

บทที่ 4

การดำเนินการวิจัย

4.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

วัสดุอุปกรณ์ในการวิจัย ได้แก่ น้ำขุ่นสังเคราะห์ สารเคมี อุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน และเครื่องมืออุปกรณ์วิเคราะห์ลักษณะสมบัติน้ำ

4.1.1 น้ำขุ่นสังเคราะห์

อนุภาคแร่ดินเหนียว เช่น คาโอสิไนต์ (Kaolinite) เบนโทไนท์ (Bentonite) และเวอร์มิคูไลท์ (Vermiculite) เป็นสาเหตุสำคัญของความขุ่นในน้ำผิวดินที่นำมาผลิตเป็นน้ำประปา จากการสำรวจพบว่า แร่ดินที่พบมากในแหล่งน้ำของประเทศไทย ได้แก่ คาโอสิไนต์ (จุมพล สันตัก, ธงชัย พึ่งรัมย์ และพิภพ วสุวานิช, 2524) ดังนั้นเพื่อให้ใกล้เคียงกับความจริงจึงใช้ดินคาโอสิไนต์ (kaolin clay) ที่มีส่วนผสมของแร่ดินคาโอสิไนต์ และสารอินทรีย์มาเป็นตัวสร้างความขุ่น

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้น้ำขุ่นสังเคราะห์ โดยผสมดินคาโอสิไนต์ลงไปสร้างความขุ่น และทำการปรับให้มีความขุ่น 50 NTU ตลอดทุกการทดลอง (ดูวิธีการเตรียมในภาคผนวก ก.)

4.1.2 สารเคมี

สารเคมีที่ใช้เป็นโคแอกกูแลนต์ ได้แก่ สารส้ม โดยใช้เกรดสำหรับห้องปฏิบัติการ (laboratory grade) ผลิตโดย May and Baker Ltd. มีลักษณะเป็นผงละเอียด สีขาว สูตรทางเคมี คือ $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$ โดยมีส่วนประกอบได้แก่ $Al_2(SO_4)_3$ 56-59%, Cl ไม่เกิน 0.02%, Fe ไม่เกิน 0.01% สารละลายสต็อกสารส้มที่ใช้ใน

การทดลองจะเตรียมให้มีความเข้มข้น 500 มก./ล.

