บทที่ 4

วิธีการดำเนินการวิจัย

4.1 วิธีการศึกษา

เพื่อให้ได้ผลการวิจัยที่เหมาะสมกับสภาพท้องถิ่นในประเทศไทย โดยเฉพาะที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา การวิจัยครั้งนี้จึงได้แบ่งการทดลองเป็น 2 กรณี คือ ใช้น้ำดิบที่มีความขุ่นสูง (ประมาณ 100-400 เอ็นทียู) และน้ำดิบความขุ่นต่ำ (ประมาณ 20-100 เอ็นทียู) และเพื่อทำการศึกษาผลของการนำเพลเล็ตจากกระบวนการสร้างเพลเล็ตกลับมาใช้เพื่อลดปริมาณความต้องการสารเคมี การวิจัยครั้งนี้จึงได้แบ่งการทดลองเป็น 2 ลักษณะ คือทำการทดลองโดยไม่มีการเวียนเพลเล็ต และทำการทดลองโดยมีการเวียนเพลเล็ต โดยแผนการทดลองจะดำเนินตามแผนผังในรูป 4.1, 4.2

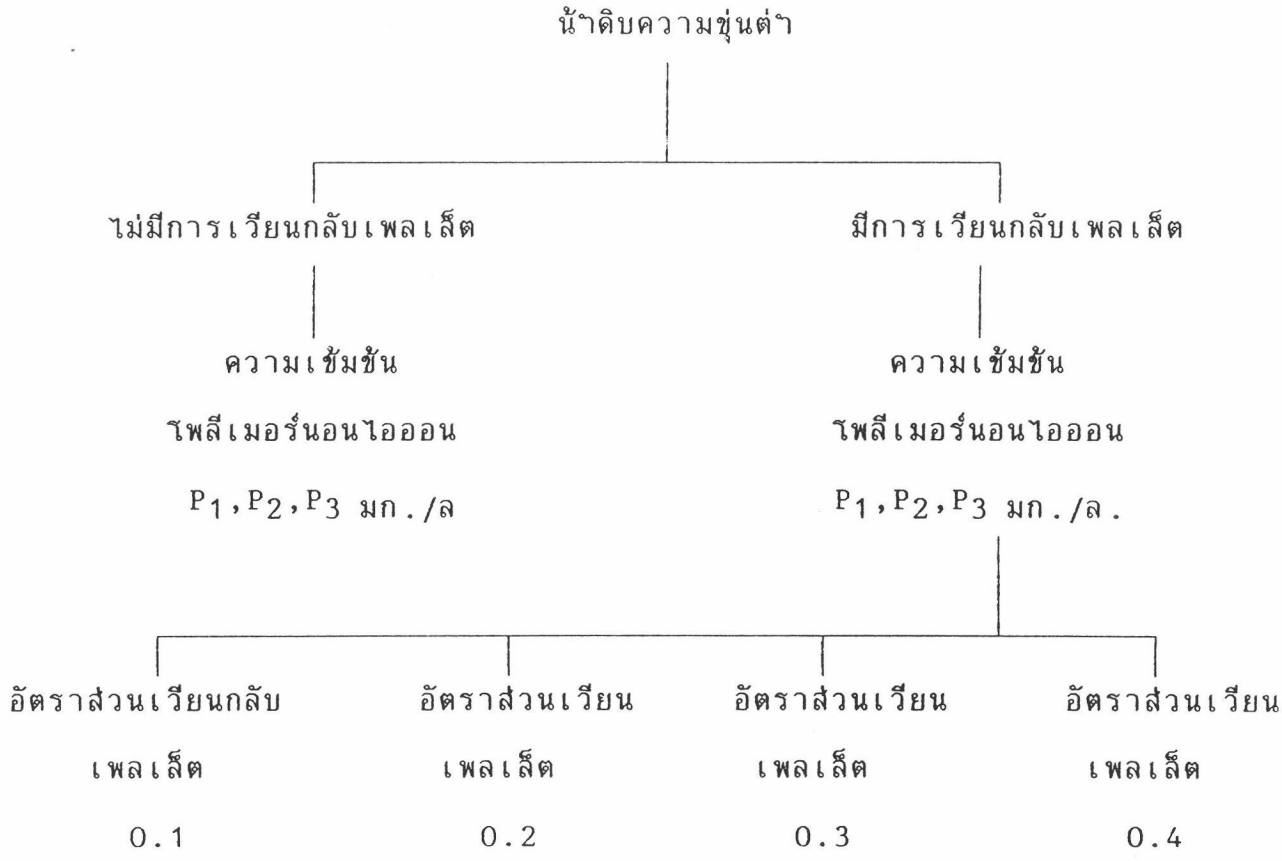
4.1.1 **กรณี 1** ใช้น้ำดิบความขุ่นต่ำ (ประมาณ 20-100 เอ็นทียู) โดยทำการทดลองเป็น 2 ลักษณะ คือ

