บทที่ 4

การดำเนินการวิจัย

4.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

วัสดุอุปกรณ์ในการวิจัย ได้แก่ น้ำขุ่นสังเคราะห์ สารเคมี อุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอนและเครื่องมืออุปกรณ์วิเคราะห์ลักษณะสมบัติน้ำ

4.1.1 น้ำขุ่นสังเคราะห์

อนุภาคแร่ดินเหนียว เช่น คาโอลิไนท์ (kaolinite) เบนโทไนท์ (bentonite) และเวอร์มิคูไลท์ (vermiculite) เป็นสาเหตุสำคัญของความขุ่นในน้ำผิวดินที่นำมาผลิตเป็นน้ำประปา จากการสำรวจพบว่าแร่ดินที่พบมากในแหล่งน้ำของประเทศไทย ได้แก่ คาโอลิไนท์ (จุมพล คืนดัก, ธงชัย พึ่งรัศมี และพิภพ วสุวานิช, 2524) ดังนั้น เพื่อให้ใกล้เคียงกับความจริงจึงใช้ดินคาโอลิน (kaolin clay) ที่มีส่วนผสมของแร่ดินคาโอลิไนท์และสารอินทรีย์มาเป็นตัวสร้างความขุ่น

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้น้ำขุ่นสังเคราะห์ โดยผสมดินคาโอลินลงไปสร้างความขุ่นและทำการปรับให้มีความขุ่น 50 เอ็นทียู ตลอดทุกการทดลอง (ดูวิธีการเตรียมในภาคผนวก ข.)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.2 สารเคมี

สารเคมีที่ใช้เป็นโคแอกกูแลนท์ คือ โพลีอลูมินัมคลอไรด์ (PACl) ซึ่งมีคุณลักษณะตามตารางที่ 4.1

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 ลักษณะของโพลีอลูมินัมคลอไรด์ที่ใช้ในการทดลอง

Specification of Polyaluminum Chloride	
Code name	PAC-250AD
Appearance	Hygroscopic powder
Al_2O_3 (%)	Min. 30.0
Fe (%)	Max. 0.03
As (ppm)	Max. 20
Mn (ppm)	Max. 75
Cd (ppm)	Max. 6
Pb (ppm)	Max. 30
Hg (ppm)	Max. 0.6
Basicity (%)	50.0 $\pm$ 5.0

สำหรับสารเคมีที่ใช้เป็นโคแอกกูแลนท์เอด คือ โพลีเมอร์ประจุต่าง ๆ ได้แก่ โพลีเมอร์แอนไอออน โพลีเมอร์นอนไอออน และโพลีเมอร์แคทไอออน ซึ่งมีรายละเอียดต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 4.2 , 4.3 , 4.4 , 4.5 , 4.6 และ 4.7

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 ลักษณะของโพลีเมอร์แอนไอออน #1 (AN1) ที่ใช้ในการทดลอง

ชื่อทางการค้า NALCO AP 130

ประเภท Anionic Polymer

Appearance	white free-flowing granular powder
Molecular weight	greater than 10 million
Bulk density (g./cc.)	0.60 - 0.65
Odor	none
Recommended dilution	0.05 - 0.10 %
Activated time (Min)	60 - 90
Dosage for application	
- Coagulation aid (ppm)	0.2 - 1.0
- Filter aid (ppm)	0.02 - 0.2

ตารางที่ 4.3 ลักษณะของโพลีเมอร์แอนไอออน #2 (AN2) ที่ใช้ในการทดลอง

ชื่อทางการค้า DIAFLOC AP-825

ประเภท Anionic Polymer

Appearance	white granular powder
Molecular weight	11 million
Bulk density (g./cc.)	0.50 - 0.65
Effective pH range	3 - 12

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 ลักษณะของโพลีเมอร์นอนไอออน #1 (NON1) ที่ใช้ในการทดลอง

ชื่อทางการค้า QEMIFLOC 720

ประเภท Nonionic Polymer

Appearance	powder
Molecular weight	8 - 10 million
Bulk density (g./cc.)	0.80
Viscosity (cps)	
- 0.5 % solution	78
Shelf life	
- Dry powder	at lease 1 year
- Solution	less than 1 week
Recommended solution	
- Stock solution	1 - 2 %
- Feed solution	0.01 - 0.1 %
Recommended storage period	
- Solid	up to two years
- Stock solution (day)	2 - 4
- Feed solution (day)	1 - 2
Dosage for application	
- Gold ore slurry clarifiers	0.001 - 0.03 kg/mt ore
- Brine clarification	0.01 - 0.4 kg/mt
- Acid mide waters	0.1 - 3.0 mg/l
- Tailings water recovery	0.001 - 0.004 kg/mt
- Acid leaching	0.001 - 0.1 kg/mt

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 ลักษณะของโพลีเมอร์นอนไอออน #2 (NON2) ที่ใช้ในการทดลอง

ชื่อทางการค้า PEROFLOC 5482

ประเภท Nonionic Polymer

Appearance	White granular powder
Molecular weight	greater than 8 million
Avg. particle size	100% through 18 mesh
Bulk density	approx. 40 lbs./cu.ft.
pH (1% solution)	4.5 - 5.5
Solubility	complete in water

ตารางที่ 4.6 ลักษณะของโพลีเมอร์แคทไอออน #1 (CAT1) ที่ใช้ในการทดลอง

ชื่อทางการค้า ZETAG 63

ประเภท Cationic Polymer

Appearance	solid bead form
Molecular weight	8 - 10 million
Percent active content	100
Effective pH	4 - 9
Applications	secondary clarification , filter press , belt press , centifuge , rotary vacuum filter , flotation