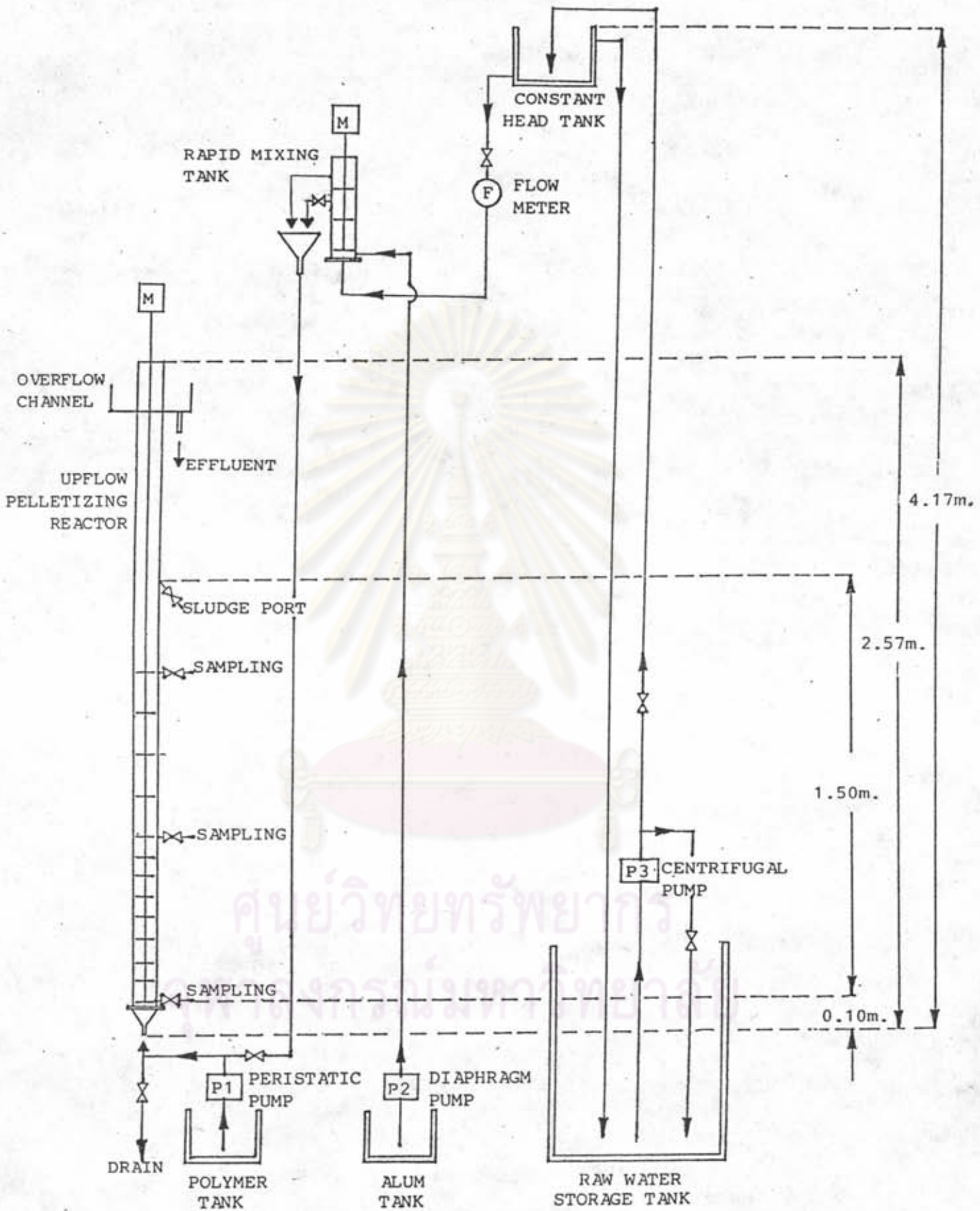
สำหรับสารเคมีที่ใช้เป็นโคแอกกูแลนต์เอค ได้แก่ โพลีเมอร์
ประจุลบ ซึ่งผลิตโดย SNF FLOERGER รหัสทางการค้าคือ AN 923 PG เป็น
โพลีเมอร์ที่สามารถใช้ในกระบวนการผลิตน้ำประปาได้โดยไม่เป็นอันตรายต่อผู้-
บริโภค มีคุณสมบัติเป็นผงสีขาว ขนาด 0.5-1.5 มม. ความหนาแน่น 0.7-
0.8 ก./ซม.³ เตรียมให้มีความเข้มข้น 70 มก./ล. เพื่อใช้ในการทดลอง

4.1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ถังเก็บน้ำดิบขนาดจุ 500 ลิตร
2. เครื่องสูบน้ำชนิดหอยโข่ง
3. เครื่องสูบน้ำสารส้มชนิดไดอะแฟรม
4. เครื่องสูบน้ำโพลีเมอร์ ชนิดเพอริสแตลติก
5. มอเตอร์กวนเร็วซึ่งมีรอบการหมุน 100 รอบต่อนาที
6. มอเตอร์กวนช้าที่สามารถปรับรอบความเร็วในการหมุนได้
7. ถังกวนเร็วทำด้วยอะครีลิก รูปทรงกระบอกกึ่งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง
กลางภายใน 5.4 เซนติเมตร ความสูง 40 เซนติเมตร
8. อุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอนทำด้วยอะครีลิก รูปทรงกระบอกกึ่งขนาด
เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 5.4 เซนติเมตร สูง 2.57 เมตร
ด้านล่างทำเป็นรูปกรวย ส่วนด้านบนทำเป็นรางรับน้ำซึ่งจะ
ไหลล้นออกมา ตอนกลางของทรงกระบอกเจาะรูด้วยท่อเก็บตัว
อย่างขนาดเล็ก จำนวน 4 จุด คือที่ระดับความสูง 0, 60,
120, 150 เซนติเมตร จากปลายด้านล่างของแท่งทรงกระ
บอก (ดูรูป 4.1)

4.1.4 อุปกรณ์วิเคราะห์ลักษณะสมบัติน้ำ

1. เครื่องมือวัดความขุ่น ของ HACH รุ่น 2100 A
2. กระบอกตวงขนาด 1 ลิตร มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 เซนติ



