บทที่ 4

การดำเนินการวิจัย

4.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

วัสดุอุปกรณ์ในการวิจัย ได้แก่ น้ำขุ่นสังเคราะห์ สารเคมี อุปกรณ์ในการทดลอง ใบพัด และ เครื่องมืออุปกรณ์วิเคราะห์ลักษณะสมบัติน้ำ

4.1.1 น้ำขุ่นสังเคราะห์

อนุภาคแร่ดินเหนียว เช่น คาโอลิไนต์ (Kaolinite) เบนโทไนท์ (Bentonite) และเวอร์มิคูไลท์ (Vermiculite) เป็นสาเหตุสำคัญของความขุ่นในน้ำผิวดินที่นำมาผลิตเป็นน้ำประปา จากการสำรวจพบว่าแร่ดินที่พบมากในแหล่งน้ำของประเทศไทย ได้แก่ คาโอลิไนท์ (จุมพล คีนตัก, ธงชัย พึ่งรัศมี และพิภพ วสุวานิช, 2524) ดังนั้นเพื่อให้ใกล้เคียงกับความจริงจึงใช้ดินคาโอลิน (kaolin clay) ที่มีส่วนผสมของแร่ดินคาโอลิไนท์ และสารอินทรย์มาเป็นตัวสร้างความขุ่น

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้น้ำสังเคราะห์ โดยผสมดินคาโอลินลงไปสร้างความขุ่น และทำการปรับให้มีความขุ่น 50 เอ็นทียู ตลอดทุกการทดลอง(ดูวิธีการเตรียมในภาคผนวก ก.)

4.1.2 สารเคมี

สารเคมีที่ใช้เป็นโคเอกูแลนท์ ได้แก่ สารส้ม โดยใช้เกรดสำหรับห้องปฏิบัติการ (laboratory grade) ผลิตโดย May and Baker Ltd. มีลักษณะเป็นผงละเอียด สีขาว สูตรทางเคมี คือ $Al_2(SO_4)_3.16H_2O$

สำหรับสารเคมีที่ใช้เป็นโคเอกูแลนท์เอด ได้แก่ โพลีเมอร์ประจุลบ ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดของโพลีเมอร์ที่ใช้ในการทดลอง

ชื่อทางการค้า	SNF FLOERGER
ประเภท	ANIONIC POLYMER
NO.	AN 923

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

i17876609

4.1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง

4.1.3.1. ถังเก็บน้ำดิบสังเคราะห์ ขนาด 2000 ลิตร

4.1.3.2. เครื่องสูบน้ำดิบชนิดหอยโข่งของ MATOKA รุ่นIDB-35

4.1.3.3. เครื่องสูบสารส้มชนิดไดอะเฟรมของ GAMMA/4-W รุ่น 0803 pp.

4.1.3.4. เครื่องสูบโพลีเมอร์ ชนิดเพอริสแตลติคของ WATSON MARLOW รุ่น 503 S

4.1.3.5. ท่อกวนเร็วขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 ซม.ยาว 100 ซม.

4.1.3.6. อุปกรณ์วัดอัตราการไหล

4.1.3.7. มอร์เตอร์กวนช้าชนิดปรับรอบได้(0.03 HP.I PHASE, 220 VOLT)

4.1.3.8. ถังทำน้ำใสแบบหมุนเวียนตะกอนทำด้วยอะครีลิคใสทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 15 ซม. สูง 300 ซม. ด้านล่างเป็นท่อน้ำเข้า ด้านบนเป็น รางรับน้ำที่ไหลล้นออกมา ด้านข้างของถังเจาะรู ที่ระดับ 60 และ 100 ซม.จากปลายด้านล่างภายในอุปกรณ์ ถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ทำด้วยท่ออะครีลิค ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.4 ซม.ยาว 100 ซม. ตรงปลายด้านล่างติดอยู่กับพลาสติกรูปกรวยคว่ำ ด้านปลายของกรวยเจาะรูเป็นระยะเพื่อให้ตะกอนเวียนกลับลงสู่ด้านล่างได้ ส่วนนี้ติดตั้งโดยให้ปลายรูปกรวยคว่ำ