4.1..1.1 **ลักษณะที่ 1** ทำการทดลองโดย<u>ไม่มีการเวียนเพลเล็ต</u> (เป็นชุดควบคุมเพื่อเปรียบเทียบ) และมีรายละเอียดดังนี้

ใช้น้ำดิบจริงจากคลองส่งน้ำของการประปานครหลวงที่มีความขุ่นประมาณ

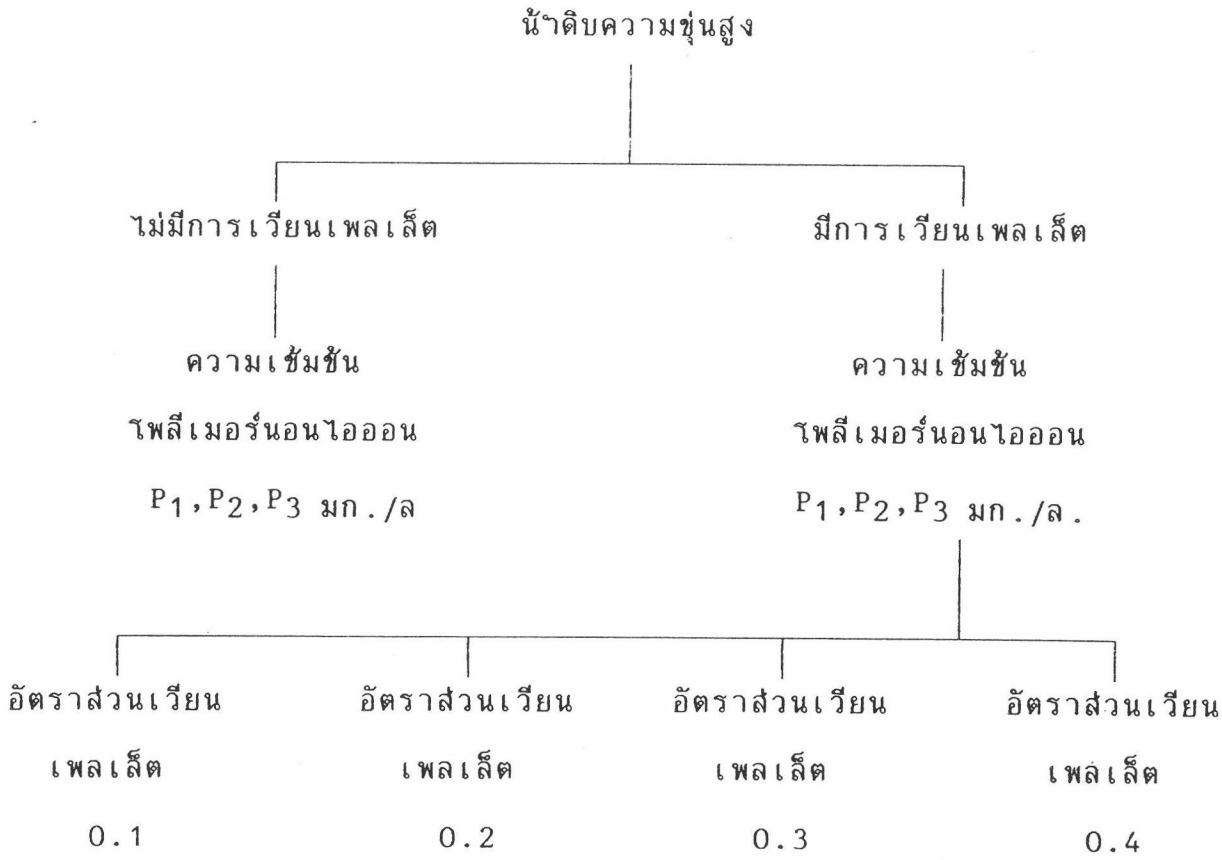
20-100 เอ็นทียู

(ขึ้นอยู่กับฤดูกาล)



- รวมจำนวนการทดลองในขั้นนี้ 15 ครั้ง
- ระยะเวลาของแต่ละการทดลองประมาณ 72 ชั่วโมงหรือจนกว่าระบบจะถึงภาวะคงตัว

รูปที่ 4.1 แผนผังแสดงแผนการทดลองกรณีน้ำดิบความขุ่นต่ำ



- รวมจำนวนการทดลองในขั้นนี้ 15 ครั้ง
- ระยะเวลาของแต่ละการทดลองประมาณ 72 ชั่วโมงหรือจนกว่าระบบจะถึงภาวะคงตัว

รูปที่ 4.2 แผนผังแสดงแผนการทดลองกรณีน้ำดิบความขุ่นสูง

ความเข้มข้นสารส้ม	A_1 มก./ล. (ตามความเหมาะสมในงานสนาม)
ความเข้มข้นโพลีเมอร์นอนไอออน	P_1, P_2, P_3 มก./ล. (ตามความเหมาะสมในงานสนาม)
ความเร็วน้ำไหลขึ้น	V_1, V_2, V_3 ซม./นาที (ตามความเหมาะสมในงานสนาม)
จำนวนการทดลอง	3 ครั้ง