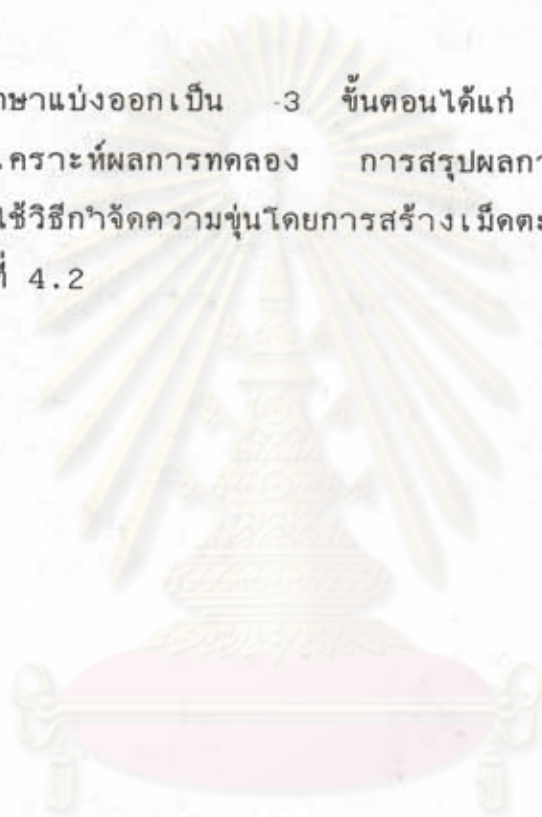
รูปที่ 4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เมตร สูง 44 เซนติเมตร เพื่อใช้วัดความเร็วในการตกตะกอนของเม็คตะกอน

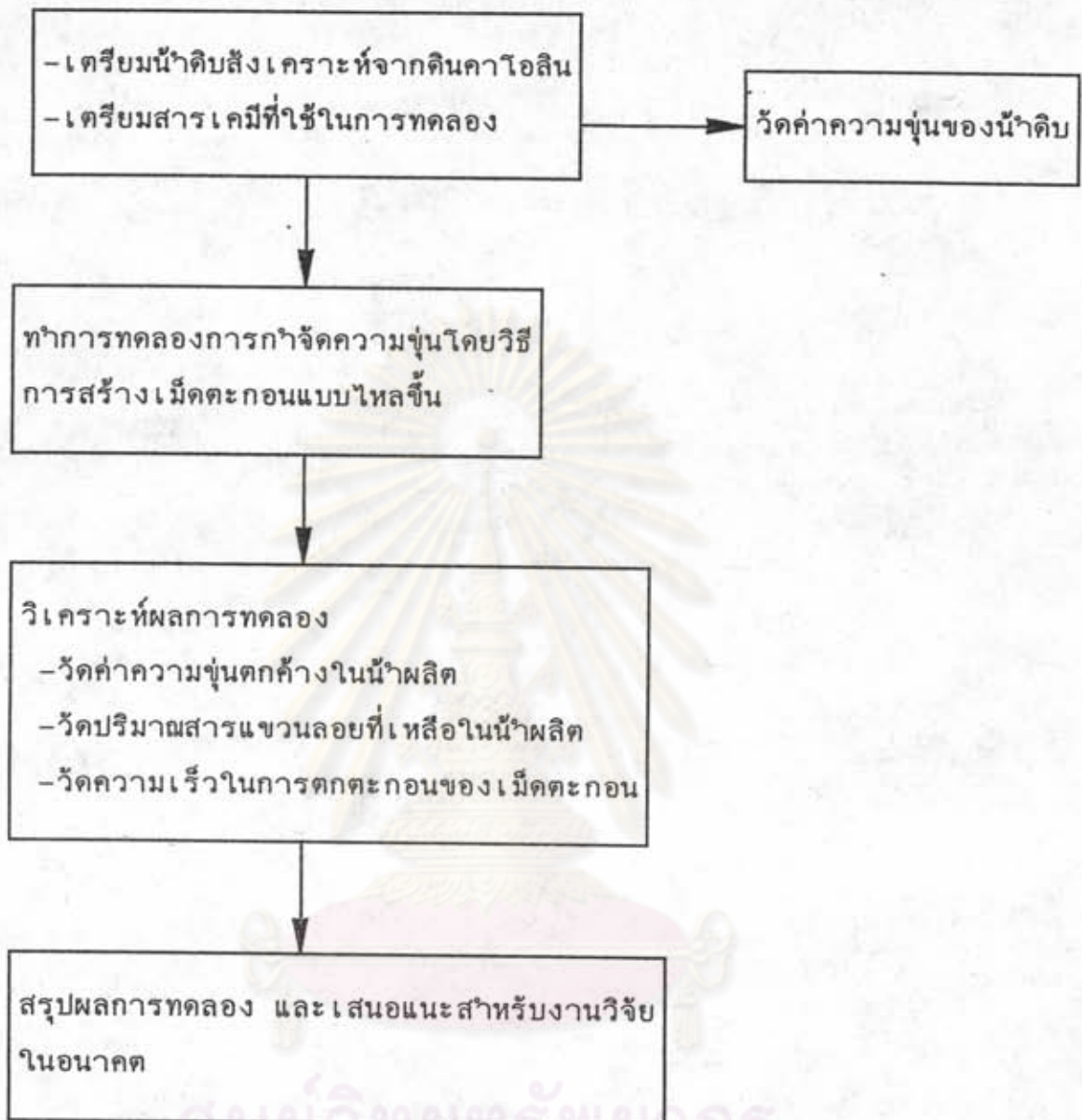
3. กล้องจุลทรรศน์ สำหรับส่องดูลักษณะของเม็คตะกอน
4. เครื่องมือสำหรับหาค่าของแข็งแขวนลอย