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 ลักษณะของโพลีเมอร์แคทไอออน #2 (CAT2) ที่ใช้ในการทดลอง

ชื่อทางการค้า QEMIFLOC SC 2001

ประเภท Cationic Polymer

Appearance	free flowing white powder
Molecular weight	high
Activity	100%
Moisture	less than 1%
Solubility	complete
Applications	clarification, filtration, centrifugation

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ดังแสดงในรูป 4.1

1. ถังเตรียมน้ำดิบขนาด 680 ลิตร 1 ใบ
2. ถังเก็บน้ำดิบที่คัดขนาดแล้ว 500 ลิตร 2 ใบ
3. เครื่องสูบน้ำหอยโข่ง (Centrifugal Pump) 1 ตัว
4. ถังน้ำควบคุมความดัน (Constant Head Tank) 1 ใบ
5. มอเตอร์กวนเร็ว (ขนาด 0.05 HP. 1 PHASE 220 VOLT) 2 ตัว
6. ท่อปฏิกรณ์กวนเร็ว ทำด้วยอะครีลิครูปทรงกระบอกใส เส้นผ่าศูนย์กลาง 6.25 ซม.สูง 50 ซม.พร้อมใบกวนเร็ว 2 ชุด
7. มอเตอร์กวนช้าชนิดปรับรอบได้ (0.03 HP.1 PHASE 220 VOLT) 1 ตัว
8. ท่อปฏิกรณ์สร้างเม็ดตะกอนทำด้วยอะครีลิครูปทรงกระบอกใส ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6.25 ซม. สูง 250 ซม. พร้อมใบกวนช้า 1 ชุด
9. เครื่องสูบแบบเพอริสตัลตริกจ่ายโพลีอลูมินัมคลอไรด์ (PACl) ของ WATSON MARLOW 502S 1 ตัว
10. เครื่องสูบแบบเพอริสตัลตริกจ่ายสารโพลีเมอร์ ของ WATSON MARLOW 503S 1 ตัว
11. ถาดคัดขนาดอนุภาค ขนาด 70x150x20 ซม. 2 ถาด

4.1.4 อุปกรณ์วิเคราะห์ลักษณะสมบัติน้ำ

1. เครื่องมือวัดความขุ่น ของ HACH รุ่น 2100 A
2. เครื่องมือสำหรับหาค่าของแข็งที่ตกค้างในน้ำ
3. เครื่อง INDUCTIVELY COUPLED PLASMA EMISSION SPECTROMETER Model Perkin-Elmer PLASMA-1000 สำหรับหาค่าปริมาณอลูมิเนียมที่ละลายในน้ำ
4. เครื่องมือวัดพีเอชของ HORIBA รุ่น F-13
5. กล้องจุลทรรศน์เพื่อวัดขนาดของเม็ดตะกอน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

