บทที่ 4
การดำเนินการวิจัย

4.1 ขอบเขตการศึกษา

จากการศึกษาที่ผ่านมา คณิส ม่วงศิริ (2537) ได้ใช้น้ำดิบสังเคราะห์โดยเติมดินเหนียว คาโอลิไนต์ (kaolinite clay) ในน้ำประปาให้มีความขุ่น 50 เอ็นทียู และใช้โพลีอลูมินัมคลอไรด์เป็นโคแอกกูแลนต์ โพลีเมอร์ประจุลบ ไม่มีประจุ และประจุบวก เป็นโคแอกกูแลนต์เอด ในกระบวนการสร้างเม็ดตะกอนแบบไหลขึ้น ปรากฏว่าสามารถผลิตน้ำที่มีคุณภาพสูง(< 5 NTU) ในเวลาอันสั้น ทว่ายังไม่มีการทดลองในภาคสนามว่าใช้งานได้มีประสิทธิภาพสูงจริงดังในห้องปฏิบัติการ ดังนั้นการวิจัยนี้จึงจะศึกษาความเป็นไปได้ในการกำจัดความขุ่นจากน้ำดิบที่โรงผลิตน้ำบางเขน เพื่อศึกษาความเป็นไปได้และสมรรถนะภาพของการกำจัดความขุ่นโดยใช้อุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอนแบบไหลขึ้นและเพื่อเป็นข้อมูลนำไปประยุกต์ใช้ในระบบการผลิตน้ำขนาดใหญ่ต่อไป สารโคแอกกูแลนต์ที่เลือกใช้คือสารส้มเหลว รวมทั้งโพลีเมอร์ประจุลบ ไม่มีประจุ และ ประจุบวก เป็นโคแอกกูแลนต์ นอกจากนี้ยังจะใช้โพลีเมอร์ประจุลบ ไม่มีประจุ และประจุบวก เป็นโคแอกกูแลนต์เอด เพื่อเสริมการสร้างเม็ดตะกอนให้ดีขึ้นเมื่อใช้สารส้มเหลวเป็นโคแอกกูแลนต์

การทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 ช่วง

ช่วงที่ 1 ทำการทดลองหาความเร็วน้ำไหลขึ้นที่เป็นไปได้ในภาคสนาม เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการทดลองช่วงที่ 2 ต่อไป

ช่วงที่ 2 ทำการทดลองเพื่อหาสมรรถนะของระบบโดยประยุกต์และแปรผันข้อมูลที่ได้จากจากการทดลองช่วงที่ 1 และเดินระบบแต่ละครั้งเป็นระยะเวลาประมาณ 3 วัน เพื่อติดตามศึกษาระบบและคุณภาพน้ำผลิตรวมถึงผลกระทบที่อาจมีขึ้น เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวแล้วเป็นเวลานาน

4.1.1 ช่วงสั้น (6 ชม./ครั้ง) ทำการทดลองหาความเร็วน้ำไหลขึ้นที่เป็นไปได้ในภาคสนามเพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการทดลองช่วงที่ 2 ต่อไป การทดลองช่วงนี้แบ่งออกเป็น 2 กรณี

4.1.1.1 กรณีที่ 1 น้ำดิบไม่ได้ปรับพีเอช โดยใช้สารส้มเป็นโคแอกกูแลนต์ โดยแปรผันความเข้มข้นเหมาะสมตามสภาพสนาม ร่วมกับความเข้มข้นโพลีเมอร์ประจุลบ ไม่มีประจุหรือประจุบวกปริมาณคงที่ 0.3 มก./ล. เนื่องจากการทดลองที่ผ่านมา อาชวัน (2535) คณิศ (2537) ปริมาณโพลีเมอร์ปริมาณนี้สามารถผลิตน้ำ(น้ำดิบสังเคราะห์ความขุ่น 50 เอ็นทียู)ที่มีคุณภาพสูงได้ ความเร็วในการจมตัวของเม็ดตะกอนมีค่าสูงและระบบสามารถเข้าสู่สภาวะคงตัวได้เร็วกว่ากรณีที่ใช้โพลีเมอร์ต่ำกว่านี้คือ 0.05 และ 0.1 มก./ล. (อาชวัน 2535) เป็นโคแอกกูแลนต์ และ/หรือ โคแอกกูแลนต์เอด