4.1.1.2 **ลักษณะที่** 2 ทำการทดลองโดยมีการเวียนเพลเล็ต และมีรายละเอียดเหมือน 4.1.1.1แต่มี

อัตราส่วนเวียนเพลเล็ต	0.1, 0.2, 0.3, 0.4 ของอัตราไหลของน้ำเข้า
จำนวนการทดลอง	12 ครั้ง

4.1.2 **กรณี** 2 เลือกใช้น้ำดิบความขุ่นสูง (ประมาณ 100-400 เอ็นทียู) โดยทำการทดลองเป็น 2 ลักษณะ คือ

4.1.2.1 **ลักษณะที่** 1 ทำการทดลองโดยไม่มีการเวียนเพลเล็ต (เป็นชุดควบคุมเพื่อเปรียบเทียบ) และมีรายละเอียดเหมือน 4.1.1 แต่ใช้น้ำดิบความขุ่นสูง (ประมาณ 100-400 เอ็นทียู)

4.1.2.2 **ลักษณะที่** 2 ทำการทดลองโดยมีการเวียนเพลเล็ต และมีรายละเอียดเหมือน 4.1.2.1 แต่มี

อัตราส่วนเวียนเพลเล็ต	0.1, 0.2, 0.3, 0.4 ของอัตราไหลของน้ำเข้า
จำนวนการทดลอง	12 ครั้ง

4.2 แผนการศึกษาและการดำเนินการ

4.2.1 ลำดับขั้นตอนการศึกษา

4.2.1.1 การเตรียมอุปกรณ์(ในข้อ 4.2.2) และติดตั้งเครื่องมือที่โรงผลิตน้ำสามเสน

4.2.1.2 สูบน้ำดิบความขุ่นประมาณ 20-400 เอ็นทียู (ขึ้นกับฤดูกาล)