อยู่ที่ระดับ 97 ซม. จากปลายถังทำน้ำใสด้านล่าง

ส่วนที่ 2 เป็นท่ออะครีลิค ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.4 ซม. ยาว 130 ซม. ส่วนนี้ติดตั้งโดยให้ปลายด้านหนึ่งสวมอยู่ที่ปลายของส่วนที่ 1 ประมาณ 30 ซม. ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งวางยาวตลอดจนสุดปลายท่อที่ทางน้ำล้น ดังแสดงในรูปที่ 4.1

4.1.4 ใบพัด

ใบพัดเป็นแผ่นอะครีลิค ขนาดกว้าง 2 ซม. ยาว 14 ซม. หนา 0.2 ซม ยึดติดกับแกนใบพัดด้วยอุปกรณ์ ดังนี้ (ดูรูป 4.2)

4.1.4.1. ตัวยึดแกนกวนกับใบพัดทำด้วยสแตนเลสสตีล ตรงกลางเป็นวงกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.6 ซม. เพื่อใช้สวมเข้ากับแกนกวนน้ำที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ด้านข้างเป็นปีกยื่นออกไป 1 ซม. เพื่อเป็นส่วนที่ยึดกับแผ่นอะครีลิคที่เป็นใบพัดที่มีรูปร่างต่าง ๆ

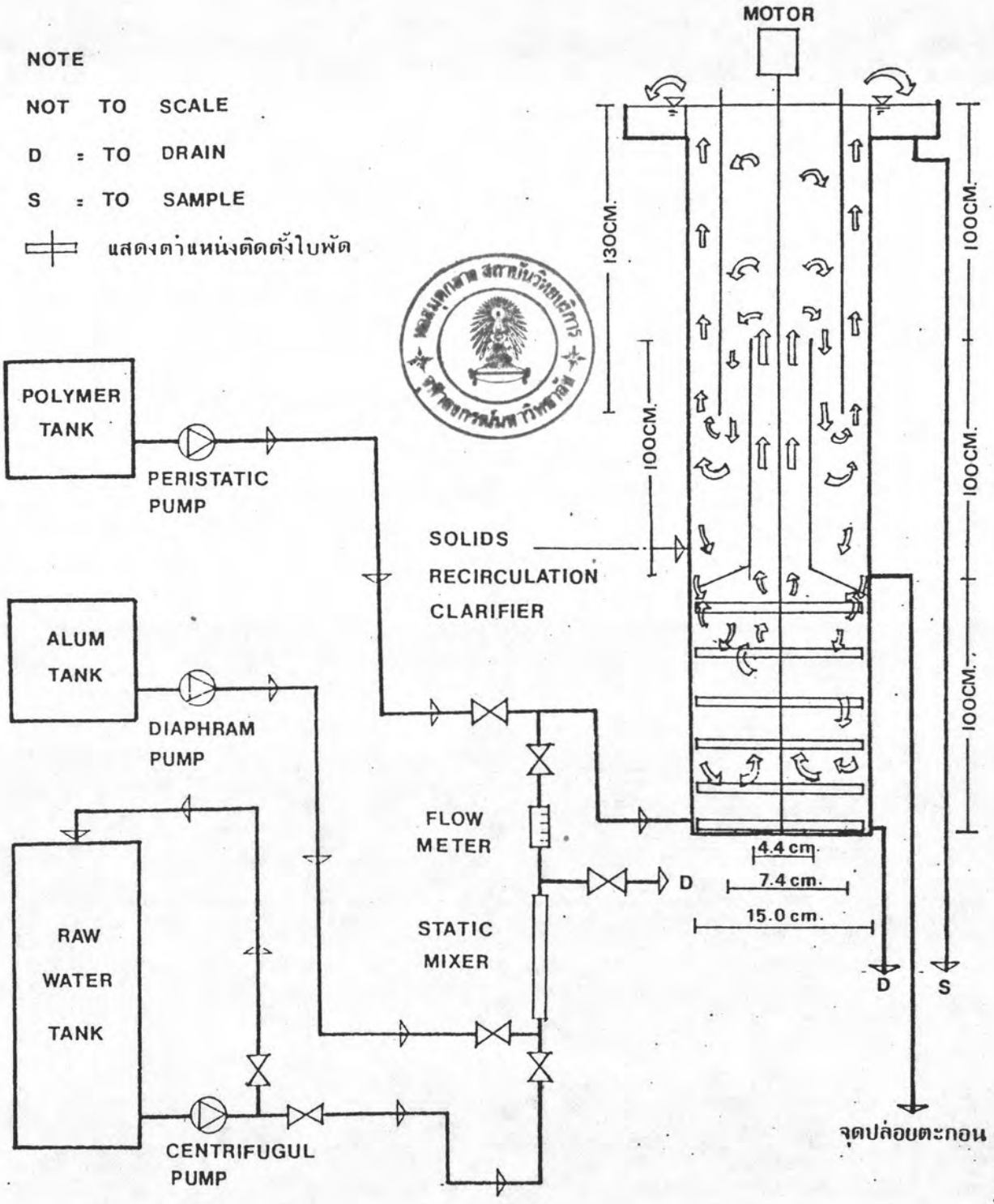
4.1.4.2. ตัวหนีบ ใช้หนีบใบพัดเพื่อให้ยึดติดกับปีกของอุปกรณ์ข้างต้น เมื่อประกอบใบพัดกับตัวยึดแกนกวนเข้าด้วยกันแล้ว จึงนำไปสวมเข้ากับแกนกวนน้ำที่อยู่ในถังทำน้ำใส ดังรูปที่ 4.2