ขอบเขตการทดลองช่วงที่ 4.1.1.1 ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และมีรายละเอียดดังนี้

ความขุ่นน้ำดิบประมาณ	50-400	เอ็นทียู
	(ขึ้นอยู่กับฤดูกาล,ดังรายละเอียดในภาคผนวก ญ)	
ความสูงชั้นเม็ดตะกอน	130	ซม.
ความเร็วของรอบใบพัดในถังกวนเร็ว	450	รอบต่อนาที
ความเร็วรอบใบพัดในอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน	5	รอบต่อนาที
รูปแบบใบพัด	1	แบบ
ความเร็วน้ำไหลขึ้น	20	ซม./นาที
ระยะเวลานานในการทดลอง	6	ชม./ครั้ง
จำนวนการทดลอง	19	ครั้ง

- ความเข้มข้นของสารส้มเหลว 0 20 25 30 40 45 50 55 มก./ล.
  ร่วมกับโพลีเมอร์ประจุลบเข้มข้น 0.3 มก./ล. (ส.ค. - ก.ย.38)
- ความเข้มข้นของสารส้มเหลว 0 15 20 25 25 60 มก./ล.
  ร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุเข้มข้น 0.3 มก./ล.(ส.ค. - ก.ย.38)
- ความเข้มข้นของสารส้มเหลว 0 10 15 20 25 มก./ล.
  ร่วมกับโพลีเมอร์ประจุบวกเข้มข้น 0.3 มก./ล.(พ.ย. - ธ.ค.38)

ตารางที่ 4.1 ขอบเขตการทดลองเมื่อใช้น้ำดิบไม่ได้ปรับพีเอช (การทดลองช่วงสั้น)

ปริมาณสารส้ม (มก./ล.)	โพลีเมอร์ประจุลบ 0.3 มก./ล.	โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.3 มก./ล.	โพลีเมอร์ประจุบวก 0.3 มก./ล.
0	0-20-A.3	0-20-N.3	0-20-C.3
10			10-20-C.3
15		15-20-N.3	15-20-C.3
20	20-20-A.3	20-20-N.3	20-20-C.3
25	25-20-A.3	25-20-N.3	25-20-C.3
30	30-20-A.3		
35		35-20-N.3	
40	40-20-A.3		
45	45-20-A.3		
50	50-20-A.3		
55	55-20-A.3		
60		60-20-N.3	

หมายเหตุ

0-20-A.3,

0-20-N.3,

0-20-C.3

0 คือ ปริมาณสารส้ม 0 มก./ล.

20 คือ ความเร็วน้ำไหลขึ้น 20 ซม./นาที

A.3 คือ ปริมาณโพลีเมอร์ประจุลบ 0.3 มก./ล.

N.3 คือ ปริมาณโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.3 มก./ล.

C.3 คือ ปริมาณโพลีเมอร์ประจุบวก 0.3 มก./ล.

4.1.1.2 กรณีที่ 2 น้ำดิบปรับพีเอช โดยใช้สารส้มเป็นโคแอกกูแลนต์ โดยแปรผันความเข้มจำนวน 3 ค่า ร่วมกับความเข้มข้นโพลีเมอร์ประจุลบหรือไม่มีประจุปริมาณคงที่ 0.3 มก./ล. เป็นโคแอกกูแลนต์เอด

ขอบเขตของการทดลองช่วงที่ 4.1.1.2 ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และมีรายละเอียดดังนี้

ความเข้มข้นของสารส้มเหลว	15 20 25	มก./ล.
ความเข้มข้นของโพลีเมอร์ประจุลบ	0.3	มก./ล. (ส.ค. - ก.ย.38)
หรือไม่มีประจุ	0.3	มก./ล. (ส.ค.38)
จำนวนการทดลอง	6	ครั้ง