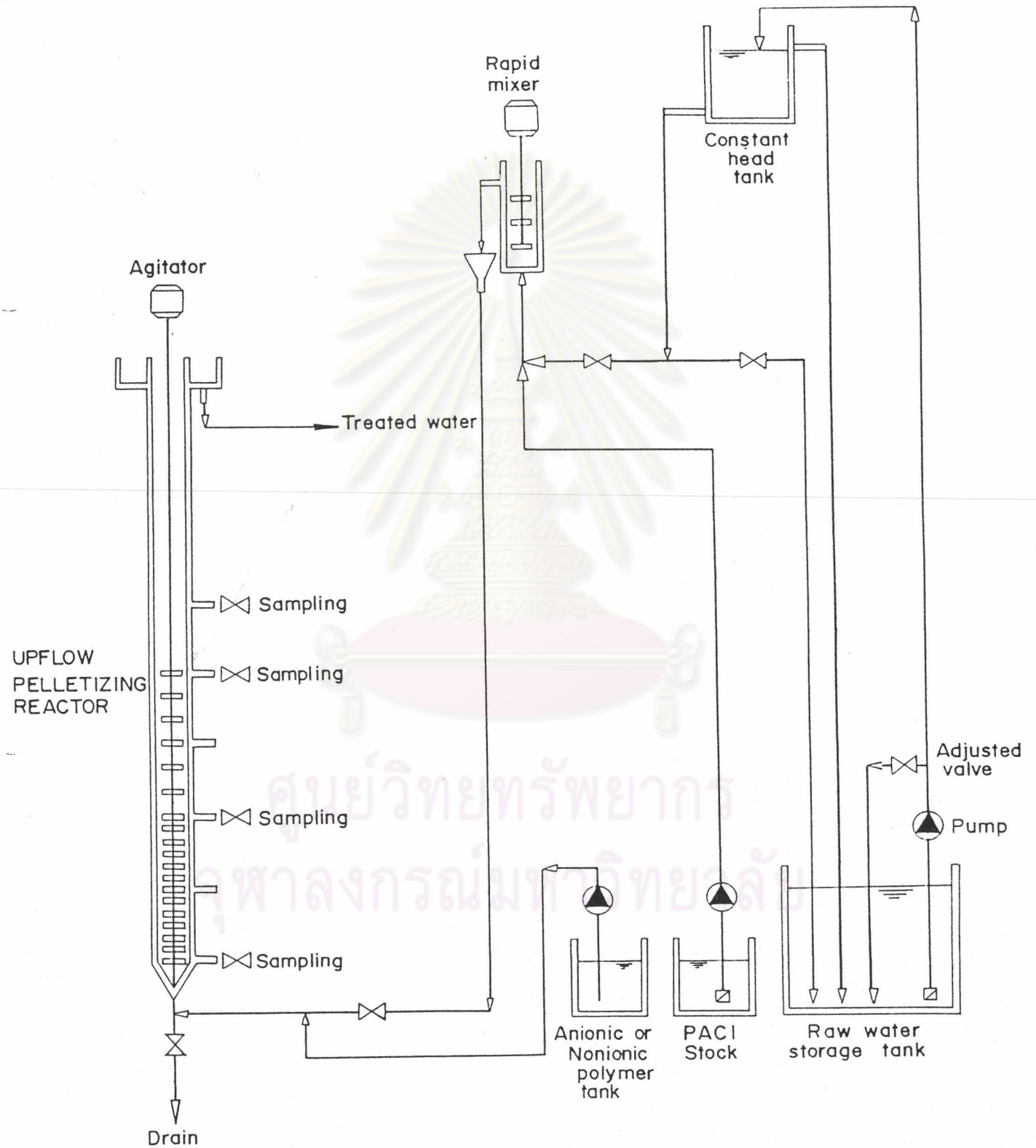


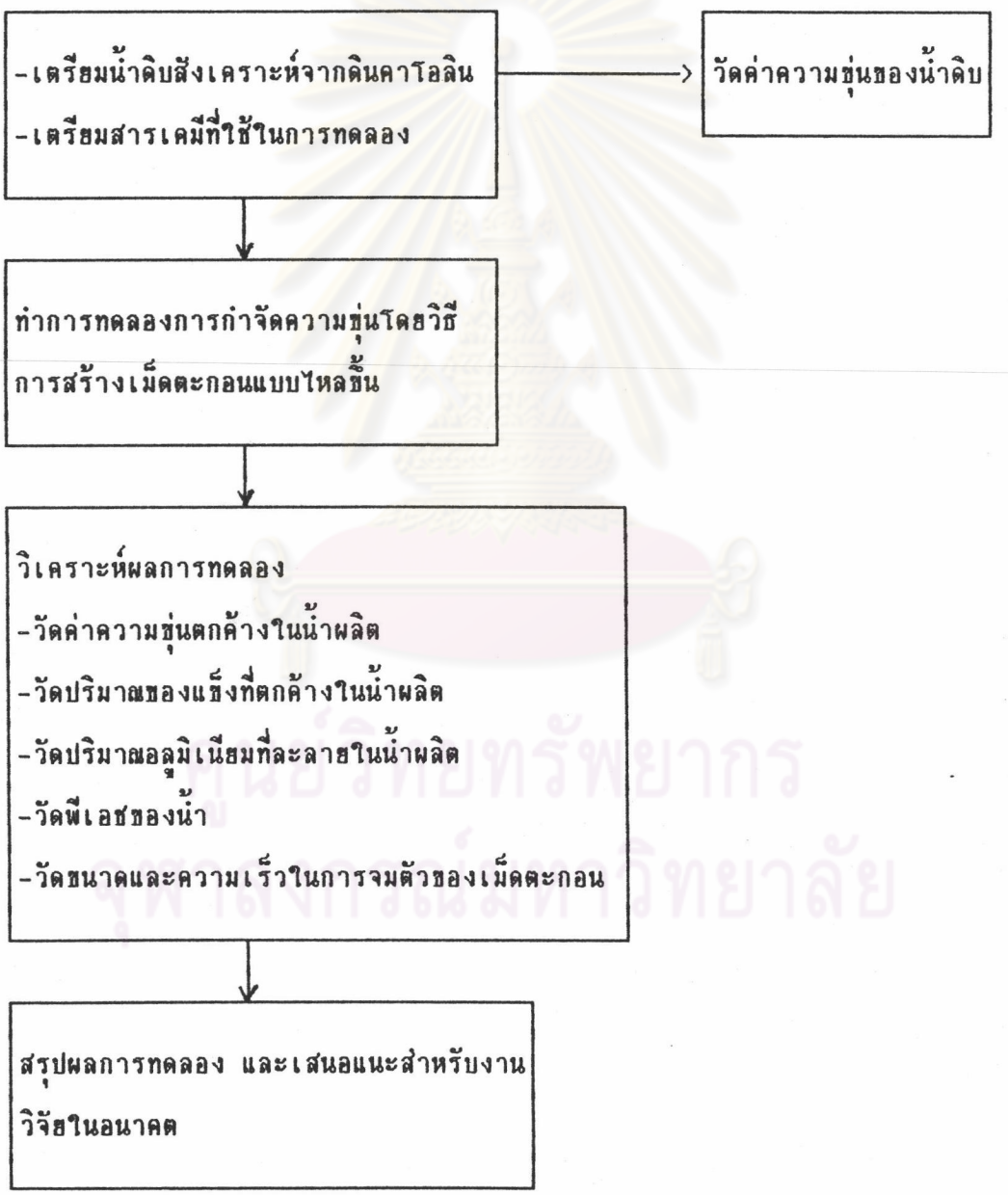
Diagram of upflow pelletization process setup

รูปที่ 4.1 อุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอนแบบไหลขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 ขั้นตอนการศึกษา

การศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนได้แก่ การเตรียมการทดลอง การดำเนินการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง การสรุปผลการทดลองและเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้วิธีกำจัดความขุ่นโดยการสร้างเม็ดตะกอน ลำดับการศึกษาได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แผนผังแสดงขั้นตอนการศึกษา

4.3 รูปแบบของการศึกษา แบ่งออกได้ ดังนี้

4.3.1 การเตรียมการทดลอง

เตรียมการทดลองโดยการประกอบติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง การเตรียมน้ำดิบสังเคราะห์จากดินคาโอลินและการเตรียมสารเคมีชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง

4.3.2 การดำเนินการทดลอง

ทำการทดลองเพื่อศึกษาถึงกระบวนการสร้างเม็ดตะกอน โดยใช้อุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอนแบบไหลขึ้นที่เตรียมไว้ โดยศึกษาผลของโพลีเมอร์จากชนิดและปริมาณเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นและใช้ PACl เป็นโคแอกกูแลนท์ จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้โดยทำการวัดค่าความขุ่นของน้ำก่อนและหลังการทดลองขนาดและความเร็วในการจมตัวของเม็ดตะกอนรวมทั้งวัดปริมาณอลูมิเนียมที่ละลายในน้ำผลิต ทั้งนี้เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งมีดังต่อไปนี้

1) ตัวแปรอิสระ ได้แก่
   - ชนิดของโพลีเมอร์ที่ใช้
   - ปริมาณความเข้มข้นของโพลีเมอร์ที่ใช้
   - ปริมาณความเข้มข้นของ PACl ที่ใช้
   - ความเร็วของน้ำไหลขึ้นในอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน

2) ตัวแปรตาม ได้แก่
   - ปริมาณความขุ่นตกค้างของน้ำผลิต
   - ปริมาณอลูมิเนียมที่ละลายในน้ำผลิต
   - ปริมาณของแข็งที่ตกค้างในน้ำผลิต

- พีเอชของน้ำ
- ความสูงของชั้นเม็ดตะกอน
- ขนาดเม็ดตะกอน
- ความเร็วในการจมตัวของเม็ดตะกอน

3) ตัวแปรคงที่ ได้แก่

- ชนิดของความขุ่นสังเคราะห์
- ระดับความขุ่นของน้ำดิบ 50 เอ็นทียู
- รูปแบบการจัดใบพัดกวนน้ำในอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน
- ความเร็วของใบพัดกวนน้ำในอุปกรณ์กวนเร็ว
- ความเร็วของใบพัดกวนน้ำในอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน

4.3.3 การสรุปผลการทดลองและเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

เป็นการนำผลการศึกษาในตอนต้นมาทำการประเมิน เพื่อให้ทราบถึงสมรรถภาพและประสิทธิภาพของระบบสร้างเม็ดตะกอนแบบไหลขึ้นในการกำจัดความขุ่น เมื่อใช้โพลีเมอร์ชนิดและปริมาณต่างๆเป็นโคแอกกูแลนท์เอด และใช้ PAC1 เป็นโคแอกกูแลนท์ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาออกแบบระบบนี้ในอนาคต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 ขอบเขตการทดลอง

ในการวิจัยนี้จะทำการศึกษาผลของโพลีเมอร์ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น โดยศึกษาผลของการใช้โพลีเมอร์แอนไอออน โพลีเมอร์นอนไอออน และโพลีเมอร์แคทไอออนเป็นโคแอกกูแลนท์เอด และใช้โพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ (PACl) เป็นโคแอกกูแลนท์ ในการทดลองครั้งนี้จะเลือกค่าคงที่ที่เหมาะสมโดยอาศัยผลการศึกษาที่ผ่านมา การทดลองทั้งหมดกระทำที่ห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยทำการทดลองซึ่งมีตัวแปรต่าง ๆ อยู่ในขอบเขต ดังนี้

ค่าคงที่ที่ใช้ในการทดลอง

1.	ความขุ่นของน้ำดิบสังเคราะห์(โดยใช้ดินคาโอลิน)	50	เอ็นทียู
2.	ความสูงของชั้นเม็ดตะกอน	130	ซม.
3.	ความเร็วของใบพัดกวนเร็ว	100	รอบต่อนาที
4.	ความเร็วของใบพัดกวนช้า	5	รอบต่อนาที
5.	รูปแบบการจัดใบพัดกวนน้ำในอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน	1	แบบ

ค่าตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงในการทดลอง

1.	ปริมาณโพลีอลูมินัมคลอไรด์ (PACl)	0 , 1.0 , 3.0	มก./ล.
2.	โพลีเมอร์แอนไอออน 2 ชนิด ๆ ละ	0.05 , 0.10 , 0.30	มก./ล.
3.	โพลีเมอร์นอนไอออน 2 ชนิด ๆ ละ	0.05 , 0.10 , 0.30	มก./ล.
4.	โพลีเมอร์แคทไอออน 2 ชนิด ๆ ละ	0.30	มก./ล.
5.	ความเร็วของน้ำไหลขึ้นในอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน	40 , 60	ซม./นาที