4.1.5 อุปกรณ์วิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำ

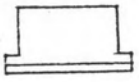
4.1.5.1. เครื่องมือวัดความขุ่น ของ HACH รุ่น 2100A

4.1.5.2. เครื่องมือวัดค่าพีเอช ของ HORIBA รุ่น F-13E

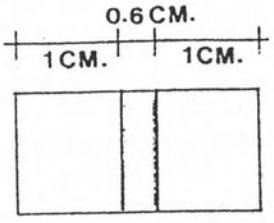
4.1.5.3. เครื่องมือสำหรับหาค่าของแข็งแขวนลอย



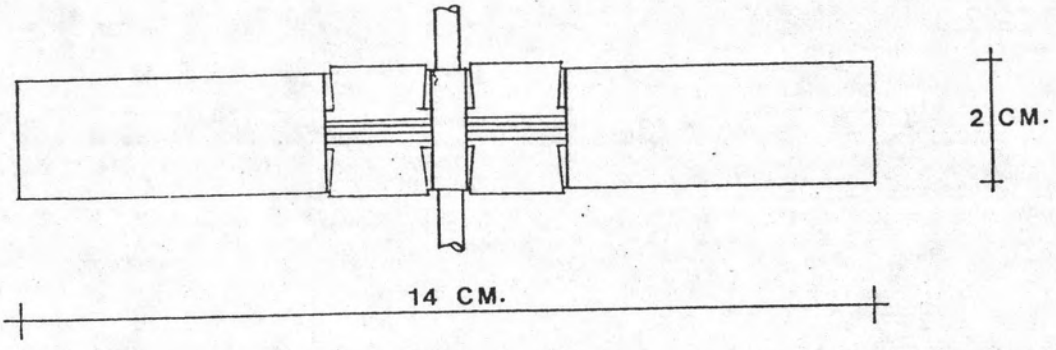