ส่วนปัจจัยอื่น ๆ เหมือนกับ 4.1.1.1

ตารางที่ 4.2 ขอบเขตการทดลองเมื่อใช้น้ำดิบปรับพีเอช (การทดลองช่วงสั้น)

ปริมาณสารส้มเหลว	โพลีเมอร์ประจุลบ 0.3 มก./ล.	โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.3 มก./ล.
15	15-20-A.3	15-20-N.3
20	20-20-A.3	20-20-N.3
25	25-20-A.3	25-20-N.3

หมายเหตุ

15-20-A.3, 15-20-N.3

15 คือ ปริมาณสารส้ม 15 มก./ล.

20 คือ ความเร็วน้ำไหลขึ้น 20 ซม./นาที

A.3 คือ ปริมาณโพลีเมอร์ประจุลบ 0.3 มก./ล.

N.3 คือ ปริมาณโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.3 มก./ล.

4.1.2 ช่วงที่ 2 ศึกษาสมรรถนะของภาพระบบการกำจัดความขุ่นโดยกระบวนการสร้างเม็ดตะกอนแบบไหลขึ้นในช่วงที่ 2

ขอบเขตของการทดลองช่วงที่ 4.1.2 ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และมีรายละเอียดดังนี้

ความเข้มข้นสารส้มเหลว	0 10 15 20 25	มก./ล.
ความเข้มข้นของโพลีเมอร์ประจุลบ	0.3	มก./ล. (ต.ค. - พ.ย.38)
หรือไม่มีประจุ	0.3	มก./ล. (ก.ย. - ธ.ค.38)
หรือประจุบวก	0.3	มก./ล. (พ.ย. - ธ.ค.38)
ความเร็วน้ำไหลขึ้น	20	ซม./นาที
ระยะเวลาในการทดลอง	72	ชม./ครั้ง
จำนวนการทดลอง	15	ครั้ง

ส่วนปัจจัยอื่น ๆ เหมือนกับ 4.1.1.1

ตารางที่ 4.3 ขอบเขตการทดลองเมื่อเดินระบบยาวนาน

ปริมาณสารส้ม (มก./ล.)	โพลีเมอร์ประจุลบ 0.3 มก./ล.	โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.3 มก./ล.	โพลีเมอร์ประจุบวก 0.3 มก./ล.
0	0-20-A.3	0-20-N.3	0-20-C.3
10	10-20-A.3	10-20-N.3	10-20-C.3
15	15-20-A.3	15-20-N.3	15-20-C.3
20	20-20-A.3	20-20-N.3	20-20-C.3
25	25-20-A.3	25-20-N.3	25-20-C.3

หมายเหตุ

0-20-A.3, 0-20-N.3, 0-20-C.3

อธิบายเช่นเดียวกับตารางที่ 4.1

4.2 แผนการศึกษาและการดำเนินการ

4.2.1 ลำดับขั้นการศึกษา

4.2.1.1 การเตรียมอุปกรณ์ติดตั้งเครื่องมือที่โรงผลิตน้ำบางเขน

4.2.1.2 สูบน้ำดิบซึ่งมีความขุ่นประมาณ 50-400 เอ็นทียู เข้าระบบกระบวนการผลิตน้ำ

4.2.1.3 เตรียมสารละลายโคแอกกูแลนต์และโพลีเมอร์ตามที่กำหนด

4.2.1.4 ทำการทดลองศึกษาตามขอบเขตศึกษา โดยใช้และไม่ใช้สารส้มเหลวเป็นโคแอกกูแลนต์

- ควบคุมระดับความสูงของชั้นเม็ดตะกอน
- วัดค่าความขุ่นตกค้างในน้ำผลิต
- วัดค่าพีเอชของน้ำดิบและน้ำผลิต
- วัดสภาพด่างของน้ำดิบและน้ำผลิต
- วัดขนาดเม็ดตะกอน
- วัดความเร็วในการจมตัวของเม็ดตะกอน

4.2.1.5 สรุปผลการทดลองและเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้งาน