4.5 การดำเนินการศึกษา

4.5.1 วิธีการทดลอง

4.5.1.1 ทำการทดลองในการทดลองชุดที่ 1 (ดูตารางที่ 4.8) โดยเริ่มจากการทดลองชุด 40-A1.05-P1 เมื่อเริ่มทำการทดลองจะมีการสร้างชั้นเม็ดตะกอนให้มีความสูง 180 ซม. ที่เวลา 0 ชั่วโมง จากนั้นนำน้ำดิบสังเคราะห์ 50 เอ็นทียู มาผ่านอุปกรณ์กวนเร็วซึ่งมีอัตรากวนเร็วเท่ากับ 100 รอบต่อนาที โดยใช้ความเร็วของน้ำไหลขึ้นในอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน 40 ซม./นาที (G = 329.46 วินาที$^{-1}$, Gt = 17,790.84) และใช้โพลีอลูมินัม-คลอไรด์ในปริมาณ 1 มก./ล. เป็นโคแอกกูแลนท์ จากนั้นผ่านน้ำดังกล่าวเข้าสู่อุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน โดยมีอัตรากวนช้าเท่ากับ 5 รอบต่อนาที (ช่วงความสูง 0 ถึง 60 ซม. G = 30.03 วินาที$^{-1}$, Gt = 2,927.92 และช่วงความสูง 60 ถึง 120 ซม. G = 8.89 วินาที$^{-1}$, Gt = 933.45) และใช้โพลีเมอร์แอนไอออน #1 (NALCO AP 130 - ดูลักษณะสมบัติในตารางที่ 4.2) ในปริมาณ 0.05 มก./ล. เป็นโคแอกกูแลนท์เอด ดังแสดงตำแหน่งของอุปกรณ์ดังรูปที่ 4.1 แล้วจึงเริ่มเก็บตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์ที่เวลา 0.5 ชม., 1 ชม., 2 ชม., 4 ชม., 5 ชม. และ 6 ชม. จึงสิ้นสุดการทดลอง (ในระหว่างการทดลองชั่วโมงที่ 0 ถึง 1 ชั้นเม็ดตะกอนจะปรับตัวลดลงจากความสูง 180 ซม. มากน้อยตามชนิดและปริมาณของโพลีเมอร์ จนเมื่อถึงเวลา 1 ชั่วโมง จะทำการปรับระดับความสูงของชั้นเม็ดตะกอนที่สูงกว่า 130 ซม. ให้อยู่ที่ 130 ซม. ส่วนในการทดลองที่พบว่าความสูงของชั้นเม็ดตะกอนต่ำกว่า 130 ซม. จะปล่อยให้ความสูงของชั้นเม็ดตะกอนลดลงโดยอิสระ) จากนั้นจึงทำการทดลองชุด 60-A1.05-P1 โดยวิธีการข้างต้น โดยใช้ความเร็วของน้ำไหลขึ้นในอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน 60 ซม./นาที มีอัตรากวนเร็ว 100 รอบต่อนาที (G = 329.46 วินาที$^{-1}$, Gt = 11,860.56) และอัตรากวนช้า 5 รอบต่อนาที (ช่วงความสูง 0 ถึง 60 ซม. G = 30.03 วินาที$^{-1}$, Gt = 1,951.95 และช่วงความสูง 60 ถึง 120 ซม. G = 8.89 วินาที$^{-1}$, Gt = 622.30)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองชุดที่ 1 ทำการทดลองต่อในการทดลองชุดที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ โดยเปลี่ยนโคแอกกูแลนท์เอดดังนี้ การทดลองชุดที่ 2 (ดูตารางที่ 4.9)

ตารางที่ 4.8 ค่าตัวแปรต่าง ๆ ในการทดลองชุดที่ 1 (โพลีเมอร์แอนไอออน #1)

- ชนิดของโพลีเมอร์แอนไอออน AN 1 : NALCO AP 130
- ปริมาณ PACl ที่ใช้ในการทดลอง 1 และ 3 มก./ล.
- ความเร็วของน้ำไหลขึ้นในอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน 40 และ 60 ซม./นาที

UPFLOW (ซม./นาที)	40		60	
ปริมาณโพลีเมอร์ (มก./ล.)	ปริมาณ PACl (มก./ล.)		ปริมาณ PACl (มก./ล.)	
	1	3	1	3
0.05	40-A1.05-P1	40-A1.05-P3	60-A1.05-P1	60-A1.05-P3
0.10	40-A1.10-P1	40-A1.10-P3	60-A1.10-P1	60-A1.10-P3
0.30	40-A1.30-P1	40-A1.30-P3	60-A1.30-P1	60-A1.30-P3

รวมการทดลอง 12 การทดลอง

หมายเหตุ 40 - A1.05 - P1

- 40 — ความเร็วน้ำไหลขึ้น , ซม./นาที
- A1.05 — ชนิดของโพลีเมอร์
- A1.05 — ความเข้มข้นของโพลีเมอร์ , มก./ล.
- P1 — ความเข้มข้นของ PACl , มก./ล.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

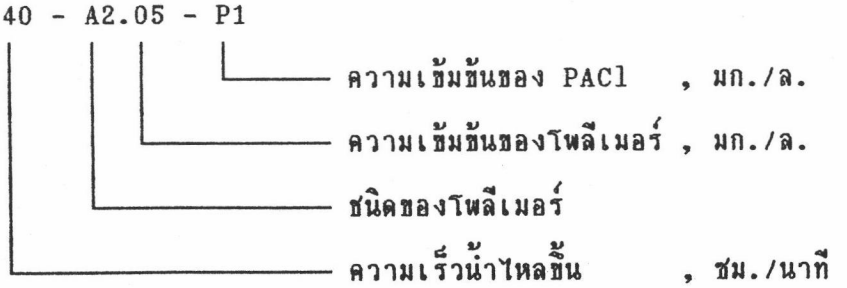
ตารางที่ 4.9 ค่าตัวแปรต่าง ๆ ในการทดลองชุดที่ 2 (โพลีเมอร์แอนไอออน #2)

- ชนิดของโพลีเมอร์แอนไอออน AN2 : DIAFLOC AP-825
- ปริมาณ PACl ที่ใช้ในการทดลอง 1 และ 3 มก./ล.
- ความเร็วของน้ำไหลขึ้นในอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน 40 และ 60 ซม./นาที

UPFLOW (ซม./นาที)	40		60	
ปริมาณโพลีเมอร์ (มก./ล.)	ปริมาณ PACl (มก./ล.)		ปริมาณ PACl (มก./ล.)	
	1	3	1	3
0.05	40-A2.05-P1	40-A2.05-P3	60-A2.05-P1	60-A2.05-P3
0.10	40-A2.10-P1	40-A2.10-P3	60-A2.10-P1	60-A2.10-P3
0.30	40-A2.30-P1	40-A2.30-P3	60-A2.30-P1	60-A2.30-P3

