บทที่ 3

การศึกษาวิจัย

3.1 ขอบเขตในการศึกษา

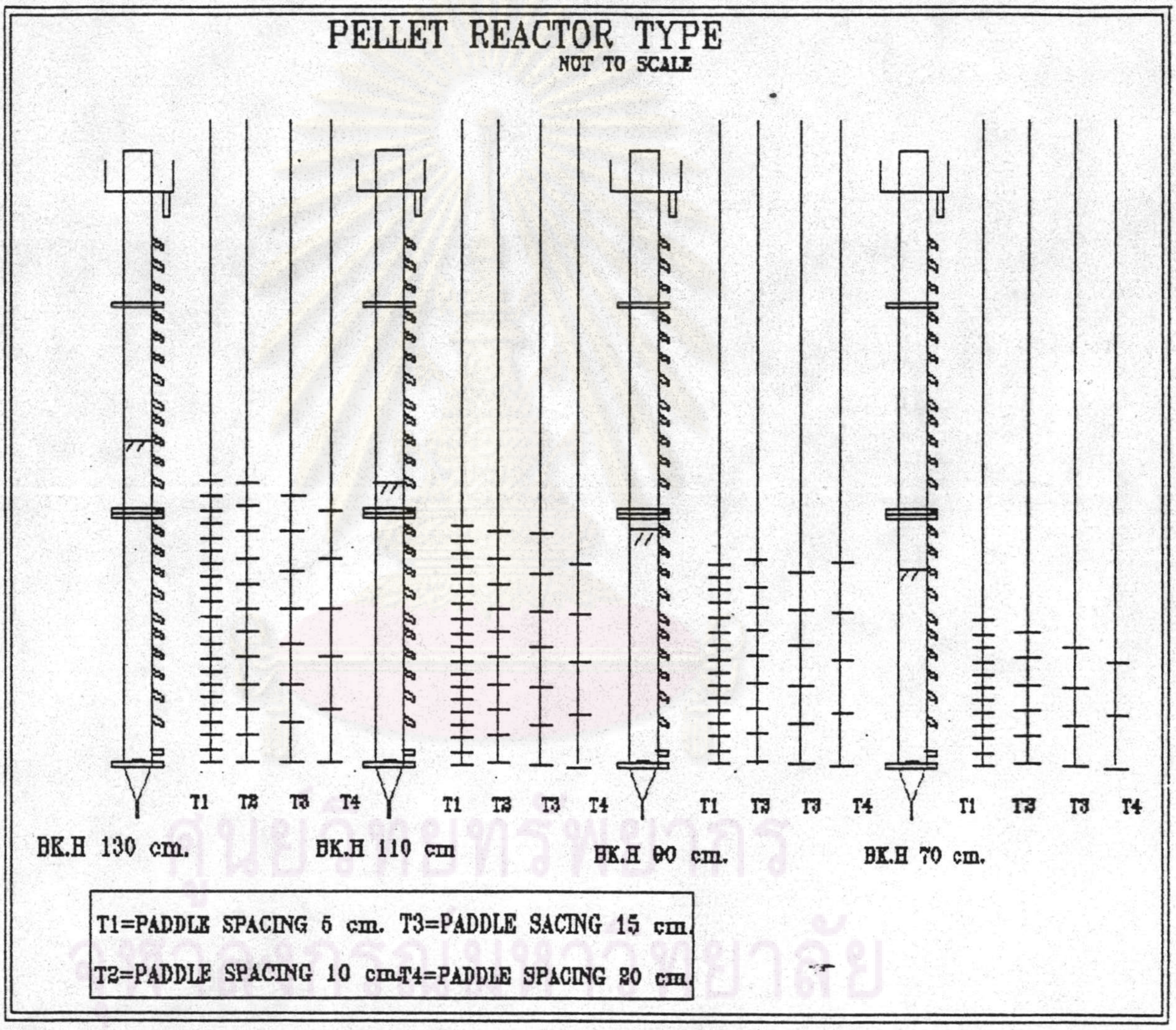
ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยจะทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของระดับชั้นเม็ดตะกอนที่มีผลต่อการกำจัดความขุ่น โดยใช้ระดับชั้นเม็ดตะกอนที่ 70 , 90 , 110 ,130 ซม. ตามลำดับโดยมีค่าคงที่และตัวแปรที่ที่เกี่ยวข้องในการทดลองดังตารางที่ 3.1 และ3.2

ตารางที่ 3.1 ขอบเขตในการศึกษา

ค่าคงที่ในการทดลอง	
1. ความเร็วใบพัดกวนเร็ว	100 รอบต่อนาที
2. ความขุ่นน้ำสังเคราะห์ที่ใช้	50 NTU.
4. โพลีเมอร์ประจุลบ	0.1 มก./ล.
5. ความเร็วน้ำไหลขึ้นในอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน	40 ซม./นาที
6. ความเร็วใบพัดกวนช้า	5 รอบ/นาที
ค่าตัวแปรอิสระที่ทดลอง	
7. โพลีอลูมิเนียมคลอไรด์(PACl.)*	1, 2, 3, 4 มก./ล.
8. ช่วงห่างใบพัดกวนช้า	5, 10, 15,และ20 ซม
9. ความสูงของชั้นเม็ดตะกอน	70, 90, 110, 130 ซม

* หมายเหตุ: ปริมาณ Al ใน PACl = 28%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.1 รูปแบบการจัดใบพัดในแต่ละระดับของชั้นเม็ดตะกอนที่ทดลอง

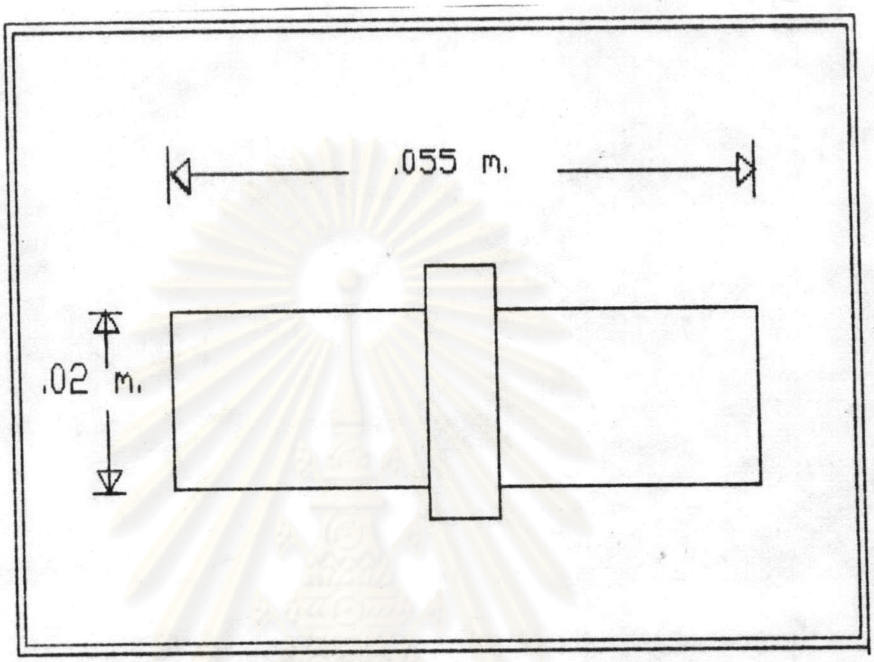
ตารางที่ 3.2 รายละเอียดเกี่ยวกับอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอนที่ใช้ในการทดลอง

ชั้นเม็ดตะกอน (ซม.)	ช่วงห่างใบพัด (ซม.)	จำนวนใบพัด	* FREE BED (ซม.)
130	5	23	20
	10	12	20
	15	8	25
	20	6	30
110	5	19	20
	10	10	20
	15	7	20
	20	5	30
90	5	15	20
	10	8	20
	15	5	30
	20	4	30
70	5	11	20
	10	6	20
	15	4	25
	20	3	30

* FREE BED: ระยะห่างระหว่างส่วนบนสุดของชั้นเม็ดตะกอนถึงใบพัดใบสุดท้ายที่อยู่บนสุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



อุปกรณ์สมานตะกอน

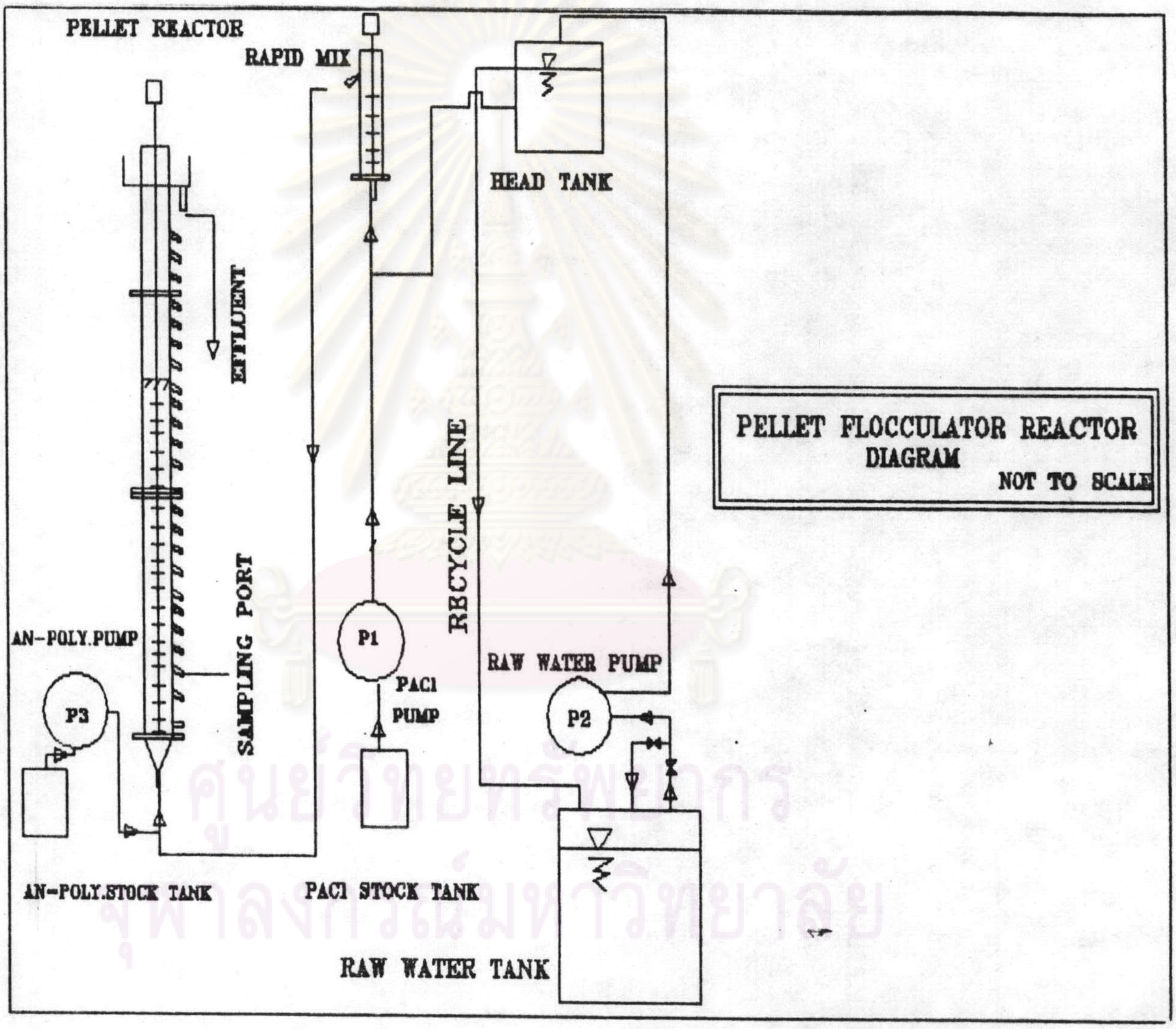
เส้นผ่าศูนย์กลาง	=	.0625 เมตร
ยาว	=	2.5 เมตร