4.2.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

4.2.2.1 น้ำดิบ จากโรงผลิตน้ำบางเขน จากข้อมูลปีที่ผ่านมามีความขุ่นประมาณ 50-400 เอ็นทียู (ขึ้นอยู่กับฤดูกาล,ดังรายละเอียดในภาคผนวก ญ)

4.2.2.2 สารเคมี

สารเคมีที่เลือกเป็นสารโคแอกกูแลนต์ คือ สารส้มเหลว รายละเอียดสมบัติของสารส้มเหลวที่ใช้ในการวิจัยนี้แสดงไว้ในตารางที่ 4.4 ส่วนสารโพลีเมอร์ที่เลือกใช้มีรายละเอียดดังตารางที่ 4.5, 4.6 และ 4.7 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 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

สารส้มน้ำร้อยละ 50 หรือสารส้มน้ำ หมายถึง สารละลายของสารส้มกับน้ำในอัตราส่วนที่เท่ากันโดยน้ำหนักและจะต้องมีอะลูมินา (Al_2O_3) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 6.5 ของน้ำหนัก

โดยสารส้มที่ใช้นี้มี ถพ. = 1.265 ก./ลบ.ซม.

. . 1 ลบ.ซม. จะมีเนื้อสารส้ม 0.6325 กรัม

ตารางที่ 4.5 ลักษณะของโพลีเมอร์ประจุลบ ที่ใช้ในการทดลอง

ชื่อทางการค้า R - 300

ประเภท Anionic Polymer

Appearance	White granular solid
Molecular weight	High
Charge density	High
pH 0.1 percent solution (DI Water)	6.5-7.5
Shelf life	1 Year

ตารางที่ 4.6 ลักษณะของโพลีเมอร์ไม่มีประจุ ที่ใช้ในการทดลอง

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

ตารางที่ 4.7 ลักษณะของโพลีเมอร์ประจุบวก ที่ใช้ในการทดลอง

ชื่อทางการค้า K 530 C

ประเภท Cationic Polymer

Appearance	White granular solid
Molecular weight	High
Charge deniety	High
Applications	sedimentation,filtration and centrifugation
Shelf life	1Year

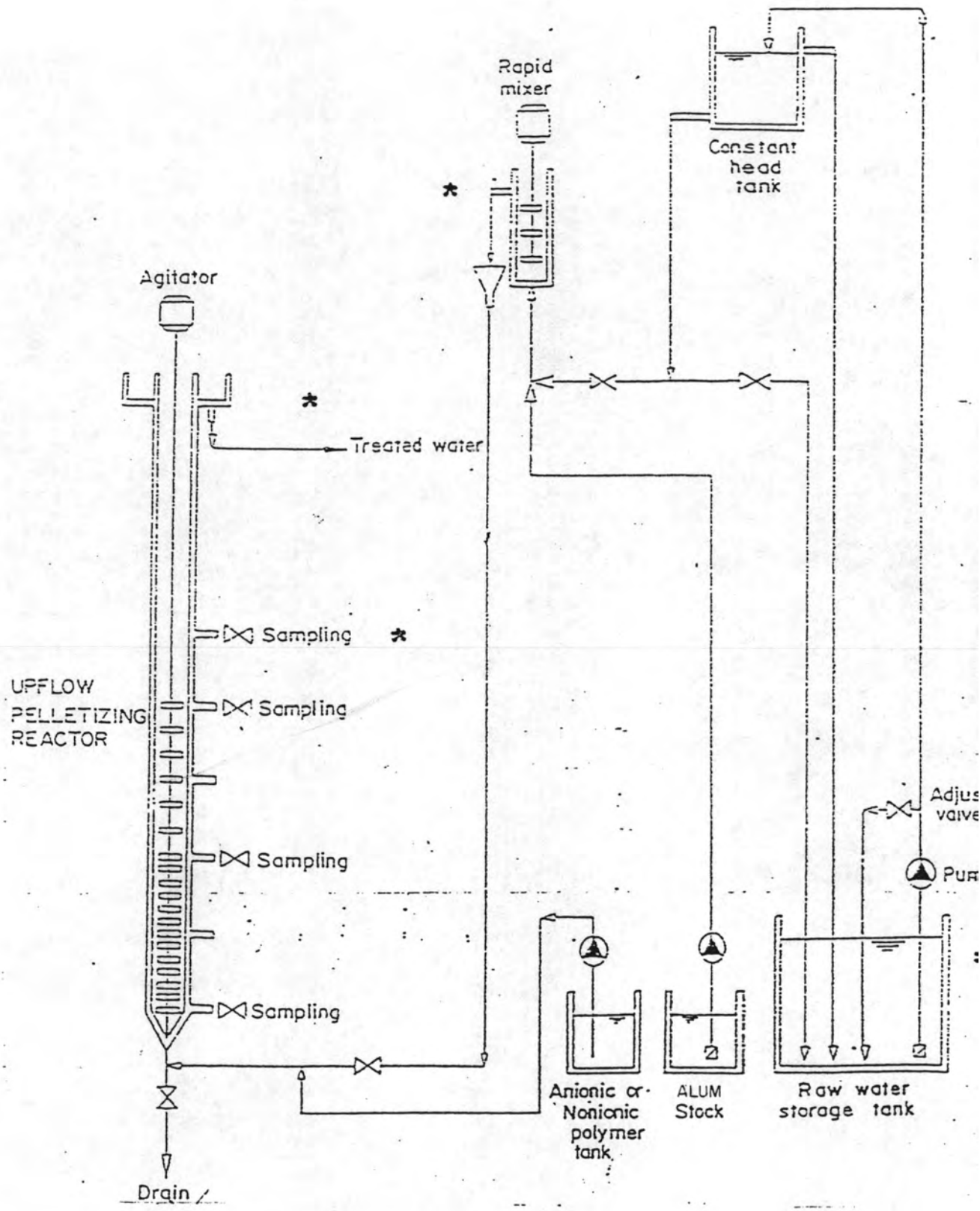
4.2.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