รวมการทดลอง 12 การทดลอง

หมายเหตุ



ใช้แอนไอออนโพลีเมอร์ #2 (DIAFLOC AP-825 - ดูลักษณะสมบัติในตารางที่ 4.3) , ในการทดลองชุดที่ 3 (ดูตารางที่ 4.10) ใช้นอนไอออนโพลีเมอร์ #1 (QEMIFLOC 720 - ดูลักษณะสมบัติในตารางที่ 4.4) และในการทดลองชุดที่ 4 (ดูตารางที่ 4.11) ใช้นอนไอออนโพลีเมอร์ #2 (PEROFLOC 5482 - ดูลักษณะสมบัติในตารางที่ 4.5)

4.5.1.2 ทำการทดลองในการทดลองชุดที่ 5 และ 6 (ดูตารางที่ 4.12 และ 4.13 ตามลำดับ) เพื่อศึกษาผลของโพลีเมอร์แอนไอออนและโพลีเมอร์นอนไอออนที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นตามวิธีในหัวข้อ 4.5.1.1 โดยไม่ใช้โพลีอลูมินัมคลอไรด์เป็นโคแอกกูแลนท์

4.5.1.3 ทำการทดลองในชุดที่ 7 (ดูตารางที่ 4.14) เพื่อศึกษาผลของโพลีเมอร์แคทไอออน #1 (ZETAG 63 - ดูลักษณะสมบัติในตารางที่ 4.6) และโพลีเมอร์แคทไอออน #2 (QEMIFLOC SC 2001 - ดูลักษณะสมบัติในตารางที่ 4.7) ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น โดยใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบกับการใช้โพลีเมอร์แอนไอออนและโพลีเมอร์นอนไอออน แต่เนื่องจากโพลีเมอร์แคทไอออนมีลักษณะสมบัติเป็นประจุบวก จึงทำการสูบจ่ายเข้าสู่อุปกรณ์กวนเร็ว ที่มีอัตราการกวนเร็วเท่ากับ 100 รอบต่อนาที ดังแสดงในรูปที่ 4.3 เพื่อทำลายเสถียรภาพของอนุภาคคอลลอยด์ (destabilzation) ซึ่งต่างจากการใช้โพลีเมอร์แอนไอออนและโพลีเมอร์นอนไอออน ที่มีการสูบจ่ายเข้าอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอนโดยตรง เพื่อให้เกิดการต่อเชื่อมของโพลีเมอร์ (polymer bridging)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

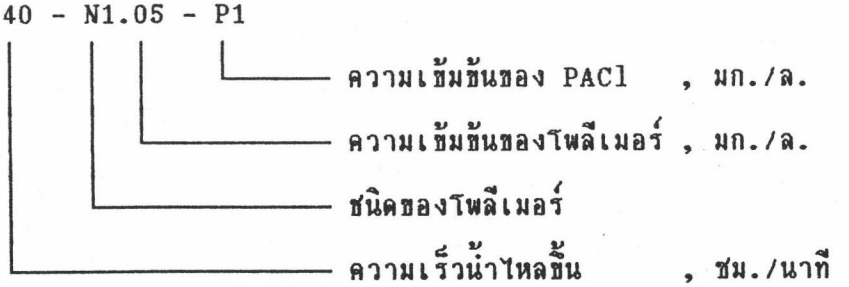
ตารางที่ 4.10 ค่าตัวแปรต่าง ๆ ในการทดลองชุดที่ 3 (โพลีเมอร์นอนไอออน #1)

- ชนิดของโพลีเมอร์นอนไอออน NON 1 : QEMIFLOC 720
- ปริมาณ PACl ที่ใช้ในการทดลอง 1 และ 3 มก./ล.
- ความเร็วของน้ำไหลขึ้นในอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน 40 และ 60 ซม./นาที

UPFLOW (ซม./นาที)	40		60	
ปริมาณโพลีเมอร์ (มก./ล.)	ปริมาณ PACl (มก./ล.)		ปริมาณ PACl (มก./ล.)	
	1	3	1	3
0.05	40-N1.05-P1	40-N1.05-P3	60-N1.05-P1	60-N1.05-P3
0.10	40-N1.10-P1	40-N1.10-P3	60-N1.10-P1	60-N1.10-P3
0.30	40-N1.30-P1	40-N1.30-P3	60-N1.30-P1	60-N1.30-P3

รวมการทดลอง 12 การทดลอง

หมายเหตุ



ตารางที่ 4.11 ค่าตัวแปรต่าง ๆ ในการทดลองชุดที่ 4 (โพลีเมอร์นอนไอออน #2)

- ชนิดของโพลีเมอร์นอนไอออน NON 2 : PEROFLOC 5482
- ปริมาณ PACl ที่ใช้ในการทดลอง 1 และ 3 มก./ล.
- ความเร็วของน้ำไหลขึ้นในอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน 40 และ 60 ซม./นาที

UPFLOW (ซม./นาที)	40		60	
ปริมาณโพลีเมอร์ (มก./ล.)	ปริมาณ PACl (มก./ล.)		ปริมาณ PACl (มก./ล.)	
	1	3	1	3
0.05	40-N2.05-P1	40-N2.05-P3	60-N2.05-P1	60-N2.05-P3
0.10	40-N2.10-P1	40-N2.10-P3	60-N2.10-P1	60-N2.10-P3
0.30	40-N2.30-P1	40-N2.30-P3	60-N2.30-P1	60-N2.30-P3

รวมการทดลอง 12 การทดลอง

หมายเหตุ 40 - N2.05 - P1

- P1 — ความเข้มข้นของ PACl , มก./ล.
- N2.05 — ความเข้มข้นของโพลีเมอร์ , มก./ล.
- N2 — ชนิดของโพลีเมอร์
- 40 — ความเร็วน้ำไหลขึ้น , ซม./นาที

ตารางที่ 4.12 ค่าตัวแปรต่าง ๆ ในการทดลองชุดที่ 5 (โพลีเมอร์แอนไอออน #1,#2 เมื่อ PACl = 0 มก./ล.)