4.2 ขั้นตอนการศึกษา

การศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนได้แก่ การเตรียมการทดลอง การทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดลอง การสรุปผลการทดลองและเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้วิธีกำจัดความขุ่นโดยการสร้างเม็คตะกอน ลำดับการศึกษาได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.2



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.2 แผนผังแสดงขั้นตอนการศึกษา

4.3 รูปแบบของการศึกษา

แบ่งออกได้ดังนี้

4.3.1 การเตรียมการทดลอง

เตรียมการทดลองโดยการประกอบติดตั้ง เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทดลอง การเตรียมน้ำดิบสังเคราะห์จากดินคาโอสินและการเตรียมสารเคมีชนิดต่างๆที่ใช้ในการทดลอง

4.3.2 การดำเนินการทดลอง

ทำการทดลองเพื่อศึกษาถึงกระบวนการสร้างเม็ดตะกอนโดยใช้อุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอนแบบไหลขึ้นที่เตรียมไว้และใช้สารส้มเป็นโคแอกกูแลนต์ จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้โดยทำการวัดปริมาณสารแขวนลอยและค่าความขุ่นของน้ำก่อนและหลังการทดลอง และทำการศึกษารายละเอียดของฟล็อกที่เกิดขึ้น ได้แก่ ความเร็วในการตกตะกอน, รูปร่างลักษณะของเม็ดฟล็อกที่เกิดขึ้น ทั้งนี้เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ซึ่งมีดังต่อไปนี้

1) ตัวแปรอิสระ ได้แก่

- ปริมาณความเข้มข้นของสารส้มที่ใช้
- ปริมาณความเข้มข้นของโพลีเมอร์ที่ใช้
- ความเร็วของน้ำไหลขึ้นในอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน
- ความเร็วของใบพัดกวนน้ำในอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน

2) ตัวแปรตาม ได้แก่

- ปริมาณความขุ่นตกค้างของน้ำ
- ความเร็วในการตกตะกอนของเม็ดตะกอน

3) ตัวแปรคงที่ ได้แก่

- ชนิดของน้ำดิบสังเคราะห์
- ระดับความขุ่นของน้ำดิบ
- รูปแบบการจัดใบพัดกวนน้ำในอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน
- ความเร็วของใบพัดกวนน้ำในถังกวนเร็ว

4.3.3 การสรุปผลการทดลองและ เสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

เป็นการนำผลการศึกษาในตอนต้นมาทำการประเมิน เพื่อให้ทราบถึงสมรรถภาพและประสิทธิภาพของระบบสร้างเม็ดตะกอนแบบไหลขึ้นในการกำจัดความขุ่นเมื่อใช้สารส้ม เป็นโคแอกกูแลนต์ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาออกแบบระบบนี้ในอนาคต