ดังแสดงในรูปที่ 4.1 และ รูปที่ 4.2 และมีรายละเอียดดังนี้

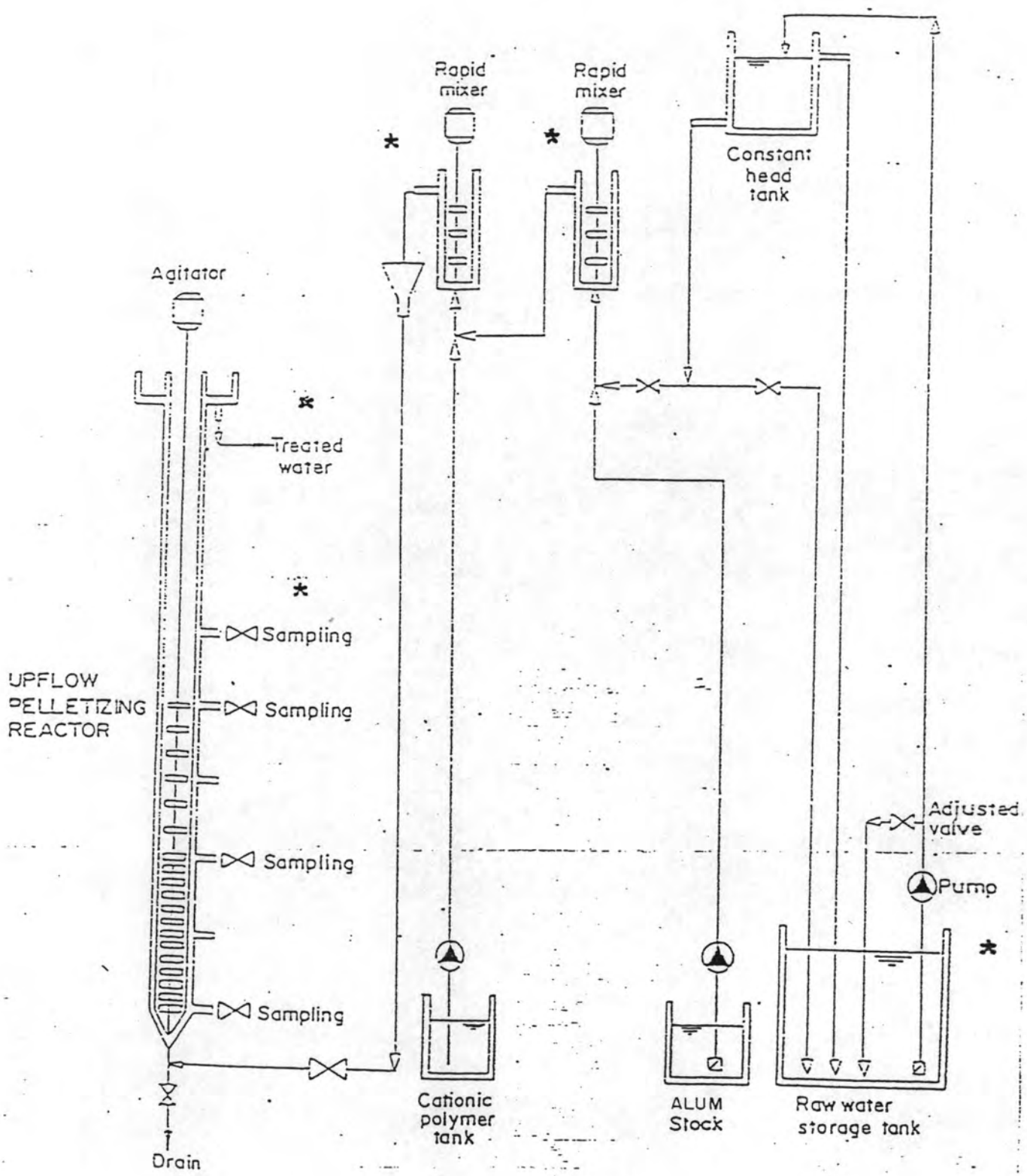
รูปที่ 4.1 แสดงอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอนแบบไหลขึ้นเมื่อใช้โพลีเมอร์ประจุลบและไม่มีประจุ และจุดเก็บตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์

รูปที่ 4.2 แสดงอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอนแบบไหลขึ้นเมื่อใช้โพลีเมอร์ประจุบวกและจุดเก็บตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์

เครื่องสูบน้ำหอยโข่ง(ขนาด 0.5 กำลังม้า,9/40 ลิตรต่อนาที 37/5 เมตร)	1	ตัว
มอเตอร์กวนเร็ว (ขนาด 0.05 กำลังม้า, 1เฟส, 100โวลท์)	2	ตัว
ท่อปฏิกรณ์กวนเร็ว ทำด้วยอะครีลิกรูปทรงกระบอกใสเส้นผ่าศูนย์กลาง 5.40 ซม. สูง 50 ซม. พร้อมใบกวนเร็ว	2	ชุด
มอเตอร์กวนช้าชนิดปรับรอบได้ (0.03 กำลังม้า, 1เฟส, 220 โวลท์)	1	ตัว
ท่อปฏิกรณ์กวนช้า ทำด้วยอะครีลิครูปทรงกระบอกใส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.40 ซม. สูง 250 ซม. พร้อมใบกวนช้า	1	ชุด
เครื่องสูบแบบรีดสายจ่ายสารส้มของ WATSON MARLOW 502S	1	ตัว
เครื่องสูบแบบรีดสายจ่ายสารโพลีเมอร์ของ WATSON MARLOW 503S	1	ตัว



รูปที่ 4.1 อุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอนแบบไหลขึ้นเมื่อใช้โพลีเมอร์ประจุลบและไม่มีประจุ
(* จุดเก็บตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์)



รูปที่ 4.2 อุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอนแบบไหลขึ้นเมื่อใช้โพลีเมอร์ประจุบวก

(* จุดเก็บตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์)

4.2.4 อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพน้ำ

เครื่องมือวัดความขุ่น ของ HACH รุ่น RATIO X/R

เครื่องมือวัดพีเอชของ ACCUMET pH METER 910

กล้องจุลทรรศน์เพื่อวัดขนาดเม็ดตะกอน Olympus รุ่น CHS กำลังขยาย 100 เท่า

อุปกรณ์ในการวิเคราะห์สภาพด่าง

4.3 วิธีการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์

4.3.1 การเก็บตัวอย่าง

4.3.1.1 เก็บตัวอย่างน้ำดิบเพื่อทำการวิเคราะห์โดยมีความถี่ในการเก็บดังแสดงใน ตารางที่ 4.8 และ ตารางที่ 4.9

4.3.1.2 เก็บตัวอย่างน้ำจากจุดเก็บตัวอย่าง แสดงไว้ในรูปที่ 4.1 และ 4.2 เพื่อทำการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 4.8 และ ตารางที่ 4.9

4.3.1.3 เก็บตัวอย่างเม็ดตะกอนเพื่อทำการวิเคราะห์ แสดงไว้ในตารางที่ 4.8 และ 4.9

4.3.2 การวิเคราะห์

4.3.2.1 ความขุ่นของน้ำดิบและน้ำผลิต

4.3.2.2 วัดขนาดเม็ดตะกอน

4.3.2.3 วัดความเร็วการจมตัวของเม็ดตะกอน

4.3.2.4 วัดพีเอช

4.3.2.5 วัดสภาพด่าง

4.3.2.6 ความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอย

ตารางที่ 4.9 ตารางความถี่การเก็บตัวอย่างน้ำ ช่วงที่ 1

	START UP	ชม. ที่ 0	ชม. ที่ 1	ชม. ที่ 2	ชม. ที่ 3	ชม. ที่ 4	ชม. ที่ 5	ชม. ที่ 6
1. ความขุ่น								
- น้ำดิบ		X	X	X	X	X	X	X
- น้ำผลิต			X	X	X	X	X	X
2. พีเอช								
- น้ำดิบ		X	X	X	X	X	X	X
- หลังกวนเร็ว			X	X	X	X	X	X
- น้ำผลิต			X	X	X	X	X	X
3. ขนาดเม็ดตะกอนและความเร็วการจมตัวของเม็ดตะกอนที่ระดับ 130 ซม.			X	X	X	X	X	X
4. สภาพด่าง								
- น้ำดิบ		X	X	X	X	X	X	X
- น้ำผลิต			X	X	X	X	X	X

ตารางที่ 4.10 ตารางความถี่การเก็บตัวอย่างน้ำ ช่วงที่ 2

	ชม. ที่ 0	ชม. ที่ 1	ชม. ที่ 2	ชม. ที่ 3	ชม. ที่ 4	ชม. ที่ 5	ชม. ที่ 6	ชม.ที่	ชม.ที่ 72
1. ความขุ่น									
- น้ำดิบ	X	X	X	X	X	X	X	--ทุก--	--3/6 ชม.--
- น้ำผลิต		X	X	X	X	X	X	--ทุก--	--3/6 ชม.--
2. พีเอช									
- น้ำดิบ	X	X	X	X	X	X	X	--ทุก--	--3/6 ชม.--
- หลังกวนเร็ว		X	X	X	X	X	X	--ทุก--	--3/6 ชม.--
- น้ำผลิต		X	X	X	X	X	X	--ทุก--	--3/6 ชม.--
3. ขนาดเม็ดตะกอนและความเร็วการจมตัวเม็ดตะกอนที่ระดับ 130 ซม.		X	X	X	X	X	X	--ทุก--	--3/6 ชม.--
4. สภาพด่าง									
- น้ำดิบ	X	X	X	X	X	X	X	--ทุก--	--3/6 ชม.--
- น้ำผลิต		X	X	X	X	X	X	--ทุก--	--3/6 ชม.--

* ถ้าข้อมูลที่วิเคราะห์ได้มีค่าแตกต่างกันมากในแต่ละครั้งจะทำการเก็บตัวอย่างวิเคราะห์ถี่ขึ้น