- ชนิดของโพลีเมอร์แอนไอออน AN 1 : NALCO AP 130
  AN 2 : DIAFLOC AP-825
- ปริมาณ PACl ที่ใช้ในการทดลอง 0 มก./ล.
- ความเร็วของน้ำไหลขึ้นในอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน 40 , 60 ซม./นาที

P.E.	UPFLOW 40 CM/MIN	UPFLOW 60 CM/MIN
AN 1	40-A1.10-P0	
	40-A1.30-P0	60-A1.30-P0
AN 2	40-A2.10-P0	
	40-A2.30-P0	60-A2.30-P0

รวมการทดลอง 6 การทดลอง

หมายเหตุ 40 - A1.10 - P0

- P0 — ความเข้มข้นของ PACl , มก./ล.
- 30 — ความเข้มข้นของโพลีเมอร์ , มก./ล.
- A1 — ชนิดของโพลีเมอร์
- 40 — ความเร็วน้ำไหลขึ้น , ซม./นาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.13 ค่าตัวแปรต่าง ๆ ในการทดลองชุดที่ 6 (โพลีเมอร์นอนไอออน #1,#2 เมื่อ PACl = 0 มก./ล.)

- ชนิดของโพลีเมอร์นอนไอออน NON 1 : QEMIFLOC 720

  NON 2 : PEROFLOC 5482

- ปริมาณ PACl ที่ใช้ในการทดลอง 0 มก./ล.
- ความเร็วของน้ำไหลขึ้นในอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน 40 , 60 ซม./นาที

P.E.	UPFLOW 40 CM/MIN	UPFLOW 60 CM/MIN
NON 1	40-N1.10-P0	60-N1.10-P0
	40-N1.30-P0	60-N1.30-P0
NON 2	40-N2.10-P0	60-N2.10-P0
	40-N2.30-P0	60-N2.30-P0

รวมการทดลอง 8 การทดลอง

หมายเหตุ 40 - N1.10 - P0

- 40 — ความเร็วน้ำไหลขึ้น , ซม./นาที
- N1 — ชนิดของโพลีเมอร์
- .10 — ความเข้มข้นของโพลีเมอร์ , มก./ล.
- P0 — ความเข้มข้นของ PACl , มก./ล.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