4.2.1.3 เตรียมโคแอกกูแลนต์และโคแอกกูแลนต์เอดความเข้มข้นที่ต้องการและกำหนดไว้

4.2.1.4 ทำการทดลองศึกษาตามขอบเขตการศึกษาโดย

- ควบคุมระดับความสูงของชั้นเพลเล็ตให้คงที่
- วัดความขุ่นของน้ำดิบและน้ำผลิต
- วัดค่าเอสเอสของน้ำดิบ น้ำผลิต น้ำเวียนกลับ และที่ระดับความสูง 130, 100, 70 และ 40 ซม.
- วัดค่าพีเอชของน้ำดิบและน้ำผลิต
- วัดสภาพด่างของน้ำดิบและน้ำผลิต
- วัดประจุของคอลลอยด์ในน้ำดิบ, น้ำหลังผ่านโคแอกกูเลชันและน้ำผลิต
- วัดขนาดเพลเล็ตที่ระดับ 130, 100, 70 และ 40 ซม.
- วัดความเร็วในการจมตัวของเพลเล็ตที่ระดับ 130, 100, 70 และ 40 ซม.
- วัดปริมาณอลูมิเนียมในน้ำผลิตที่เวลา 24 ชั่งโมงสุดท้าย

4.2.1.5 เปรียบเทียบปริมาณความต้องการสารเคมีเมื่อมีการเวียนเพลเล็ตกับไม่มีการเวียนเพลเล็ต คำนวณเวลากักของแข็ง และสรุปผลการทดลองและเสนอแนวทางประยุกต์ใช้งาน

4.2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ดังแสดงในรูป 4.3 ซึ่งมีอุปกรณ์ทั้งหมด 2 ชุด แต่ละชุดมีรายละเอียดดังนี้

4.2.2.1 มอเตอร์กวนเร็วขนาดหมุนได้ 450 รอบต่อนาที 1 ตัว

4.2.2.2 ท่อปฏิกรณ์กวนเร็วทำด้วยอะครีลิกใสรูปทรงกระบอก เส้นผ่าศูนย์กลาง 6.25 ซม. สูง 50 ซม. 1 ชุด

4.2.2.3 มอเตอร์กวนช้าขนาดหมุนได้ 5 รอบต่อนาที 1 ตัว

4.2.2.4 ท่อปฏิกรณ์กวนช้าทำด้วยอะคริลิกใสรูปทรงกระบอก เส้นผ่าศูนย์กลาง 6.25 ซม. สูง 250 ซม.1 ชุด

4.2.2.5 เครื่องสูบแบบรีดสายยี่ห้อ Watson Marlow ขนาดสูบได้ 1 ลิตร/นาที เพื่อจ่ายสารส้ม 1 ตัว

4.2.2.6 เครื่องสูบแบบรีดสายยี่ห้อ Watson Marlow ขนาดสูบได้ 1 ลิตร/นาที เพื่อจ่ายสารโพลีเมอร์ 1 ตัว

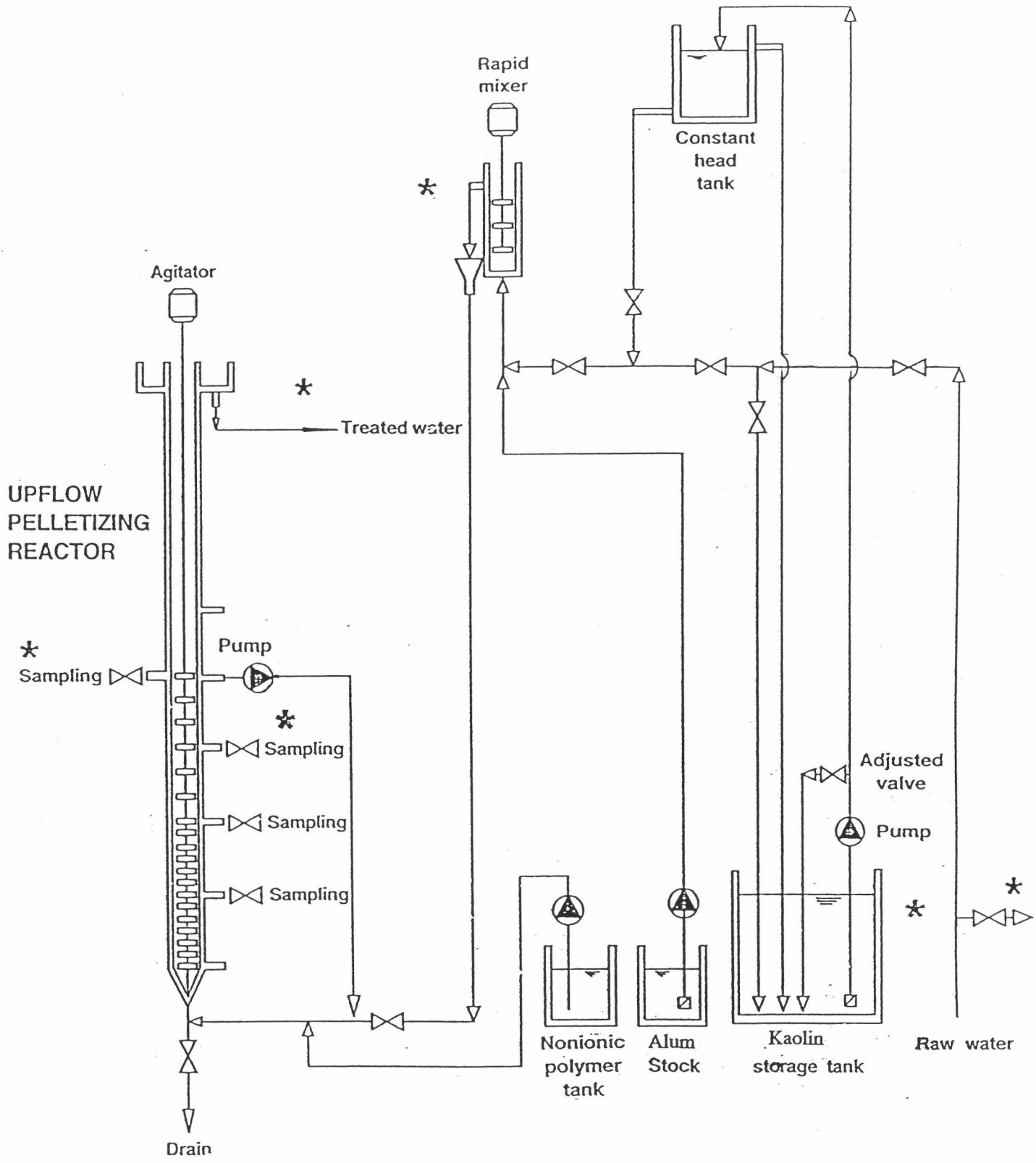
4.2.2.7 เครื่องสูบ metering ยี่ห้อN-FEEDERเพื่อเวียนเพลเล็ต 1 ตัว

4.2.2.8 อุปกรณ์วิเคราะห์ลักษณะน้ำ

1. เครื่องมือวัดความขุ่นของ Hach รุ่น 2100A
2. เครื่องวัดพีเอชของ HORIBA รุ่น F 13
3. กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 10 เท่า เพื่อวัดขนาดเพลเล็ต
4. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์สภาพด่าง

4.2.3 วิธีการทดลอง

เริ่มโดยการนำน้ำดิบจากโรงผลิตน้ำบางเขนเข้าสู่อุปกรณ์สร้างเพลเลตแบบไหลขึ้น(ดังรูปที่ 4.3)โดยมีการเติมสารเคมีและการควบคุมอัตราเวียนเพลเล็ต จากนั้นจึงทำการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณความต้องการสารเคมีเมื่อมีการเวียนเพลเล็ตและไม่มีการเวียนเพลเล็ต โดยมีตัวแปรต่างๆ ดังนี้



รูปที่ 4.3 อุปกรณ์สร้างเพลเล็ตแบบไหลขึ้นที่มีการเวียนเพลเล็ต

(* จุดเก็บตัวอย่าง)

- ตัวแปรอิสระในการทดลอง

1. ปริมาณความเข้มข้นของโคแอกกูแลนต์เอด : แปรผันโพลี-เมอร์นอนไอออน 2 ค่า

2. ความขุ่นน้ำดิบที่เข้าสู่กระบวนการ : ขึ้นกับฤดูกาล

3. อัตราส่วนเวียนเพลเล็ต : แปรผัน 4 ค่า

4. ระยะเวลาในการดำเนินการทดลอง 1 ชุด ประมาณ 72 ชั่วโมง หรือจนกว่ากระบวนการจะถึงจุดคงตัว(steady state)

- ตัวแปรคงที่

1. รูปแบบถังปฏิกรณ์ : 1 แบบ

2. ความเร็วใบพัดกวนเร็ว : 450 รอบต่อนาที

3. ความเร็วใบพัดกวนช้า : 5 รอบต่อนาที

4. ความสูงชั้นเพลเล็ต : 130 ซม.

- ตัวแปรตาม

1. ปริมาณความขุ่นตกค้างในน้ำผลิต

2. ขนาด, ความหนาแน่น และความเร็วตกตะกอนของเพลเล็ต

3. ความเข้มข้นของเพลเล็ตในอุปกรณ์สร้างเพลเล็ตแบบไหลขึ้นและในน้ำเวียนกลับ

4. ความเข้มข้นและปริมาณของเพลเล็ตที่ระบายออกจากระบบ

5. ปริมาณอลูมิเนียมในน้ำผลิต

6. พีเอชและสภาพด่างในน้ำผลิต

7. ประจุของคอลลอยด์ในน้ำดิบ, น้ำหลังโคแอกกูเลชันและน้ำผลิต

8. เวลากักของแข็ง

4.2.4 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

สารเคมีที่เลือกเป็นโคแอกูแลนต์ คือ สารส้มเหลว รายละเอียดสมบัติของสารส้มเหลวที่ใช้ในการวิจัยนี้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 ส่วนสารโพลีเมอร์ไม่มีประจุที่เลือกใช้มีรายละเอียดดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 สมบัติทั่วไปของสารส้มเหลว

Specification of Alum		
Appearance		Liquid
Al_2O_3 (%)		Min 6.5 %
Fe (%)		Max 0.1
As	(มก./กก.)	Max 5
Mn	(มก./กก.)	Max 50
Cd	(มก/กก.)	Max 4
Pb	(มก./กก.)	Max 20
Hg	(มก./กก.)	Max 0.4
Cr	(มก./กก.)	Max 20
Specific gravity		1.26

ตารางที่ 4.2 สมบัติของโพลีเมอร์ไม่มีประจุที่ใช้ในการทดลอง

ชื่อทางการค้า Kuriflock PN-133

ประเภท Nonionic Polymer

Appearance	White powder
Molecular weight	12 millions
Bulk density (g/cc.)	0.70-0.80
Viscosity (cps) 0.1 % solution	20-40 (30 C)
pH (0.1 percent solution)	5.5-7.5
Effective pH range	5.0-8.0
Shelf life	1 Year

4.3 การเก็บตัวอย่าง การวิเคราะห์ และการคำนวณเวลากักของแข็ง

4.3.1 การเก็บตัวอย่าง

1. เก็บตัวอย่างน้ำดิบเพื่อทำการวิเคราะห์โดยมีความถี่ในการเก็บดังแสดงในตารางที่ 4.3