รูปที่ 4.1 แสดงอุปกรณ์ทำน้ำใส



ตัวหนีบ



ตัวยึดแกนกวนกับใบพัด

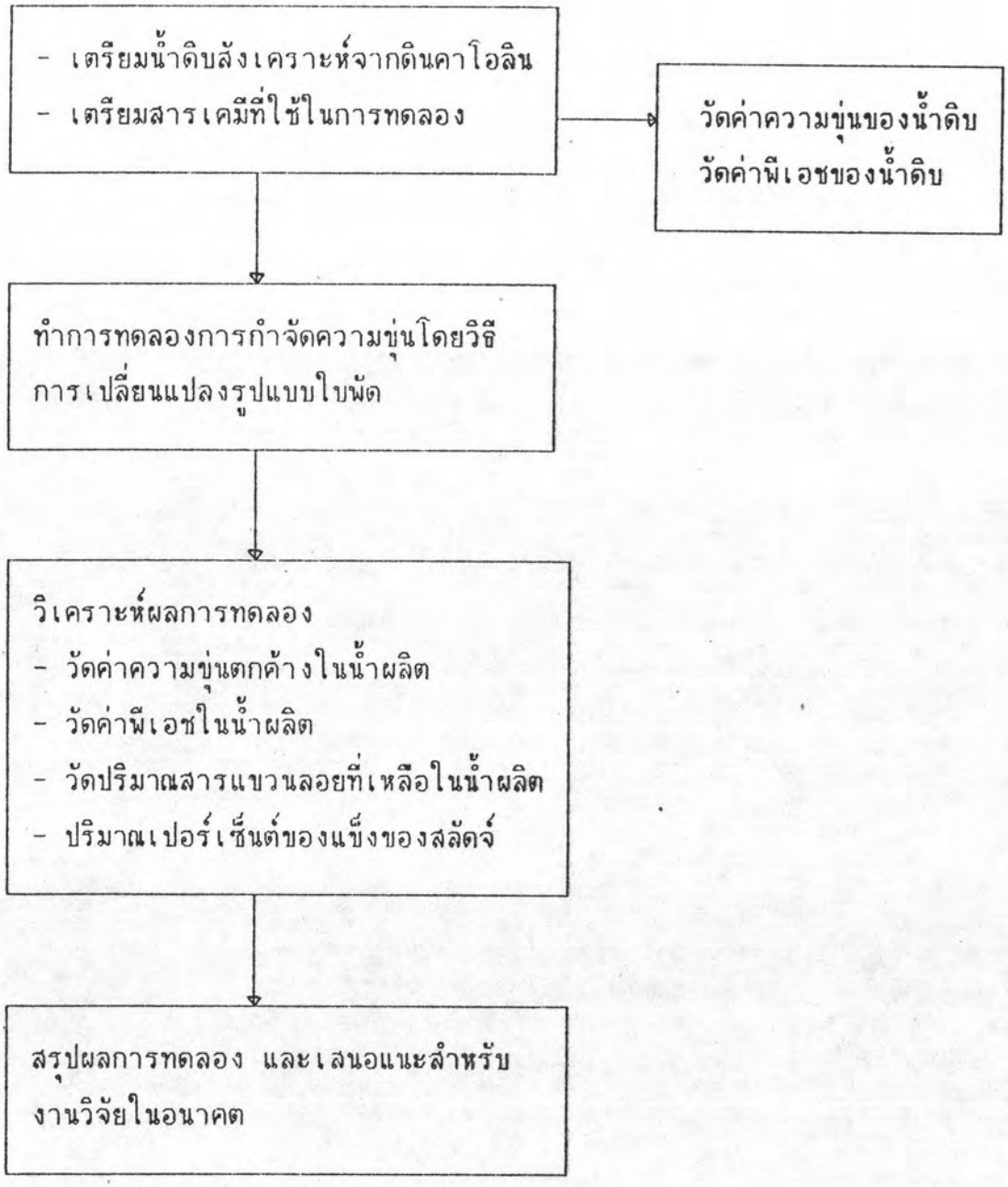


ลักษณะใบพัดที่ใช้ในการกวน

รูปที่ 4.2 แสดงขนาดใบพัดในการทดลอง

4.2 ขั้นตอนการศึกษา

การศึกษาแบ่งออกเป็นขั้นตอนต่างๆ ได้แก่ การเตรียมการทดลอง การดำเนินการทดลอง การวิเคราะห์ผลการทดลอง การสรุปผลการทดลอง และเสนอแนวทางการวิจัยในอนาคต ดังแสดงไว้ในรูป 4.3