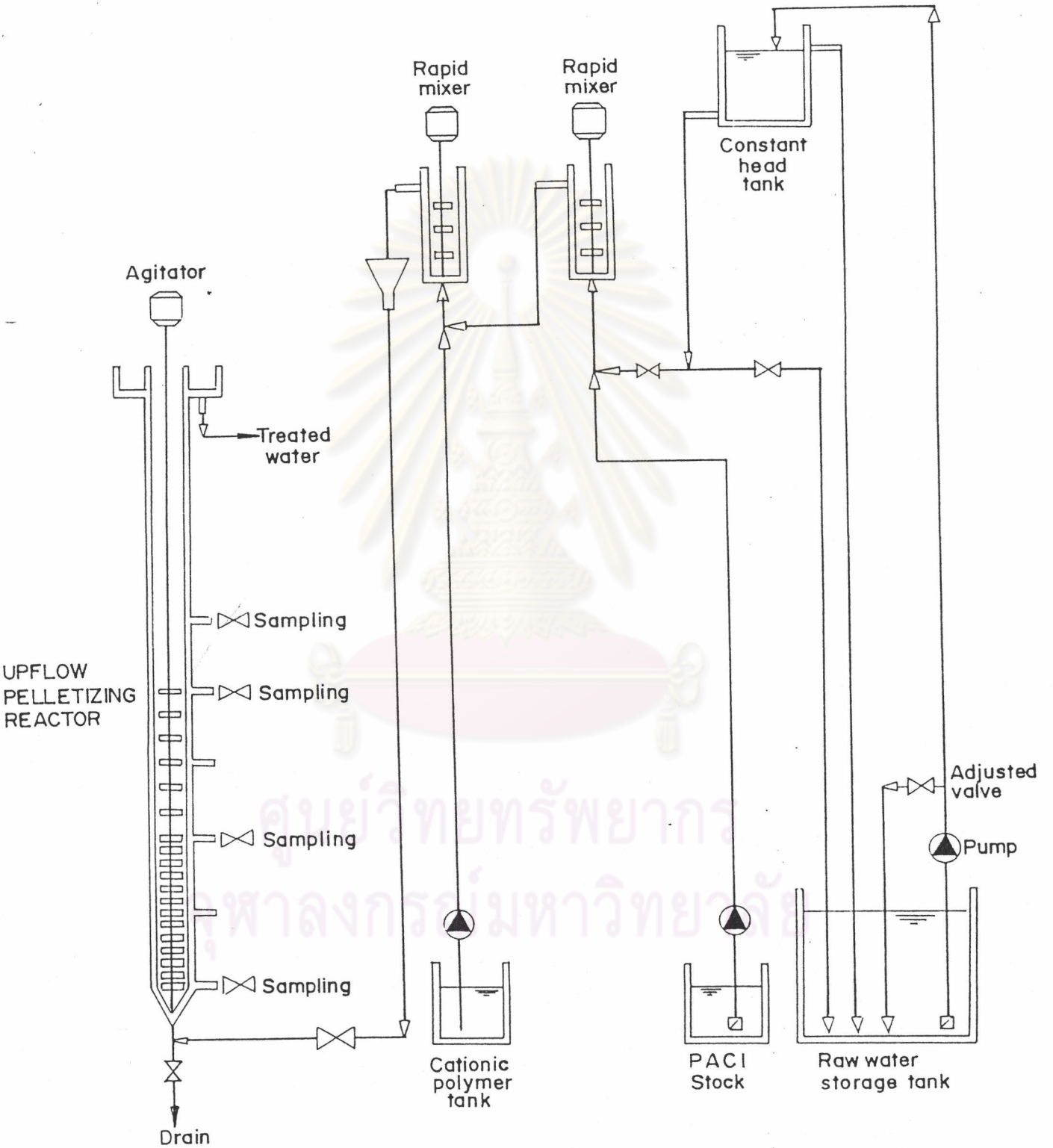


Diagram of upflow pelletization process setup

รูปที่ 4.3 การเติมโพลีอลูมินัมคลอไรด์ก่อนเข้าอุปกรณ์กวนเร็วชุดที่ 1 และเติมโพลีเมอร์แคทไอออนก่อนเข้าอุปกรณ์กวนเร็วชุดที่ 2

ตารางที่ 4.14 ค่าตัวแปรต่าง ๆ ในการทดลองชุดที่ 7 (โพลีเมอร์แคทไอออน #1,#2)

- ชนิดของโพลีเมอร์แคทไอออน CAT 1 : ZETAG 63

  CAT 2 : QEMIFLOC SC 2001

- ความเร็วของน้ำไหลขึ้นในอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน 40 ซม./นาที

P.E.	UPFLOW 40 CM/MIN
CAT 1	40-C1.30-P0
	40-C1.30-P3
CAT 2	40-C1.30-P0
	40-C2.30-P3

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รวมการทดลอง 4 การทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หมายเหตุ 40 - C1.30 - P0

- P0 — ความเข้มข้นของ PACl , มก./ล.
- P3 — ความเข้มข้นของโพลีเมอร์ , มก./ล.
- C1.30 — ชนิดของโพลีเมอร์
- 40 — ความเร็วน้ำไหลขึ้น , ซม./นาที

4.5.2 การเก็บตัวอย่าง

4.5.2.1 เก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านการบำบัดที่รางรับน้ำด้านบนทุก ๆ ชั่วโมง จนกว่าระบบจะเกิดสภาวะคงตัว (steady state) ณ จุดที่ความขุ่นของน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วเริ่มมีค่าคงที่

4.5.2.2 เก็บตัวอย่างตะกอนจากท่อเก็บตัวอย่างที่ระดับความสูง 0 , 50 , 100 และ 130 เซ็นติเมตร ทุก ๆ ชั่วโมง จนกว่าระบบจะเกิดสภาวะคงตัว

4.5.3 การวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของตัวอย่าง ดังตารางที่ 4.15

ข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์ มีดังนี้

4.5.3.1 ความขุ่นของน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัด
ใช้เครื่องวัดความขุ่น (Turbidimeter Hach 2100 A) หน่วยที่วัดได้เป็น เอ็นทียู

4.5.3.2 วัดปริมาณของแข็งที่ตกค้างในน้ำผลิตเมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว หน่วยที่วัดได้เป็น มก./ล.

4.5.3.3 ปริมาณอลูมิเนียมที่ละลายในน้ำผลิตเมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว โดยใช้เครื่อง INDUCTIVELY COUPLED PLASMA EMISSION SPECTROMETER (ICP) Model Perkin-Elmer PLASMA-1000 หน่วยที่วัดได้เป็น มก./ล.

4.5.3.4 วัดค่าพีเอชของน้ำดิบสังเคราะห์ น้ำหลังผ่านอุปกรณ์กวนเร็ว และน้ำผลิต

4.5.3.5 วัดขนาดและความเร็วในการจมตัวของเม็ดตะกอน

ตารางที่ 4.15 การวิเคราะห์ผลการทดลองในช่วงเวลาต่าง ๆ

พารามิเตอร์ / ชั่วโมงที่	0.5	1	2	3	4	5	6
1. pH							
- ถังน้ำดิบ	*	*	*	*	*	*	*
- หลังกวนเร็ว	*	*	*	*	*	*	*
- น้ำผลิต	*	*	*	*	*	*	*
2. ความขุ่น							
- ถังน้ำดิบ	*						
- น้ำผลิต	*	*	*	*	*	*	*
3. ปริมาณ SUSPENDED SOLIDS							
- น้ำผลิต	*****วิเคราะห์เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว*****						
4. ปริมาณอลูมิเนียมที่ละลายในน้ำ							
- น้ำผลิต	*****วิเคราะห์เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว*****						
5. ความสูงของชั้นเม็ดตะกอน	*	*	*	*	*	*	*
6. ขนาดของเม็ดตะกอน							
- 130 ซม.		*	*	*	*	*	*
- 100 ซม.		*	*	*	*	*	*
- 50 ซม.		*	*	*	*	*	*
- 0 ซม.		*	*	*	*	*	*
7. ความเร็วในการจมตัวของเม็ดตะกอน							
- 130 ซม.		*	*	*	*	*	*
- 100 ซม.		*	*	*	*	*	*
- 50 ซม.		*	*	*	*	*	*
- 0 ซม.		*	*	*	*	*	*

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย