ำในการทำการวิจัย

ตัวแปร	หน่วย	วิธีวิเคราะห์	ตำแหน่งของการเก็บตัวอย่าง		
			น้ำเข้า ถึงปฏิกรณ์	ภายใน ถึงปฏิกรณ์	น้ำที่ ผ่านถึงปฏิกรณ์
1. ออกซิเจนละลายน้ำ - น้ำสะอาด	มก./ล.	ออกซิเดชั่น ซิลไฟท์ที่เกินพอ			*
- น้ำเสียจริง		อิเล็กโทรดเมมเบรน	*		*
2. อุณหภูมิ	°C	เทอร์โมมิเตอร์	*		
3. ความดัน	บาร์	Pressure Gauge		*	
4. ขนาดฟองก๊าซ	มม.	ถ่ายภาพ		*	