รูปที่ 4.3 แผนผังแสดงขั้นตอนการศึกษา

4.3 การดำเนินการศึกษา

4.3.1 การกำหนดค่าตัวแปรคงที่และตัวแปรอิสระ

ประสิทธิภาพของระบบบำบัด วัดโดยหาค่าความขุ่นที่ออกจากระบบ องค์ประกอบสำคัญที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบ คือตัวแปรต่างๆดังนี้

4.3.1.1. ความขุ่นของน้ำดิบสังเคราะห์ จากการศึกษาที่ผ่านมาของ พิศาล ขยันสำรวจ (พ.ศ.2525) พบว่าน้ำดิบจากคลองประปาสามเสนมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 53.6 เอ็นทียู. เพื่อให้ใกล้เคียงกับสภาพจริง งานวิจัยครั้งนี้จึงเลือกใช้ความขุ่นสังเคราะห์ที่ 50 เอ็นทียู

4.3.1.2. ปริมาณสารเคมี ศึกษาหาค่าปริมาณสารเคมีที่ใช้เป็นโคเอกูแลนท์และโคเอกูแลนท์เอดที่เหมาะสม โดยการทดลองศึกษาในสภาพการทำงานจริงของระบบบำบัด ที่อัตราน้ำล้น 40 ซม./นาที แปรค่าสารส้ม 15, 20, 25 และ 30 มก./ล. และแปรค่าโพลีเมอร์ประจุลบ 0.05, 0.10, 0.20, 0.25 และ 0.30 มก./ล. เพื่อหาค่าสารเคมีที่เหมาะสมกับระบบ จากการศึกษาพบว่า สารเคมีที่ให้ค่าความขุ่นของน้ำผลิตต่ำที่สุดคือ ปริมาณสารส้มที่ 30 มก./ล. และปริมาณโพลีเมอร์ประจุลบที่ 0.30 มก./ล. ซึ่งทั้งสองค่านี้จะเป็นค่าตัวแปรคงที่ของงานวิจัยในครั้งนี้

4.3.1.3. ความเร็วน้ำไหลขึ้นเป็นตัวแปรที่สำคัญในการควบคุมชั้นตะกอน ถ้าอัตราน้ำล้นมากเกินไป อาจทำให้ตะกอนแตกในส่วนของการรวมตะกอน และมีตะกอนบางส่วนหลุดออกไปกับน้ำใส ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นจะต่ำ ถ้าความเร็วการไหลขึ้นของน้ำลดลงน้อยเกินไปจะทำให้ปริมาณการผลิตน้ำลดลง

จากการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับถังโซลิดคอนแทคแคลริ-ไฟเออร์ พบว่าส่วนใหญ่ มีการแปรค่าความเร็วน้ำไหลขึ้นแต่สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ เลือกค่าความเร็วน้ำไหลขึ้นที่ 40 ซม./นาที เป็นค่าคงที่ของงานวิจัย

4.3.1.4. รูปร่างใบพัด จากการวิจัยของ Drobny(ค.ศ.1963) ได้ทำการทดลองใช้ใบพัดรูปร่างต่างๆ เพื่อช่วยในการสมานตะกอนและพบว่า ใบพัดที่เจาะรูเล็กๆที่ผิวจะให้ผลดีกว่ารูใหญ่ๆ และจำนวนรูที่มากกว่าจะให้ผลดีกว่ารูจำนวนน้อย ในการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดให้ใบพัดแต่ละใบมีขนาดกว้าง 2 ซม. ยาว 14 ซม. เท่ากันทุกการทดลอง แต่มีรูปร่างแตกต่างกันไปคือ แบบผิวการกวนเรียบ, แบบผิวการกวนขรุขระสำหรับรูปร่างใบพัดอีก 2 แบบ ได้กำหนดให้เจาะรูที่ผิวใบพัดออก คิดพื้นที่ที่เจาะออกเป็นพื้นที่ที่เท่ากัน แต่ขนาดของรูที่เจาะออกแตกต่างกัน ดังนั้นจำนวนรูที่เกิดขึ้นบนผิวใบพัดแต่ละแบบมีค่าไม่เท่ากันคือ พื้นที่ที่เจาะออกมีขนาดใหญ่ จะทำให้ได้จำนวนรูที่น้อยกว่าจำนวนรูเล็กๆ แต่ผลที่ได้จากการเจาะรูคือ เหลือพื้นที่ในการกวนน้ำเท่ากันต่างกันตรงขนาดและจำนวนรูที่ผิวใบพัดเท่านั้น

จากการทดลองครั้งนี้จึงได้กำหนดให้เจาะรูขนาด 0.6 ซม. จำนวน 8 รู และขนาด 0.3 ซม. จำนวน 32 รู ซึ่งเป็นใบพัดแบบเจาะรูที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

4.3.1.5. ระยะห่างใบพัด จากการศึกษาที่ผ่านมาของ ปริญญา ณ นคร (พ.ศ.2535) พบว่าการจัดระยะห่างใบพัด จะส่งผลต่อการทำงานของระบบ ผลการทดลองพบว่า ใบพัดที่ระยะห่าง 5 ซม. จะให้ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นสูงสุด ในการวิจัยครั้งนี้จะแปรค่าระยะห่างใบพัด 4 ค่าคือ 5, 10, 15 และ 20 ซม.

4.3.1.6. ความเร็วใบพัด จากการศึกษาที่ผ่านมาของ เชาวยุทธ พรพิมลเทพ (พ.ศ.2514) และ ปริญญา ณ นคร (พ.ศ.2535) พบว่า ความเร็วใบพัดมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพต่อระบบบำบัด ในการวิจัยครั้งนี้จะแปรค่าความเร็วใบพัด 4 ค่าคือ 5, 10, 15 และ 20 รอบ/นาที

4.3.2 วิธีการทดลอง

เริ่มโดยการนำน้ำขุ่นสังเคราะห์ เตรียมได้จากการนำดินคาโอลินมาละลายน้ำ ซึ่งในการทดลองนี้ใช้น้ำประปาแล้วปรับให้ได้ความขุ่น 50 เอ็นทียู. ตาม

ต้องการ มาผสมกับสารส้มในท่อกวนเร็ว หลังจากนั้นน้ำจากท่อกวนเร็วที่ถูกทำลายเสถียรภาพแล้วจะไหลเข้าสู่ปลายล่างสุดของถังทำน้ำใส ซึ่งมีรูปร่างเป็นทรงกระบอก โดยจะมีการเติมโพลีเมอร์ประจุลบผสมกับน้ำที่มาจากท่อกวนเร็วในท่อน้ำตรงบริเวณก่อนจะเข้าสู่ปลายล่างสุดของอุปกรณ์ทำน้ำใส ส่วนภายในอุปกรณ์ทำน้ำใสทำการกวนน้ำด้วยใบพัดตามความเร็วที่ต้องการ โดยใช้ความเร็วน้ำไหลขึ้นเท่ากับความเร็วที่ต้องการ คือ 40 ซม.ต่อนาที

4.3.3 การเก็บตัวอย่าง

4.3.3.1 เก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านกระบวนการบำบัดที่รางรับน้ำด้านบนทุก ๆ ชั่วโมง จนกว่าระบบจะเกิดสภาวะคงตัว (steady state) ณ จุดที่ความขุ่นของน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วเริ่มมีค่าคงที่

4.3.3.2 เก็บตัวอย่างตะกอนจากท่อเก็บตัวอย่างที่ระดับความสูง 100 เซ็นติเมตร ที่ชั่วโมงสุดท้ายของการทดลอง

4.3.4 การวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของตัวอย่าง

ข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์ มีดังนี้

4.3.4.1. ความขุ่นของน้ำตัวอย่างก่อน และหลังการบำบัดโดยใช้เครื่องวัดความขุ่น (Turbidimeter 2100 A : HACH) หน่วยที่วัดได้เป็น เอ็นทียู

4.3.4.2. วัดค่าพีเอชของน้ำผลิต ของ HORIBA รุ่น F-13E

4.3.4.3. วัดปริมาณของแข็งแขวนลอย หน่วยที่วัดได้แก่ มก./ล.

