

บทที่ 3

แผนงานและการดำเนินการวิจัย

3.1 แผนการทดลอง

การวิจัยทั้งหมด กระทำที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของโครเมียมอยู่ในระดับต่างๆ ทดลองกับแบบจำลองที่ออกแบบในขนาดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ โดยให้น้ำเสียสังเคราะห์เข้าสู่แบบจำลองแบบไหลขึ้น การทดลองแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ

3.1.1 การทดลองระยะที่ 1

ทำการทดลองหาความเร็วต่ำสุด ของการเกิดสภาวะเสมือนของไหล จากความล้นน้ำระหว่างความเร็วของไหล ขณะไหลผ่านหอคอยทดลองที่บรรจุทราย ขนาด 0.8 - 1.2 mm เป็นอนุภาคตัวกลาง ที่ความสูงระดับต่างๆ กับค่าความดันลด โดยการทดลองระยะนี้ตัวแปรที่ทำการศึกษาคือ

1) ความสูงของเบดในหอคอยทดลองโดยใช้ทรายเป็นอนุภาคตัวกลาง ที่ความสูงระดับ 1.0 , 1.5 , 2.0 m ตามลำดับ

3.1.2 การทดลองระยะที่ 2

ทำการทดลองการรีดิวซ์โครเมียม จากโครเมียม (VI) ให้เป็นโครเมียม (III) โดยปรับพีเอชให้ค่าเท่ากับ 2-3 ด้วยกรดซัลฟูริกในปฏิกิริยารีดักชัน แล้วใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) เป็นสารรี

ดิวซ์ ทั้งนี้จะใช้สารรีดิวซ์ในปริมาณที่มากกว่าค่าทฤษฎีถึง 2 เท่า สำหรับการทดลองระยะนี้ตัวแปรที่ทำการศึกษาคือ

- 1) ปริมาณความเข้มข้นของโครเมียมในระดับต่างๆ 5 ระดับคือ 5, 10, 50, 100, 200 mg/l

3.1.3 การทดลองระยะที่ 3

ทำการทดลองกำจัดโครเมียม ด้วยการตกผลึกในกระบวนการฟลูอิดไดซ์เบดกับน้ำเสี้ยวสังเคราะห์ โดยกำจัดโครเมียม (III) ในระดับความเข้มข้นต่างๆ 5 ระดับ และทดลองกับแบบจำลองขนาดใช้ในห้องปฏิบัติการ โดยใช้ทรายขนาด 0.8- 1.2 mm เป็นอนุภาคตัวกลาง การทดลองระยะนี้ตัวแปรที่ทำการศึกษามีดังนี้

- 1) พีเอชที่ใช้ในการทำให้โครเมียม(III) เกิดตะกอน สารเคมีที่ใช้ในการปรับพีเอชได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) โดยศึกษาที่พีเอช 8.5, 9.0, 9.5 ตามลำดับ
- 2) ความสูงของเบด ทำการศึกษาที่ความสูง 1.0, 1.5, 2.0 m

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 ตัวแปรอิสระที่ใช้ในการวิจัย

ความเข้มข้นของโครเมียม (mg/l)	ความสูงของเขต (m)	พีเอช		
		8.5	9.0	9.5
5	1.0			
	1.5			
	2.0			
10	1.0			
	1.5			
	2.0			
50	1.0			
	1.5			
	2.0			
100	1.0			
	1.5			
	2.0			
200	1.0			
	1.5			
	2.0			

3.2 การดำเนินการวิจัย

3.2.1 การเตรียมน้ำเลี้ยงเคราะห์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

ก. น้ำเลี้ยงเคราะห์สำหรับการทดลอง

เตรียมน้ำเลี้ยงเคราะห์ที่ความเข้มข้นของโครเมียม 5 ระดับ คือ 5 , 10 , 50 , 100 , 200 mg/l ตามลำดับ ซึ่งเตรียมจากโปแตสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) ชนิด Analytical grade ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ข. โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ ($Na_2S_2O_5$) ชนิด Analytical grade ใช้เป็นสารรีดิวซ์ในปฏิกิริยารีดักชัน ซึ่งใช้ในปริมาณที่มากกว่าค่าทฤษฎีถึง 2 เท่า ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ค. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ($NaOH$) ชนิด Analytical grade ความเข้มข้น 0.04N โดยชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ หนัก 1.6 กรัม ละลายในน้ำ 1 ลิตร

ตารางที่ 3.2 ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมน้ำเลี้ยงเคราะห์

ความเข้มข้นของโครเมียม (mg/l)	โปแตสเซียมไดโครเมต (mg/l)	โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ (mg/l)
5	14.1	28.1
10	28.3	56.2
50	141.4	281.0
100	282.7	562.0
200	565.4	1124.0