4.4 ขอบเขตการทดลอง

การทดลองทั้งหมดจะกระทำที่ห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยทำการทดลองซึ่งมีตัวแปรต่างๆอยู่ในขอบเขตดังนี้

น้ำดิบสังเคราะห์ (โดยใช้ดินคาโอลิน) ความขุ่น				50	เอ็นทียู
ความเข้มข้นของสารส้ม	5	10	20	30	มก./ล.
ความเข้มข้นของโพลีเมอร์ประจุลบ	0.05	0.1	0.2	0.3	มก./ล.
ความเร็วในบัคในอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน	5	10	15		รอบ/นาที
รูปแบบการจัดใบพัดกวนน้ำในอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน				1	แบบ
ความเร็วใบพัดในถังกวนเร็ว				100	รอบ/นาที
ความเร็วของน้ำไหลขึ้น					
- ในถังกวนเร็ว			30	40	ชม./นาที
- ในอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน			30	40	ชม./นาที
เวลากักน้ำ					
- ในถังกวนเร็ว			0.7	0.775	นาที
- ในอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน			8.56	6.42	นาที

4.5 การดำเนินการศึกษา

4.5.1 วิธีการทดลอง

เริ่มโดยการนำน้ำขุ่นสี เคาราห์ เตรียมได้จากการนำดินคาโอลินมาละลายน้ำ ซึ่งในการทดลองนี้ใช้น้ำประปาแล้วปรับให้ได้ความขุ่น 50 เอ็นทียู ตามต้องการ มาผสมกับสารส้มในถังกวนเร็ว หลังจากนั้นน้ำจากถังกวนเร็วที่ถูกทำลายเสถียรภาพแล้วจะไหลเข้าสู่ปลายล่างสุดของอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอนซึ่งมีรูปร่างเป็นกรวยกลม โดยจะมีการเติมโพสเฟอรัสประจุลบผสมกับน้ำที่มาจากถังกวนเร็วในท่อน้ำตรงบริเวณก่อนจะเข้าสู่ปลายล่างสุดของอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน ส่วนภายในอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอนแบบไหลขึ้น ทำการกวนน้ำด้วยใบพัดอย่างช้าๆ โดยใช้ความเร็วน้ำไหลขึ้นเท่ากับความเร็วที่ต้องการทดลองคือ 30 หรือ 40 เซ็นติเมตรกับนาที่ โดยมีการระบายตะกอนที่ระดับ 150 ซม. เพื่อรักษาระดับของชั้นตะกอนให้คงที่ตลอดการทดลอง

4.5.2 การเก็บตัวอย่าง

4.5.2.1 เก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านการบำบัดที่รางรับน้ำด้านบนทุกๆ ชั่วโมงจนกว่าระบบจะเกิดสภาวะคงตัว (Steady state) ณ จุดที่ความขุ่นของน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วเริ่มมีค่าคงที่

4.5.2.2 เก็บตัวอย่างตะกอน จากท่อเก็บตัวอย่างที่ระดับความสูง 0, 60, 120, 150 เซ็นติเมตร ทุกๆ ชั่วโมง จนกว่าระบบจะเกิดสภาวะคงตัว

4.5.3 การวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของตัวอย่าง

ข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์ มีดังนี้

1. ความขุ่นของน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัด ใช้เครื่องวัดความขุ่น (Turbidimeter 2100 A : Hach) หน่วยที่วัดได้เป็น เอ็นทียู

2. วัดความเร็วในการตกตะกอนของเม็ดตะกอนในน้ำ หน่วยที่วัดได้เป็น ชม./นาทึ
3. วัดปริมาณของแข็งแขวนลอย หน่วยที่วัดได้เป็น มก./ล.