2. เก็บตัวอย่างเพลเล็ตในอุปกรณ์สร้างเพลเล็ตจากจุดเก็บตัวอย่างที่ระดับความสูง 130, 100, 70 และ 40 ซม. เพื่อทำการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.3

3. เก็บตัวอย่างน้ำผลิตเพื่อทำการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.3

4.3.2 การวิเคราะห์

1. ความขุ่นด้วยเครื่องวัดความขุ่นแบบเนฟฟีรลมิเตอร์

2. ขนาดเพลเล็ตและความเร็วการจมตัวของเพลเล็ตโดยใช้กล้องจุลทรรศ์ และสังเกตด้วยตา

3. ปริมาณอลูมิเนียมในน้ำผลิตโดยวิธี atomic absorption โดยใช้เครื่องวัดยี่ห้อ Varian รุ่น spectra AA ความละเอียด +10

4. พีเอช โดยใช้เครื่องพีเอชมิเตอร์

5. สภาพด่างใช้วิธีไททริเมตริก

6. เอสเอส ใช้วิธีทำให้แห้งที่ 103-105 องศาเซลเซียส

7. ประจุของคอลลอยด์ โดยวิธีไทเทรตคอลลอยด์ (ดังแสดงในภาคผนวก ข.)

4.3.3 การคำนวณเวลากักของแข็ง

การคำนวณเวลากักของแข็งทำโดยการควบคุมความสูงของชั้นเพลเล็ตให้คงที่ที่ 130 ซม. และนำมวลเพลเล็ตที่ระบายออกที่ระดับ 130 ซม. มาคำนวณเวลากักของแข็ง ดังแสดงในสมการที่ 4.1

$$\mathbf{PRT} = \frac{\text{mass}}{Q_w} \qquad \text{.....(4.1)}$$

ตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

การวิเคราะห์	start up	ชม. 0	ชม. 6	ชม. 12	ชม. 18	ชม. 24	ชม. 32	ชม. 36	ชม. ...	ชม. ...	ชม. ...
1. ความขุ่น											
- น้ำดิบ	x	x	x	x	x	x	x	x	--ทุก 6 ชม.-		
- น้ำผลิต		x	x	x	x	x	x	x	--ทุก 6 ชม.-		
2. พีเอช											
- น้ำดิบ	x	x	x	x	x	x	x	x	--ทุก 6 ชม.-		
- น้ำหลังกวนเร็ว	x	x	x	x	x	x	x	x	--ทุก 6 ชม.-		
- น้ำผลิต		x	x	x	x	x	x	x	--ทุก 6 ชม.-		
3. ขนาดและความเร็วในการจมตัวของเพลเล็ตที่ระดับ 130 100 70 40 ซม.		x		x		x		x	-ทุก 12 ชม.-		
4. สภาพด่าง											
- น้ำดิบ	x	x		x		x		x	-ทุก 12 ชม.-		
- น้ำผลิต		x		x		x		x	-ทุก 12 ชม.-		
5. เอสเอส											
- น้ำดิบ	x	x		x		x		x	-ทุก 12 ชม.-		
- ที่ระดับ 130 100 70 40ซม.		x		x		x		x	-ทุก 12 ชม.-		
- น้ำผลิต		x		x		x		x	-ทุก 12 ชม.-		
6. ปริมาณ Al ในน้ำผลิต									--ที่ 24 ชม.- สุดท้าย		
7. ประจุของคอลลอยด์		x		x		x		x	-ทุก 12 ชม.-		

โดยที่ Q_w = อัตราทิ้งเพลเล็ต หน่วย กรัมต่อวัน

mass = มวลเพลเล็ตในปฏิกรณ์ หน่วย มิลลิกรัม
(หาจากการคูณพื้นที่ใต้กราฟระหว่างเอสเอสกับความสูงของชั้นเพลเล็ตด้วยพื้นที่หน้าตัดของปฏิกรณ์ ดังแสดงในภาคผนวก ก.)

PRT = เวลากักของแข็ง หน่วย วัน