ขนาดใบพัด

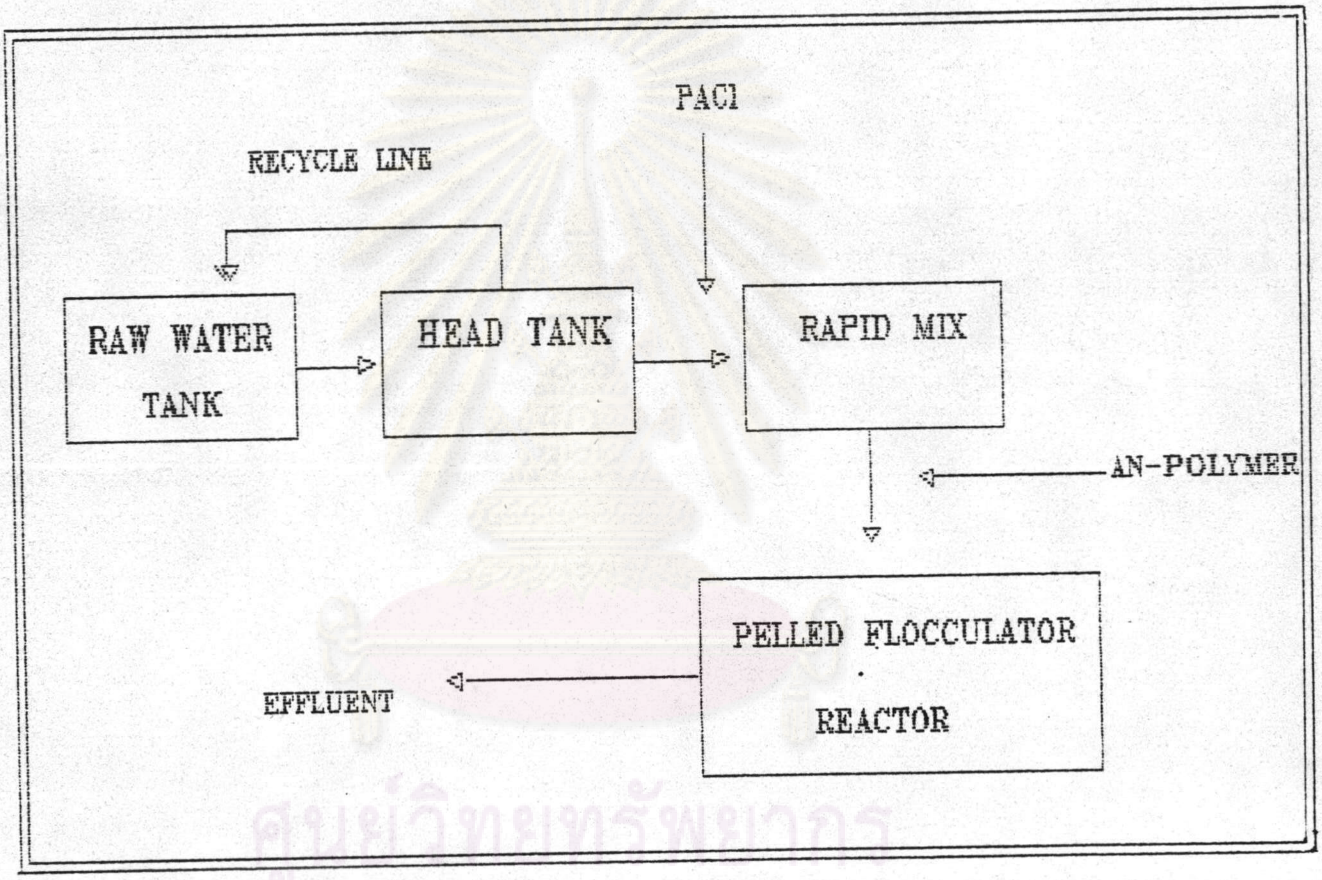
กว้าง	=	.02 เมตร
ยาว	=	.055เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.2 ขนาดและรูปร่างของใบพัดที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 3.3 อุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอนแบบไหลขึ้น



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.4 การทำงานของอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทดลอง

รูปที่ 3.4 จะอธิบายการทำงานของระบบ และจากรูปที่ 3.3 พบว่าการจัดรูปแบบของใบพัดในอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอนจะมีช่วงห่างคงที่ตลอดความยาวของแกน และจะเหลือช่วงห่างระหว่างใบพัดใบสุดท้ายถึงส่วนบนของชั้นเม็ดตะกอนอย่างน้อยไม่เกิน 20 ซม.(รายละเอียดตารางที่ 3.2) ควบคุมระดับชั้นเม็ดตะกอนโดยการปล่อยเม็ดตะกอนออกทางท่อเก็บตัวอย่างที่ระดับความสูงเม็ดตะกอนที่ศึกษานั้นๆ จนได้ระดับที่ต้องการ เก็บตัวอย่างเม็ดตะกอนเพื่อนำมาศึกษาทางช่องเก็บตัวอย่าง (sampling port) ทางด้านข้างตามระยะที่เหมาะสมซึ่งมีตำแหน่งกระจายตลอดความสูงชั้นเม็ดตะกอน (รายละเอียดดังตารางที่ 3.2) ที่อุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอนน้ำจะเข้าทางปลายล่างและออกทางตอนบนได้น้ำผลิตเพื่อทำการศึกษา การเดินระบบจะทำจนระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ของความขุ่น (ใช้เวลาใน 1 ครั้งการทดลองเท่ากับ 6 ชม.)

3.2 แผนงานและการดำเนินการทดลอง

3.2.1 การดำเนินการทดลองแบ่งเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.2.1.1 การประกอบ ติดตั้งเครื่องมือต่างๆ

3.2.1.2 เตรียมน้ำดิบสังเคราะห์จากดินคาโอลิไนท์ให้มีความขุ่น 50 NTU (ดูภาคผนวก ช.)

3.2.1.3 ทำการศึกษากระบวนการสร้างเม็ดตะกอน โดยใช้อุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอนแบบไหลขึ้นที่เตรียมไว้

3.2.1.4 ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำที่เก็บจากจุดเก็บตัวอย่างข้างอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน

3.2.1.5 สรุปผลการทดลอง

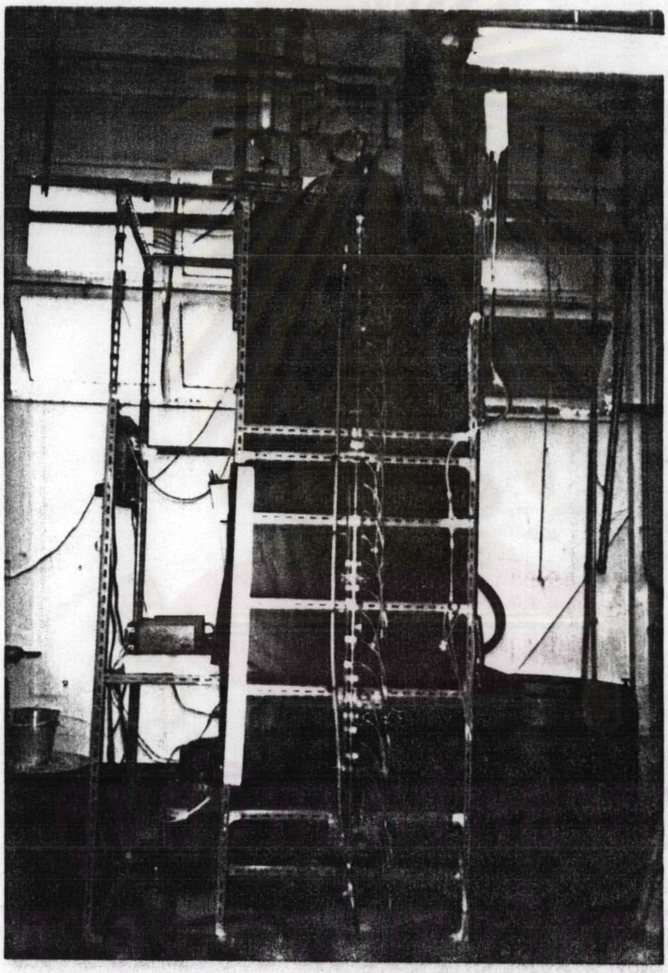
3.2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง (ดูรูปที่ 3.3,3.5)

3.2.2.1 ถังเตรียมน้ำดิบขนาด 500 ลิตร 1ใบ

3.2.2.2 เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง (Centrifugal) ขนาด 0.5 HP.1 ตัว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.2.3 เครื่องสูบจ่ายโพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ (PACl.) แบบไดอะแฟร็มปั๊ม 1 ตัว



รูปที่ 3.5 ภาพอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.2.2.4 เครื่องสูบจ่ายสารโพลีเมอร์แบบเพอริสเตตริกปั๊ม 1 ตัว

3.2.2.5 อุปกรณ์กวนเร็วรูปทรงกระบอก ยาว 50 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 นิ้ว 1 ชุด

3.2.2.6 อุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอนรูปทรงกระปอกใส ยาว 2.5 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 6.25 ซม. 1 ชุด