4.6 จำนวนและรายละเอียดของการทดลอง

จำนวนและรายละเอียดของการทดลองกำจัดความขุ่นโดยการก่อเม็ดตะกอน โดยสารส้มได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1, 4.2 และ 4.3



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 ค่าตัวแปรต่างๆในแต่ละการทดลอง (ความเร็วใบพัดกวนน้ำ
ในอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน 5 รอบต่อนาที)

สารส้ม (มก./ล.) โฟลิมเมอร์ (มก./ล.)	ความเร็วน้ำไหลขึ้น 30 ชม./นาที				ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ชม./นาที			
	5	10	20	30	5	10	20	30
0.05	5.30-5.05	5.30-10.05	5.30-20.05	5.30-30.05	5.40-5.05	5.40-10.05	5.40-20.05	5.40-30.05
0.1	5.30-5.10	5.30-10.10	5.30-20.10	5.30-30.10	5.40-5.10	5.40-10.10	5.40-20.10	5.40-30.10
0.2	5.30-5.20	5.30-10.20	5.30-20.20	5.30-30.20	5.40-5.20	5.40-10.20	5.40-20.20	5.40-30.20
0.3	5.30-5.30	5.30-10.30	5.30-20.30	5.30-30.30	5.40-5.30	5.40-10.30	5.40-20.30	5.40-30.30

รวมจำนวนครั้งในการทดลองชุดนี้ทั้งสิ้น 32 การทดลอง

หมายเหตุ :

5.30-10.05

— ความเข้มข้นของโฟลิมเมอร์, มก./ล.

— ความเข้มข้นของสารส้ม, มก./ล.

— ความเร็วน้ำไหลขึ้น, ชม./นาที

— ความเร็วใบพัด, รอบ/นาที

ตารางที่ 4.2 ค่าตัวแปรต่างๆในแต่ละการทดลอง (ความเร็วใบพัดกวนน้ำ
ในอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน 10 รอบต่อนาที)

	ความเร็วน้ำไหลขึ้น 30 ชม./นาที				ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ชม./นาที			
	5	10	20	30	5	10	20	30
สารส้ม (มก./ล.)	10.30-5.05	10.30-10.05	10.30-20.05	10.30-30.05	10.40-5.05	10.40-10.05	10.40-20.05	10.40-30.05
โพลีเมอร์ (มก./ล.)	0.05	0.1	0.2	0.3	0.05	0.1	0.2	0.3
	10.30-5.10	10.30-10.10	10.30-20.10	10.30-30.10	10.40-5.10	10.40-10.10	10.40-20.10	10.40-30.10
	10.30-5.20	10.30-10.20	10.30-20.20	10.30-30.20	10.40-5.20	10.40-10.20	10.40-20.20	10.40-30.20
	10.30-5.30	10.30-10.30	10.30-20.30	10.30-30.30	10.40-5.30	10.40-10.30	10.40-20.30	10.40-30.30

รวมจำนวนครั้งในการทดลองชุดนี้ทั้งสิ้น 32 การทดลอง

หมายเหตุ :

10.30-10.05

└─ ความเข้มข้นของโพลีเมอร์, มก./ล.

└─ ความเข้มข้นของสารส้ม, มก./ล.

└─ ความเร็วน้ำไหลขึ้น, ชม./นาที

└─ ความเร็วใบพัด, รอบ/นาที

ตารางที่ 4.3 ค่าตัวแปรต่างๆในแต่ละการทดลอง (ความเร็วใบพัดกวนน้ำ
ในอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน 15 รอบต่อนาที)

สสาร โพสิเมอร์ (มก./ล.)	ความเร็ววนน้ำไหลขึ้น 30 ชม./นาที				ความเร็ววนน้ำไหลขึ้น 40 ชม./นาที			
	5	10	20	30	5	10	20	30
0.05	15.30-5.05	15.30-10.05	15.30-20.05	15.30-30.05	15.40-5.05	15.40-10.05	15.40-20.05	15.40-30.05
0.1	15.30-5.10	15.30-10.10	15.30-20.10	15.30-30.10	15.40-5.10	15.40-10.10	15.40-20.10	15.40-30.10
0.2	15.30-5.20	15.30-10.20	15.30-20.20	15.30-30.20	15.40-5.20	15.40-10.20	15.40-20.20	15.40-30.20
0.3	15.30-5.30	15.30-10.30	15.30-20.30	15.30-30.30	15.40-5.30	15.40-10.30	15.40-20.30	15.40-30.30

รวมจำนวนครั้งในการทดลองชุดนี้ทั้งสิ้น 32 การทดลอง

หมายเหตุ :

15.30-10.05

└─ ความเข้มข้นของโพสิเมอร์, มก./ล.

└─ ความเข้มข้นของสารส้ม, มก./ล.

└─ ความเร็ววนน้ำไหลขึ้น, ชม./นาที

└─ ความเร็วใบพัด, รอบ/นาที