3.2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

- 1) เครื่องชั่งละเอียด
- 2) เครื่องวัดพีเอช (pH meter)
- 3) สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer)
- 4) อะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Atomic absorption spectrophotometer)
- 5) แบบจำลองฟลูอิดไดซ์เบด ประกอบด้วย
 - 5.1 Centrifugal pump
 - 5.2 peristaltic pump เพื่อป้อนสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการปรับพีเอช และทำให้เกิดตะกอนโครเมียม (III) รูปไฮดรอกไซด์
 - 5.3 หอทดลองรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 ซม. สูง 3.4 ม. โดยใช้วิธีต่อประกอบเป็นแท่งยาว ความยาวช่วงละ 1 ม.
 - 5.4 อนุภาคตัวกลางใช้ทรายขนาด 0.8 - 1.2 มม. บรรจุอยู่ในหอทดลอง ระดับความสูงของทรายที่ใช้ในการทดลองอยู่ในระดับ 1.0, 1.5, 2.0 ม. คุณสมบัติของทรายที่ใช้ในการทดลองมีค่าดังนี้

ค่าความหนาแน่น	2.65 กก./ม ³
สัมประสิทธิ์ความไม่สม่ำเสมอ	1.2
ขนาดสัมฤทธิ์	1.11 มม.
อัตราส่วนช่องว่าง	0.44
 - 5.5 แผ่นกระจายของไหล (distributor) เป็นแบบตะแกรงอยู่ด้านล่างของหอทดลอง ไว้รองรับน้ำหนักของทราย
 - 5.6 มาตรวัดน้ำ เพื่อหาอัตราการไหลของน้ำ
 - 5.7 มาโนมิเตอร์ ใช้ท่อสายยางขนาด 5 มม. โค้ง

เป็นรูปตัวยู ภายในบรรจุปรอทติดไว้บนกระดานที่มีเกล็ดความแตกต่างระหว่างความดันลด ที่ระดับล่างของเบด และระดับบนสุดเหนือชั้นเบด ขณะมีการไหลของของเหลวในหอททดลอง

3.2.3 วิธีการทดลอง

3.2.3.1 การหาความเร็วต่ำสุดของการเกิดสภาวะเหมือนของไหล (V_{mf})

- 1) บรรจุทรายขนาด 0.8 - 1.2 มม. ในหอททดลอง ตามความสูงที่ทำการศึกษา คือ 1.0 , 1.5 , 2.0 มม. ตามลำดับ
- 2) สูบน้ำผ่านอนุภาคทรายเข้าสู่หอททดลอง เริ่มที่อัตราการไหลต่ำๆ ก่อน แล้วจึงเพิ่มอัตราการไหล จนเลขจุดที่กลุ่มอนุภาคขยับตัว พร้อมกับจดบันทึกอัตราการไหลกับความดันลด
- 3) พล็อตกราฟ $10g - 10g$ เพื่อหาความสัมพันธ์ของความเร็วของการไหลกับความดันลด จะได้ค่าความเร็วต่ำสุดของการไหลที่จุดที่มีการเปลี่ยนแปลงความดันลดคงที่
- 4) ความเร็วต่ำสุดในการเกิดสภาวะเหมือนของไหลได้ดีที่สุด จะต้องใช้ความเร็วเป็น 1.5 เท่า ของความเร็วต่ำสุดที่หาได้จากการทดลองในข้อ 3

3.3.3.2 การกำจัดโครเมียมด้วยการตกผลึกในกระบวนการฟลูอิดไดซ์เบด

- 1) เตรียมน้ำเสี้ยวสังเคราะห์ให้มีปริมาณโครเมียม 5 , 10 , 50 , 100 , 200 mg/l

- 2) ทำการรีดิวซ์โครเมียม (VI) ให้อยู่ในรูป โครเมียม (III)

2.1 ปรับพีเอชของน้ำเสี้ยวสังเคราะห์ด้วยกรดซัลฟูริก

เข้มข้นให้มีพีเอช 2-3 ในปฏิกิริยารีดักชัน
ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 20-30 นาที

2.2 เติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ตามที่คำนวณไว้
ปริมาณที่ใช้มากกว่าค่าทฤษฎีถึง 2 เท่าจนสาร
ละลายให้เข้ากัน