4.3.4.4. วัดปริมาณเปอร์เซ็นต์ของแข็งในสลัดจ์

4.3.5 การสรุปผลการทดลอง และเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

เป็นการนำผลการศึกษาในตอนต้นมาทำการประเมิน เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพใบพัดแบบต่างๆ ที่ใช้กับระบบบำบัดความขุ่นด้วยถังทำน้ำใสแบบหมุนเวียนตะกอน

4.4 จำนวนและรายละเอียดของการทดลอง

จำนวนและรายละเอียดของการวิจัยครั้งนี้ แสดงไว้ในตารางที่ 4.1, 4.2, 4.3 และ 4.4

ตารางที่ 4.2 รายละเอียดการทดลองที่ใบพัดแบบที่ I

PS. (ซม.) / PD (รอบ/นาที)	5	10	15	20
5	A 5-5	A 10-5	A 15-5	A 20-5
10	A 5-10	A 10-10	A 15-10	A 20-10
15	A 5-15	A 10-15	A 15-15	A 20-15
20	A 5-20	A 10-20	A 15-20	A 20-20

PS. = ช่วงห่างใบพัดในแกนเดียวกัน (paddle spacing)

PD = ความเร็วใบพัด (paddle speed)

A_{x-y} = การทดลองชุดที่ 1 ทดลองช่วงห่างใบพัดที่ x ซม. ใช้ ความเร็วใบพัด Y รอบ/นาที

ตารางที่ 4.3 รายละเอียดการทดลองที่ใบพัดแบบที่ II

PS. (ซม.) / PD (รอบ/นาที)	5	10	15	20
5	B 5-5	B 10-5	B 15-5	B 20-5
10	B 5-10	B 10-10	B 15-10	B 20-10
15	B 5-15	B 10-15	B 15-15	B 20-15
20	B 5-20	B 10-20	B 15-20	B 20-20

PS. = ช่วงห่างใบพัดในแกนเดียวกัน (paddle spacing)

PD = ความเร็วใบพัด (paddle speed)

B_{x-y} = การทดลองชุดที่ 2 ทดลองที่ช่วงห่างใบพัดที่ x ซม. ใช้ความเร็วใบพัด y รอบ/นาที

ตารางที่ 4.4 รายละเอียดการทดลองที่ใบพัดที่ III

PS. (ซม.) / PD (รอบ/นาที)	5	10	15	20
5	C 5-5	C 10-5	C 15-5	C 20-5
10	C 5-10	C 10-10	C 15-10	C 20-10
15	C 5-15	C 10-15	C 15-15	C 20-15
20	C 5-20	C 10-20	C 15-20	C 20-20

PS. = ช่วงห่างใบพัดในแกนเดียวกัน (paddle spacing)

PD. = ความเร็วใบพัด (paddle speed)

$^{c}x\text{-}y$ = การทดลองชุดที่ 3 ทดลองที่ช่วงห่างใบพัดที่ x ซม. ใช้ความเร็วใบพัด y รอบ/นาที

ตารางที่ 4.5 รายละเอียดการทดลองที่ใบพัดแบบที่ IV

PS. (ซม.) / PD (รอบ/นาที)	5	10	15	20
5	D 5-5	D 10-5	D 15-5	D 20-5
10	D 5-10	D 10-10	D 15-10	D 20-10
15	D 5-15	D 10-15	D 15-15	D 20-15
20	D 5-20	D 10-20	D 15-20	D 20-20

PS. = ช่วงห่างใบพัดในแกนเดียวกัน (paddle spacing)

PD = ความเร็วใบพัด (paddle speed)

D_{x-y} = การทดลองชุดที่ 4 ทดลองที่ช่วงห่างใบพัดที่ x ซม. ใช้ความเร็วใบพัด y รอบ/นาที