3.2.2.7 มอเตอร์กวนเร็วรอบคงที่ขนาด 0.05HP. 1 ตัว ที่ 100 รอบ ต่อ นาที

3.2.2.8 มอเตอร์กวนช้าแบบปรับรอบได้ขนาด 0.03 HP 1 ตัว ที่ 5 รอบ ต่อ นาที

3.2.2.9 อุปกรณ์เบ็ดเตล็ด เช่น สายยางขนาดต่างๆ วาล์วขนาดต่างๆ

3.2.3 วิธีการทดลอง

การทดลองใช้น้ำขุ่นดิบ(สังเคราะห์จากดินคาโอลีน)กับสารโคแอกกูแลนท์คือ โพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ (PACl) โดยมีโคแอกกูแลนท์เอดคือสารโพลีเมอร์ประจุลบ ในงานวิจัยนี้สามารถแบ่งการทดลองออกได้เป็น 2 ช่วงการทดลองด้วยกัน(รูปที่ 3.6)คือ

3.2.3.1 การทดลองช่วงที่ 1 (อิทธิพลของความสูงชั้นน้ำใส)

ทำการทดลองหาความขุ่นของน้ำออกที่ช่วงความสูงต่างๆของน้ำใสเหนือชั้นเม็ดตะกอน (ที่สูง 150 ซม.) เพื่อหาอิทธิพลของความสูงเหนือชั้นเม็ดตะกอน(หรือ ส่วนน้ำใสตอนบน, H_o) ที่มีต่อค่าความขุ่น (ของน้ำผลิต) โดยใช้เกณฑ์ของความขุ่น 5 NTU. ในน้ำออกจากระบบที่เคยทำไว้ได้ (4) เป็นตัววินิจฉัยค่า H_o ต่ำสุดที่จะยอมให้มี และเพื่อใช้ค่า H_o ต่ำสุดนี้เป็นค่าคงที่สำหรับการทดลองในการทดลองช่วงต่อไป

3.2.3.2 การทดลองช่วงที่ 2 (ผลกระทบของความสูงชั้นเม็ดตะกอน)

ทำการศึกษาผลของความสูงชั้นเม็ดตะกอนที่มีผลต่อการกำจัดความขุ่นโดยทดลองที่ชั้นความสูงเม็ดตะกอน 70, 90, 110และ 130 ซม. ส่วนค่าตัวแปรตามต่างๆที่ต้องการศึกษาคือ

I. การทดลองช่วงที่ 1. หาระดับความสูงชั้นน้ำใส(H_o) ที่เหมาะสม

:ค่าคงที่

- ความสูงชั้นเม็ดตะกอน(D) =150 ซม.
- ความเร็วไหลขึ้น(V_u) = 40 ซม./นาที
- โพลีเมอร์ประจุลบ(A-PE) = 0 .1 มก./ล.
- โคแอกกูแลนท์ (PACl) =1,2,3,4 มก./ล.

จำนวน 4 การทดลอง

II. การทดลองช่วงที่ 2. หาประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น ที่ระดับความสูงของชั้นเม็ดตะกอนต่างๆ โดยใช้ค่า H_o เหมาะสม (อันได้จากการทดลองที่ 1) เป็นค่าคงที่และมีตัวแปรต่างๆดังตารางการทดลอง จำนวน 64 การทดลอง

III. เก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ผล

IV. สรุปผลการทดลอง

รูปที่ 3.6 ชั้นตอนในการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดของโพลีเมอร์ที่ใช้ในการทดลอง

ชื่อทางการค้า FLOERGER

ประเภท ANIONIC POLYMER

NO. AN 913 Pg(PAPER GRADE)

Appearance	White free-flowing granular powder
AVG.particle size (mm.)	0.5-1.5
Bulk Density (g/cc)	0.7-0.8
Viscosity (cps)	
-0.5% aqeous solution	100 - 200
-0.1% aqeous solution	10 - 20
Recommended Solution Strength	
-maximum	1
-normal	0.1
Shelf powder	
-Dry powder	up to 2 years
-Solution	up to 10 day
Dissolution Time (Hours)	1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าพลังงานกลที่ใส่เข้าไปในระบบและความเข้มข้นโคแอกกูแลนท์ (PACl) โดยมีขั้นตอนในการทดลองช่วงนี้ดังนี้

3.2.3.2.1 เริ่มโดยการนำน้ำขุ่นดิบสังเคราะห์จากดินคาโอลีนผสมกับสารโคแอกกูแลนท์(PACl) ในอุปกรณ์กวนเร็วที่ความเร็วเกรเดียนท์ (G) ที่ 100 รอบต่อนาทีเพื่อทำลายเสถียรภาพของอนุภาคคอลลอยด์ ก่อนส่งเข้าสู่อุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอนต่อไป

3.2.3.2.2 เติมโพลีเมอร์ประจุลบผสมกับน้ำที่มาจากอุปกรณ์กวนเร็ว โดยควบคุมให้ความเร็วไหลขึ้น 40 ซม./นาที เพื่อสร้างชั้นเม็ดตะกอนที่จะทำหน้าที่เป็นเป้าสัมผัสและตัวดักความขุ่นต่อไป

3.2.3.2.3 ทำการบำบัดน้ำขุ่นสังเคราะห์ที่มีความขุ่น 50 NTU. โดยใช้โพลีเมอร์ประจุลบคงที่ที่ 0.1 มก./ล.(รายละเอียดดังตารางที่ 3.3) และกวนช้าด้วยจำนวนรอบ 5 รอบต่อนาที

3.2.3.2.4 ทำการเปลี่ยนค่าตัวแปรที่ใช้ทดลองในแต่ละระดับความสูงของชั้นเม็ดตะกอนต่างๆดังนี้

ก) ใช้สารโคแอกกูแลนท์ (PACl) ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ข) เมื่อทำครบแผนการทดลองในแต่ละชุดการทดลองจะเปลี่ยนช่วงห่างใบพัดที่อุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอนทั้งหมด 4 ค่า (เปลี่ยนระดับของใบกวน(Paddle) ให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมบนแกนที่พาดตลอดความยาวของอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน) เพื่อทดสอบการเปลี่ยนแปลงลักษณะของเม็ดตะกอน และประสิทธิภาพรวมของระบบในการกำจัดความขุ่น

3.2.3.2.5 เมื่อทำการทดลองครบทุกตัวแปรข้างต้นแล้วจะเปลี่ยนระดับความสูงของชั้น เม็ดตะกอนเป็น 90 ,110 และ 130 ซม. สำหรับแผนงานในการทดลองสามารถสรุปดังในตารางที่ 3.4 ก,ข,คและง.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.4(ก.) รายละเอียดการทดลองที่ระดับความสูงชั้นเม็ดตะกอน 70 ซม.

ตารางการแผนการทดลองชุดที่ 1 (ช่วงที่ 2)

- ระดับความสูงชั้นเม็ดตะกอนที่(D_1) 70 ซม.

- ความเร็วไหลขึ้น(V_u) 40 ซม./นาที

PS. (ซม.) / PAClมก./ล.	5	10	15	20
1	A_{5-1}	A_{10-1}	A_{15-1}	A_{20-1}
2	A_{5-2}	A_{10-2}	A_{15-2}	A_{20-2}
3	A_{5-3}	A_{10-3}	A_{15-3}	A_{20-3}
4	A_{5-4}	A_{10-4}	A_{15-4}	A_{20-4}

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PS. = ช่วงห่างใบพัดในแกนเดียวกัน (Paddle spacing)

PACl= ความเข้มข้นโพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ที่ใช้

A_{x-y} = การทดลองชุดที่ 1 ทดลองที่ช่วงห่างใบพัดที่ x ซม.ใช้ โพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ y มก./ล.

ตารางที่ 3.4(ข.) รายละเอียดการทดลองที่ระดับความสูงชั้นเม็ดตะกอน 90 ซม.

ตารางแผนการทดลองชุดที่ 2 (ช่วงที่ 2)

-ระดับความสูงชั้นเม็ดตะกอนที่ (D_2) 90 ซม.

- ความเร็วไหลขึ้น (V_u) = 40 ซม./นาที

PS. (ซม.) / PAClมก./ล.	5	10	15	20
1	B_{5-1}	B_{10-1}	B_{15-1}	B_{20-1}
2	B_{5-2}	B_{10-2}	B_{15-2}	B_{20-2}
3	B_{5-3}	B_{10-3}	B_{15-3}	B_{20-3}
4	B_{5-4}	B_{10-4}	B_{15-4}	B_{20-4}

PS. = ช่วงห่างใบพัดในแกนเดียวกัน (Paddle spacing)

PACl= ความเข้มข้นโพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ที่ใช้

A_{x-y} = การทดลองชุดที่ 1 ทดลองที่ช่วงห่างใบพัดที่ x ซม.ใช้ โพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ y มก./ล.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.4(ค.) รายละเอียดการทดลองที่ระดับความสูงชั้นเม็ดตะกอน 110 ซม.

<u>ตารางแผนการทดลองชุดที่ 3</u> (ช่วงที่ 2)

- ระดับความสูงชั้นเม็ดตะกอนที่ (D_3) 110 ซม.

- ความเร็วไหลขึ้น(V_u) = 40 ซม./นาที

PS. (ซม.) / PAClมก./ล.	5	10	15	20
1	C_{5-1}	C_{10-1}	C_{15-1}	C_{20-1}
2	C_{5-2}	C_{10-2}	C_{15-2}	C_{20-2}
3	C_{5-3}	C_{10-3}	C_{15-3}	C_{20-3}
4	C_{5-4}	C_{10-4}	C_{15-4}	C_{20-4}

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PS. = ช่วงห่างใบพัดในแกนเดียวกัน (Paddle spacing)

PACl= ความเข้มข้นโพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ที่ใช้

A_{x-y} = การทดลองชุดที่ 1 ทดลองที่ช่วงห่างใบพัดที่ x ซม.ใช้ โพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ y มก./ล.

ตารางที่ 3.4(ง.) รายละเอียดการทดลองที่ระดับความสูงชั้นเม็ดตะกอน 130 ซม.

<u>ตารางแผนการทดลองชุดที่ 4</u> (ช่วงที่ 2)

- ระดับความสูงชั้นเม็ดตะกอนที่ (D_4) 130 ซม

- ความเร็วไหลขึ้น(V_u) = 40 ซม./นาที

PS. (ซม.) / PAClมก./ล.	5	10	15	20
1	D 5-1	D 10-1	D 15-1	D 20-1
2	D 5-2	D 10-2	D 15-2	D 20-2
3	D 5-3	D 10-3	D 15-3	D 20-3
4	D 5-4	D 10-4	D 15-4	D 20-4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PS. = ช่วงห่างใบพัดในแกนเดียวกัน (Paddle spacing)

PACl= ความเข้มข้นโพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ที่ใช้

A_{x-y} = การทดลองชุดที่ 1 ทดลองที่ช่วงห่างใบพัดที่ x ซม.ใช้ โพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ y มก./ล.

3.3 **การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์**

3.3.1 **การเก็บตัวอย่าง**

3.3.1.1 ทำการเก็บตัวอย่างเม็ดตะกอนจากท่อเก็บตัวอย่าง ตลอดความยาวของชั้นเม็ดตะกอนที่ทำการศึกษา(จำนวน 4 จุด) ทุกๆ 1 ชั่วโมง จนระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว (steady state) ในรูปของ NTU. ในน้ำออก

3.3.1.2 เก็บตัวอย่างน้ำที่จุดน้ำออก (น้ำผลิต)

3.3.1.3 เมื่อเดินระบบครบ 6 ชม. เก็บตัวอย่างน้ำผลิต 1 ตัวอย่างเพื่อนำมาหาเอสเอส

3.3.1.4 เมื่อครบ 6 ชม. เก็บตัวอย่างจากส่วนบนของชั้นเม็ดตะกอน เพื่อนำมาหา % ของแข็ง

3.4 **วิเคราะห์ผลการทดลอง**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4.1 วัดความขุ่นของน้ำขุ่นสังเคราะห์ที่ออกจากระบบ(Effluent) หลังผ่านการบำบัดแล้ว เปรียบเทียบกับน้ำขุ่นก่อนเข้าสู่ระบบ

3.4.2 วิเคราะห์เอสเอส (suspended solids) ของน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว พร้อมทั้งหา % Solids ใน สลัดจ์ที่ออกจากระบบและที่ปล่อยให้ตกตะกอน 30 นาที

3.4.3 วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดตะกอน(โดยใช้กล้องจุลทรรศน์)

3.4.4 วัดความเร็วในการจมตัวของเม็ดตะกอนในน้ำ(โดยการสังเกตด้วยตาแล้วจับเวลา เมื่อให้เม็ดตะกอนเคลื่อนที่ผ่านระยะทางหนึ่งๆในท่อทรงกระบอก

117192688