3) ตรวจสอบโครเมียม (VI) ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์

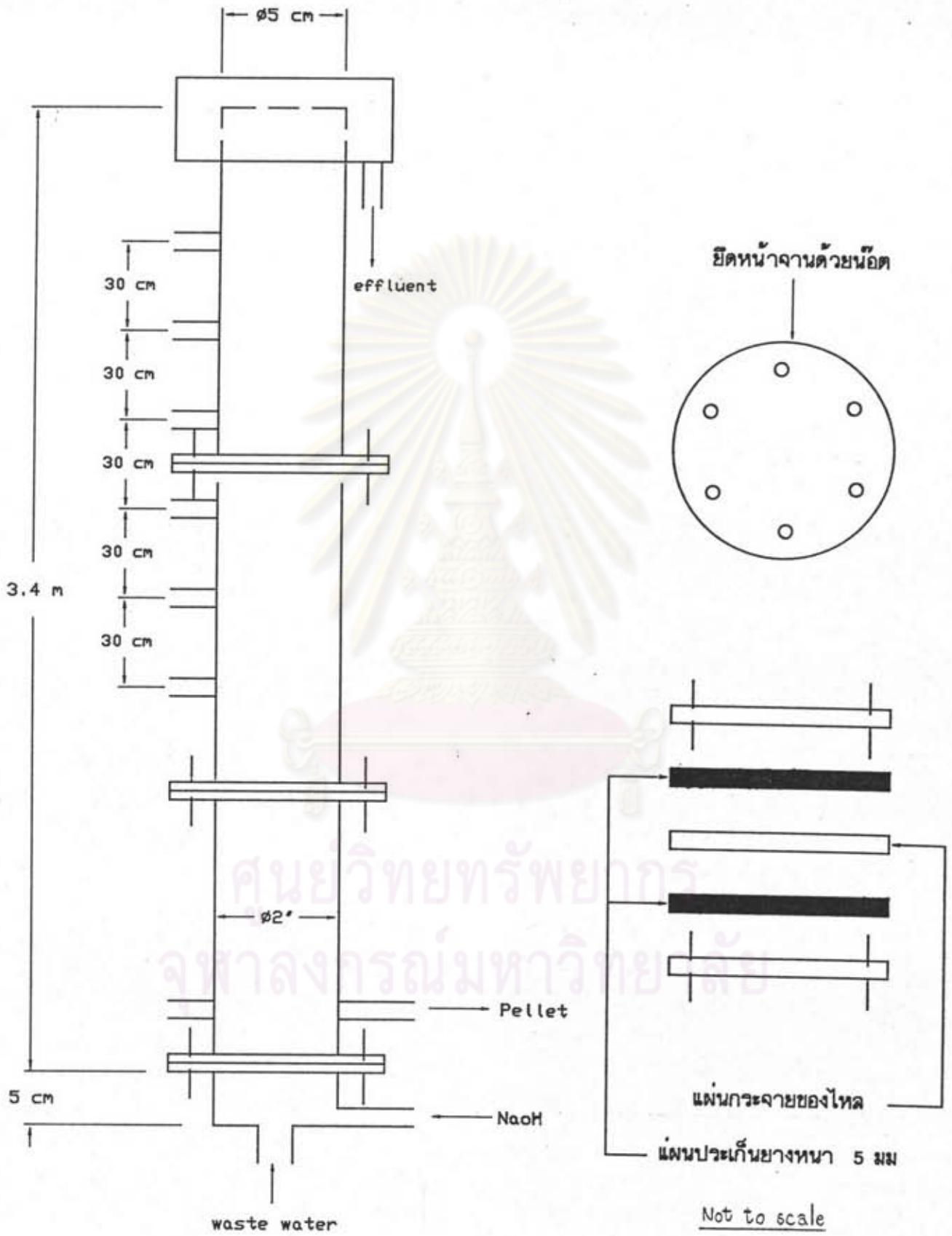
4) ทำการไตเตรทหาปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้
ปรับพีเอช ที่ 8.5 , 9.0 , 9.5 ตามลำดับ โดยทำการทดลองด้วยการเติม
สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาณหนึ่ง ลงในน้ำเสียสังเคราะห์จำนวนหนึ่ง
จนได้ค่าพีเอชที่ต้องการ

5) คำนวณหาอัตราการไหลของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เพื่อ
ให้สัมพันธ์กับพีเอชที่ต้องการ

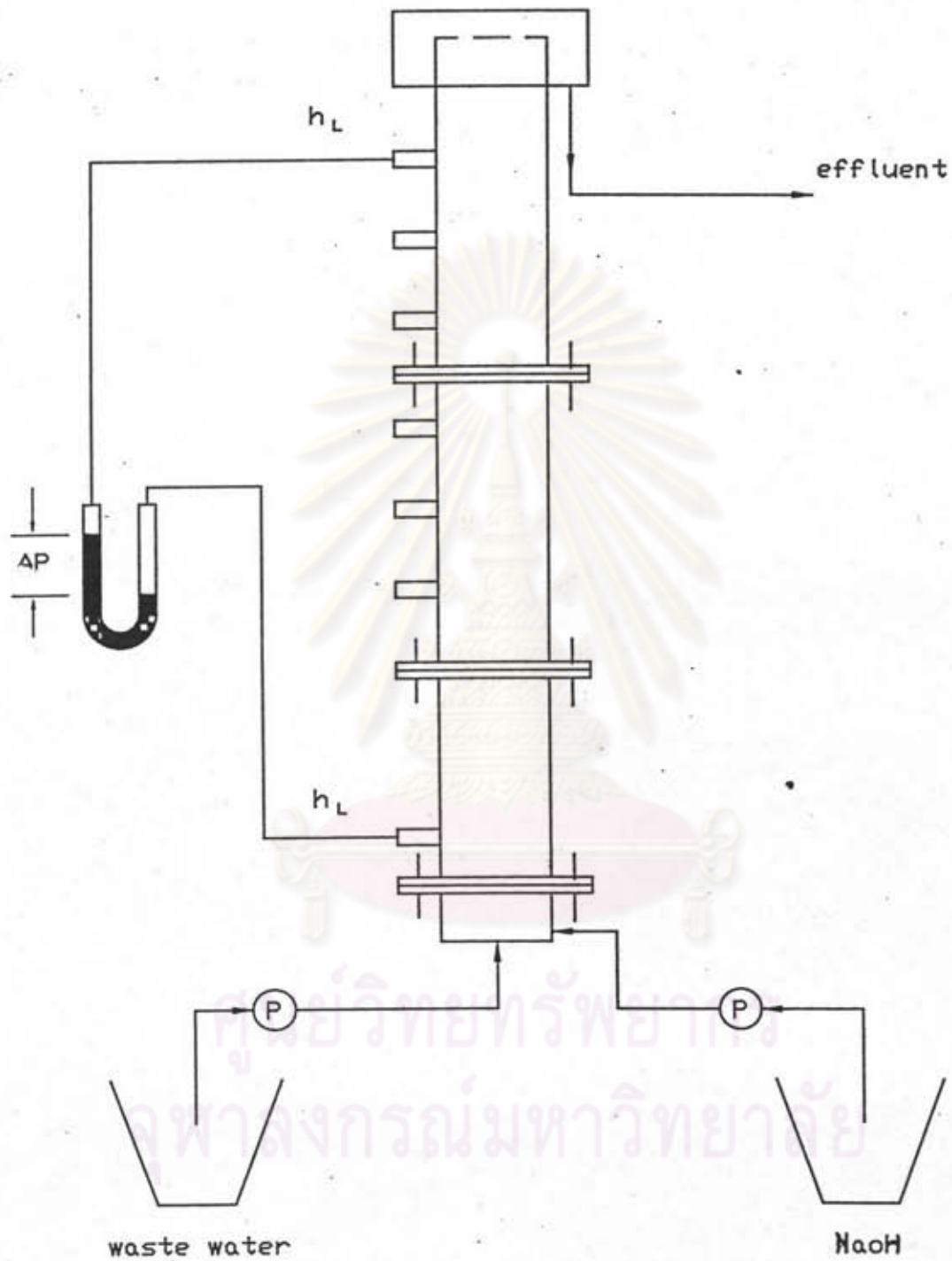
6) สูบน้ำเสียสังเคราะห์และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่
เตรียมไว้ เข้าสู่หอทดลองโดยไหลแบบไหลขึ้น ที่ความสูงของเบด 1.0 ,
1.5 , 2.0 ม. ตามลำดับ ความเร็วของน้ำไหลขึ้นเท่ากับ 1.5 เท่า
ของความเร็วต่ำสุดที่หาจากการทดลอง

7) เก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านการบำบัดไปวิเคราะห์ โดยเก็บตัวอย่างน้ำ
ที่เวลา 2.5 , 5 , 10 , 20 , 30 , 60 นาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.1 แบบจำลองของหอทดลองฟลูอิดไดซ์เบด



รูปที่ 3.2

เครื่องมือ ของการกำจัด โคลโรเมียมด้วยการตกผลึกในระบบการผลิตไคโธเบต

3.2.4 ตัวแปรที่ทำการวิเคราะห์

สรุปดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ตัวแปรที่ทำการวิเคราะห์

ตัวแปรที่ทำการวิเคราะห์	การทดลอง			วิธีวิเคราะห์
	ระยะที่ 1	ระยะที่ 2	ระยะที่ 3	
ความดันลด	✓			manometer
พีเอช			✓	pH meter
ความเป็นด่าง			✓	Indicator
ของแข็งแขวนลอย			✓	method Gravimatic
โครเมียม (VI)		✓		method spectrophometer
โครเมียมทั้งหมด			✓	Atomic absorption spectrometer

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย