บทที่ 4

การดำเนินการวิจัย

4.1 แผนการดำเนินการวิจัย

การทดลองทั้งหมดกระทำที่ห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยใช้ตัวอย่างน้ำเสียจริงจากหอพักวิทยนิเวศน์ของจุฬาฯ โดยเก็บน้ำเสียจากจุดที่เป็นบ่อพักน้ำก่อนที่จะเข้าสู่ระบบบำบัดของทางหอพัก ที่จุดเก็บดังกล่าวน้ำเสียจะผ่านการบำบัดนำโดยไหลผ่านถังเซปติกมาแล้ว เพื่อเป็นการกำจัดอนุภาคของแข็งแขวนลอยที่มีขนาดใหญ่ออก ดังนั้นองค์ประกอบในน้ำเสียจากจุดดังกล่าวจึงมีเฉพาะส่วนที่เป็นอนุภาคของแข็งแขวนลอยขนาดเล็ก และสารละลายเท่านั้น และเนื่องจากเป็นน้ำเสียประเภทที่มีความเข้มข้นค่อนข้างต่ำ หากนำน้ำเสียมาเก็บไว้ข้ามคืน ค่าความเข้มข้นของน้ำเสียจะลดลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงต้องเก็บน้ำเสียจากจุดดังกล่าวนำมาป้อนให้กับระบบที่ทำการทดลองใหม่ทุกวัน

การทดลองทั้งหมดแบ่งได้เป็น 2 ชุด ดังนี้คือ

<u>การทดลองชุดที่ 1</u>

ใช้แบบทดลองของกระบวนการตะกอนเร่งแบบผสมอย่างสมบูรณ์ ที่มีถังเติมอากาศใบเดียว (ดังแสดงในรูปที่ 4.1) ขนาดความจุ 8 ลิตร มาทดลองบำบัดน้ำเสียอย่างต่อเนื่อง ด้วยอัตราการป้อนน้ำเสียคงที่ 0.8 ลิตร/ชม. (เวลากักน้ำเท่ากับ 10 ชั่วโมง) โดยทำการทดลองเดินระบบ 4 ครั้ง และในการทดลองแต่ละครั้งนั้นระบบจะดำเนินการที่ค่าอายุตะกอนแตกต่างกันไป เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงที่แล้วจึงเก็บตัวอย่างน้ำที่จุดต่างๆ เพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เป็นข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการประเมินหาค่าพารามิเตอร์จลน์

การแปรค่าอายุตะกอนของระบบให้มีค่าแตกต่างกันและการควบคุมค่าอายุตะกอน ทำได้โดยการปรับและควบคุมอัตราการทิ้งน้ำตะกอน (F_w) จากถังเติมอากาศ โดยในการทดลองชุดนี้ได้กำหนดว่าต้องการข้อมูลจากระบบที่มีค่าอายุตะกอนต่างกัน 4 ค่าคือ 3 วัน ,5 วัน ,9 วันและ 15 วัน ดังนั้นในการทดลองแต่ละครั้งจึงต้องปรับและควบคุมอัตราการทิ้งน้ำตะกอนโดยประมาณ ให้มีค่าดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 อัตราการทิ้งน้ำตะกอนของการทดลองแต่ละครั้งในการทดลองชุดที่ 1

ครั้งที่	θ_c ที่ต้องการ (วัน)	ปริมาตรถังเติมอากาศ,ลิตร	อัตราการทิ้งน้ำตะกอน (ลิตร/วัน)
1	3	8	2.6
2	5	8	1.6
3	9	8	0.9
4	15	8	0.5

การทดลองชุดที่ 2

ใช้แบบทดลองกระบวนการตะกอนเร่งแบบที่มีถังเติมอากาศ 4 ใบ เรียงต่อกันโดยให้มีลักษณะการไหลแบบอนุกรม และมีปริมาตรความจุถังละ 2.5 ลิตรเท่ากันทุกถัง มาทดลองบำบัดน้ำเสียอย่างต่อเนื่อง 3 ครั้ง โดยในการทดลองแต่ละครั้งระบบจะมีลักษณะของการป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบที่แตกต่างกัน 3 ลักษณะคือ แบบ plug flow, แบบ step feed และแบบ contact-stabilization (ดังแสดงในรูป 4.2 ก., 4.2ข. และ 4.2 ค.) และมีค่าตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่เท่ากันตลอดการทดลองทั้ง 3 ครั้ง คือ

1. อัตราการป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบด้วยอัตรา 1 ลิตร/ชั่วโมง (เวลากักน้ำรวม 10 ชม.)

2. อัตราการเวียนตะกอนกลับจากก้นถังตกตะกอนเข้าสู่ถังเติมอากาศใบที่ 1 เท่ากับ 100% ของอัตราการป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบ

3. ค่าอายุตะกอนให้มีค่าคงที่ ประมาณ 10 วัน ตลอดการทดลองทั้ง 3 ครั้ง ซึ่งการควบคุมค่าอายุตะกอนของระบบให้มีค่าคงที่ สามารถทำได้โดยการระบายน้ำตะกอนทิ้งจากถังเติมอากาศโดยตรง (ในการวิจัยครั้งนี้ กำหนดจะระบายน้ำตะกอนทิ้งจากถังเติมอากาศใบที่ 4) และสามารถคำนวณเพื่อหาปริมาณของน้ำตะกอนที่ต้องระบายทิ้ง (F_w) ได้จากสมการที่ 4.1

$$MCRT = \frac{V_1M_1 + V_2M_2 + V_3M_3 + V_4M_4}{F_wM_4} \quad \text{..... (4.1)}$$

โดยที่ MCRT = ค่าอายุตะกอนที่ต้องการ (วัน)

$V_1,...,V_4$ = ปริมาตรของถังเติมอากาศ (ลิตร)

$M_1,...,M_4$ = ความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยในถังเติมอากาศแต่ละใบ (มก./ล.)

F_w = อัตราการระบายน้ำตะกอนทิ้งจากระบบ (ลิตร/วัน)

เนื่องจากความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยในถังเติมอากาศแต่ละถังมีแนวโน้มว่าจะมีค่าที่ไม่เท่ากัน โดยไม่สามารถทราบค่าได้เลยจากภายใต้สภาวะการดำเนินการที่ได้กำหนดขึ้นในการทำการทดลอง ดังนั้นการควบคุมค่าอายุตะกอนให้ได้ตามต้องการนั้น ในตอนเริ่มต้นการทดลองต้องทำการคำนวณเพื่อหาอัตราการทิ้งน้ำตะกอนโดยประมาณก่อน โดยสมมติให้ความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยในแต่ละถังมีค่าเท่ากัน ซึ่งจะทำให้สามารถคำนวณหาอัตราการทิ้งน้ำตะกอนที่ต้องการในเบื้องต้นได้ดังนี้

$$F_w = \frac{V1 + V2 + V3 + V4}{\text{MCRT ที่ต้องการ}}$$

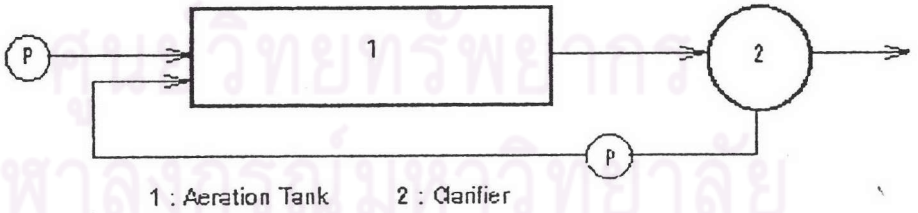
$$F_w = \frac{2.5 + 2.5 + 2.5 + 2.5}{10} = 1.0 \text{ ลิตร/วัน}$$

หลังจากนั้นเมื่อทำการทดลองเดินระบบแล้ว จะเก็บตัวอย่างน้ำและวิเคราะห์ปริมาณของของแข็งแขวนลอยในถังเติมอากาศแต่ละใบ เพื่อตรวจสอบค่าอายุตะกอนว่าได้ตามที่ต้องการหรือไม่ ตามสมการที่ 4.1 ถ้าหากมีค่าที่ผิดไปจากค่าที่ต้องการก็จะปรับอัตราการทิ้งน้ำตะกอนใหม่ จนกระทั่งได้ค่าอายุตะกอนใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการ

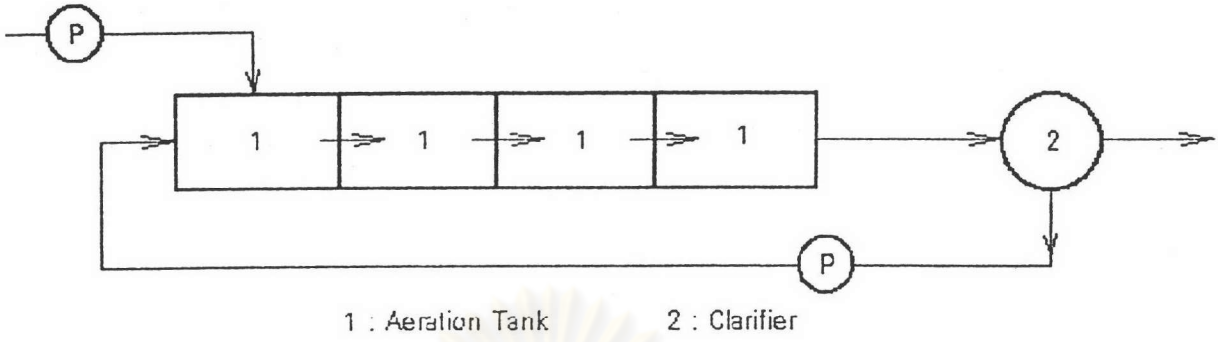
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากวัตถุประสงค์ของการทดลองในชุดที่ 2 นี้เพียงแค่ต้องการเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากการทำนายจากแบบจำลองกับผลเฉลี่ยในช่วงสภาวะคงที่ที่ได้จากการทดลองที่ภายใต้สภาวะเดียวกันทุกประการเท่านั้น ดังนั้นในการควบคุมค่าอายุตะกอนจึงเพียงแต่ต้องการควบคุมการทิ้งน้ำตะกอนให้มีอัตราเดียวกันกับค่าที่ใช้ในการแทนค่าในสมการสำหรับการคำนวณหาผลคำตอบของแบบจำลองนั่นเอง ส่วนเหตุผลที่ต้องกำหนดให้มีการรักษาค่าอายุตะกอนของระบบประมาณ 10 วันนั้น ก็เพื่อที่จะได้กำหนดระยะเวลาโดยประมาณที่ต้องใช้ในการเก็บข้อมูลในช่วงสภาวะคงที่ของการทดลองแต่ละครั้งนั่นเอง ซึ่งระยะเวลาในการเก็บข้อมูลดังกล่าวควรต่อเนื่องและยาวนานประมาณ 2-3 เท่าของค่าอายุตะกอนของระบบ ดังนั้นเมื่อกำหนดค่าอายุตะกอนของระบบ เท่ากับ 10 วัน จะทำให้ทราบว่าต้องใช้เวลาทำการเก็บข้อมูลในช่วงสภาวะคงที่นานประมาณ 30 วัน

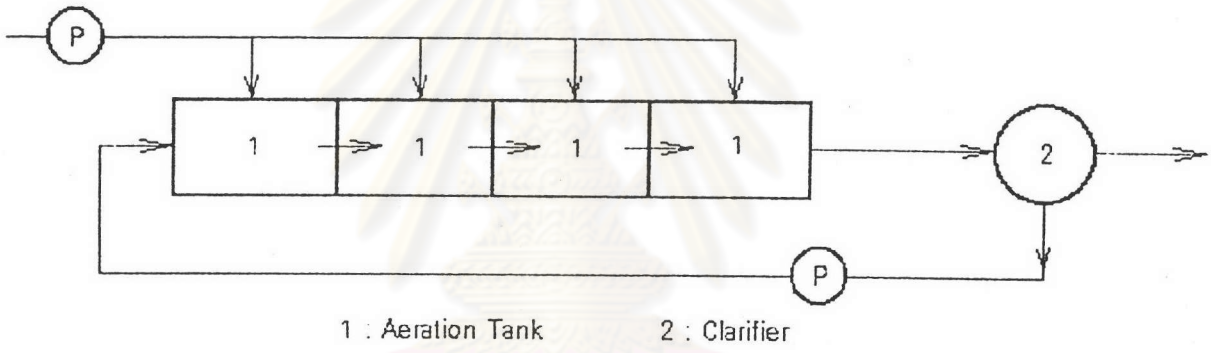
เมื่อสังเกตได้ว่าระบบเข้าสู่สภาวะคงที่แล้ว จึงเก็บตัวอย่างน้ำที่จุดต่างๆเพื่อนำไปวิเคราะห์เป็นค่าพารามิเตอร์ต่างๆ แล้วนำไปใช้เปรียบเทียบกับค่าที่ทำนายได้จากแบบจำลองทางทฤษฎี



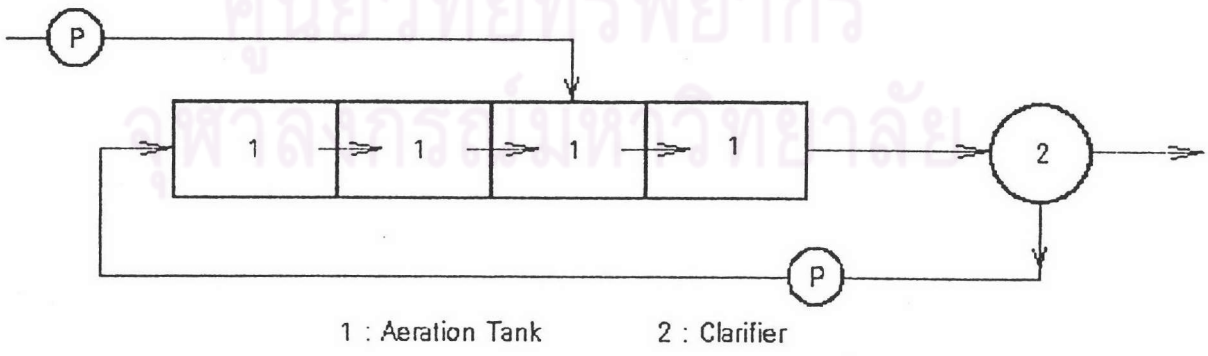
รูปที่ 4.1 FLOW DIAGRAM ของกระบวนการตะกอนเร่งแบบผสมอย่างสมบูรณ์ในการทดลองชุดที่ 1



รูปที่ 4.2 ก. FLOW DIAGRAM ของการทดลองชุดที่ 2 เมื่อระบบทำการบ้อนน้ำเสียแบบ plug flow



รูปที่ 4.2 ข. FLOW DIAGRAM ของการทดลองชุดที่ 2 เมื่อระบบทำการบ้อนน้ำเสียแบบ step feed



รูปที่ 4.2 ค. FLOW DIAGRAM ของการทดลองชุดที่ 2 เมื่อระบบทำการบ้อนน้ำเสียแบบ contact-stabilization

4.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เมื่อติดตั้งระบบของการทดลองในชุดที่ 1 และชุดที่ 2 ตาม FLOW DIAGRAM ที่แสดงในรูปที่ 4.1 และ 4.2 แล้วจะมีลักษณะของระบบดังแสดงในรูปที่ 4.3 และ 4.4 โดยเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีดังต่อไปนี้

4.2.1 ถังพักน้ำเสีย

เป็นถังพลาสติกมีความจุประมาณ 150 ลิตร เป็นถังฝาเปิด และมีการกวนผสมน้ำเสียในถังเพื่อไม่ให้เกิดการตกตะกอนสะสมที่บริเวณก้นถัง โดยการใช้ปั๊มสูบน้ำขนาดเล็กสำหรับตู้ปลา ชนิด Centrifugal ติดตั้งที่บริเวณใกล้กับก้นถัง และตั้งเวลาปิด-เปิดเป็นระยะ เพื่อจะได้ให้ปั๊มทำให้เกิดการกวนผสมเป็นช่วงเวลาอย่างสม่ำเสมอ

4.2.2 เครื่องสูบน้ำเสียเข้าระบบ

เป็นเครื่องสูบน้ำชนิดไดอะแฟรม (Diaphram Pump) ที่สามารถปรับอัตราการไหลให้อยู่ในช่วงที่ต้องการได้ ใช้สำหรับป้อนน้ำเสียให้เข้าสู่ระบบ โดยต้องสามารถควบคุมอัตราไหลของน้ำเสียให้มีค่าคงที่ และจะต้องสามารถทำงานได้ตลอด 24 ชั่วโมง

4.2.3 ถังเติมอากาศ

การทดลองชุดที่ 1 ใช้ถังพลาสติกใส รูปทรงสี่เหลี่ยม มีปริมาตรความจุ 8 ลิตร และเป็นแบบที่มีถังตกตะกอนในตัว โดยแยกออกต่างหากจากส่วนที่เป็นถังเติมอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 4.3

การทดลองชุดที่ 2 ใช้ถังพลาสติกใส รูปทรงสี่เหลี่ยม กั้นผนังให้เป็น 4 ส่วนเท่าๆ กัน และให้มีปริมาตรความจุของแต่ละส่วนเท่ากับ 2.5 ลิตร โดยต้องจัดให้มีลักษณะการไหลจากถังใบหนึ่งไปสู่ถังอีกใบหนึ่งเป็นแบบซิกแซกขึ้นและลง เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการไหลลัดวงจร และเมื่อป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบจะมีลักษณะการไหลจากถังแรกไปยังถังสุดท้ายเป็นแบบอนุกรม (ดังแสดงในรูป 4.4)

4.2.4 เครื่องเติมอากาศ

ใช้เครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) ชนิดโรตารี ทำงานด้วยแรงฉุดจากมอเตอร์ขนาด 220 V, 50 Hz, 1/4 hp.

4.2.5 ถังตกตะกอน

สำหรับการทดลองชุดที่ 2 ทำจากพลาสติกใสทรงกระบอก ตรงบริเวณก้นถังเป็นรูปกรวย มีปริมาตรความจุรวมประมาณ 2 ลิตร (ดังแสดงในรูป 4.4)

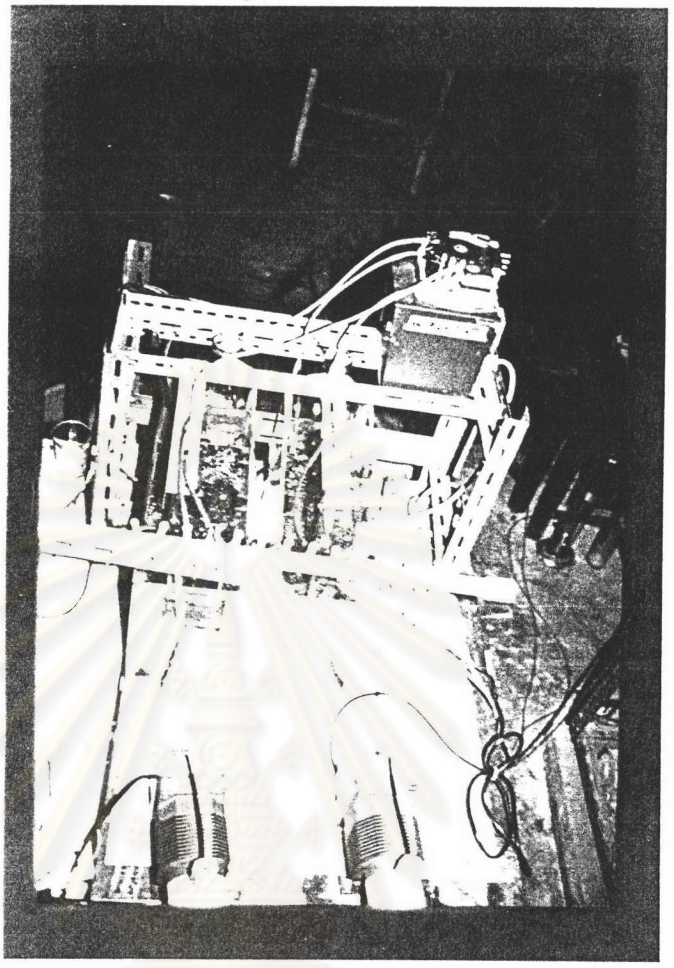
4.2.6 เครื่องสูบเวียนตะกอน

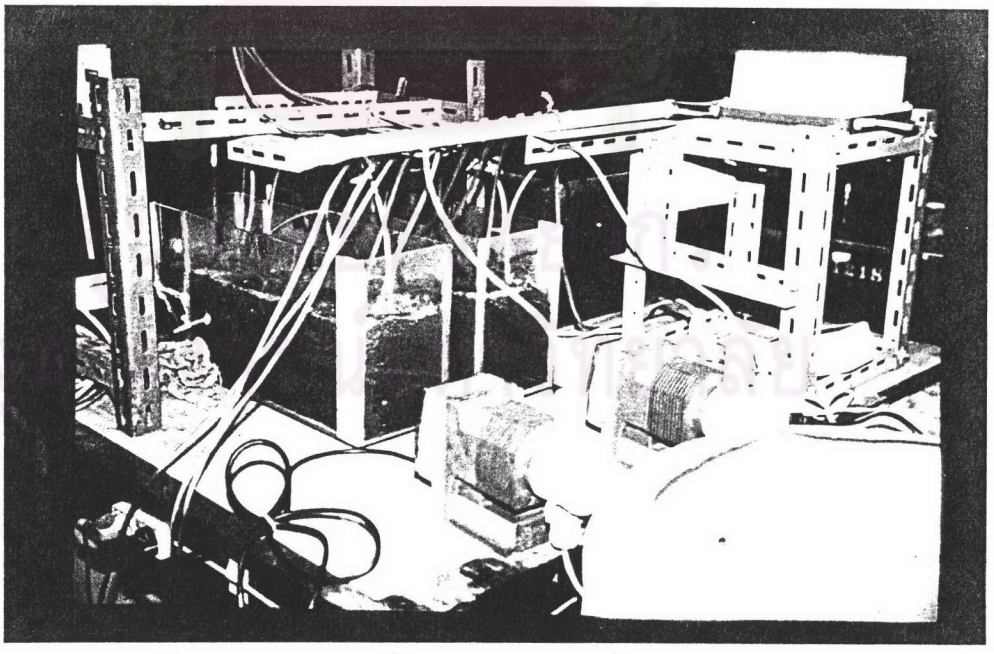
เป็นเครื่องสูบชนิดรีดสาย (Peristaltic Pump) ใช้สูบตะกอนจากก้นถังตกตะกอนแล้วป้อนกลับเข้าสู่ถังเติมอากาศ โดยต้องสามารถควบคุมอัตราการสูบตะกอนกลับให้มีค่าคงที่ประมาณ 1 ลิตร/ชม. ตลอดการทดลองทั้ง 2 ชุด และต้องสามารถทำงานได้ตลอด 24 ชั่วโมง

4.2.7 ถังรับน้ำใสจากถังตกตะกอน

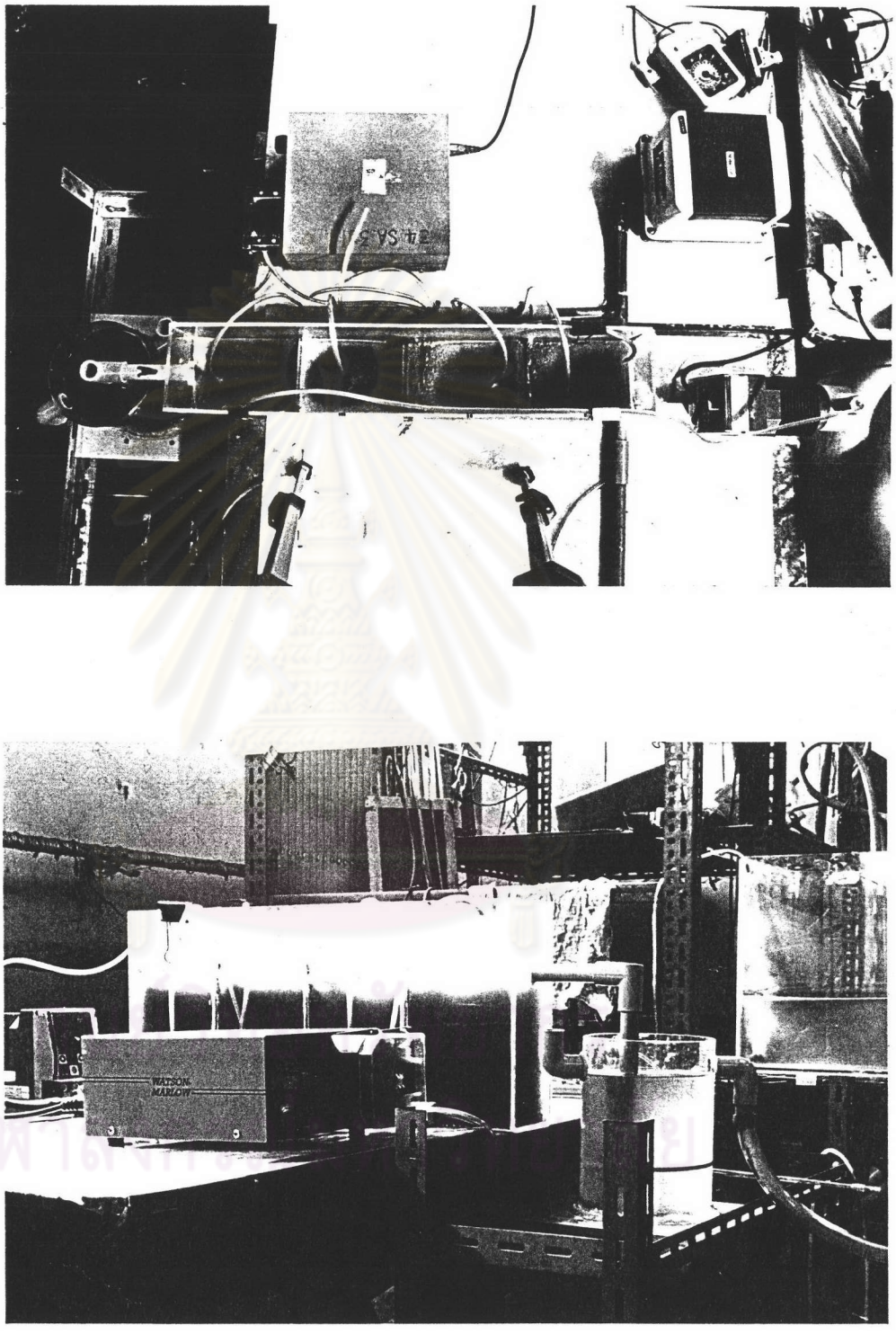
เป็นถังพลาสติกมีความจุประมาณ 50 ลิตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ 4.3 การติดตั้งของแบบทดลองที่ใช้ในการทดลองชุดที่ 1



รูปที่ 4.4 การติดตั้งของแบบทดลองที่ใช้ในการทดลองชุดที่ 2

4.3 การเก็บตัวอย่างน้ำ

การเก็บข้อมูลจากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ ต้องใช้เวลานานพอสมควรเพื่อที่จะให้ได้ค่าเฉลี่ยทางสถิติที่น่าเชื่อถือได้ และจะใช้ข้อมูลในช่วงเวลาที่ระบบเข้าสู่สภาวะคงที่แล้วเท่านั้น โดยการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ของการทดลองแต่ละชุด เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงที่แล้วสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 4.2 แผนการเก็บตัวอย่างน้ำของการทดลองชุดที่ 1

การวิเคราะห์	ถังพักน้ำเสีย	ถังเติมอากาศ	ถังรับน้ำใส
Total COD	A	A	-
Filtrate COD	A	A	-
TSS	A	A	A
TKN	B	-	-
Total - P	B	-	-
pH	A	A	-
DO.	A	A	-

ตารางที่ 4.3 แผนการเก็บตัวอย่างน้ำของการทดลองชุดที่ 2

การวิเคราะห์	ถังพักน้ำเสีย	ถังเติมอากาศใบที่			
		1	2	3	4
Total COD	A	A	A	A	A
Filtrate COD	A	A	A	A	A
TSS	A	A	A	A	A
TKN	B	-	-	-	-
Total - P	B	-	-	-	-
pH	A	A	A	A	A
DO.	A	A	A	A	A

หมายเหตุ : A : ทำการเก็บตัวอย่าง - วิเคราะห์ วันเว้นวัน

B : ทำการเก็บตัวอย่าง - วิเคราะห์ สัปดาห์ละ 1 ครั้ง

4.4 วิธีที่ใช้วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

วิธีที่ใช้วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำสรุปได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 วิธีที่ใช้วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

พารามิเตอร์	วิธีที่ใช้วิเคราะห์
พีเอช (pH)	เครื่องวัดพีเอช
ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO)	เครื่องวัดดีโอ
ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS)	วิธีวิเคราะห์ตาม Standard Methods
ปริมาณซีโอดี	วิธี Closed Reflux Titrimetric Methods
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (TKN)	วิธี Kjeldahl Nitrogen
ปริมาณฟอสฟอรัส Total-P	วิธี Stanneous Chloride

4.5 ปัจจัยอื่น ๆ ที่ต้องควบคุมให้คงที่ตลอดการทดลอง

ก. พีเอชในถังเติมอากาศ โดยทำการรักษาระดับพีเอชให้มีค่าใกล้เคียง 7 ตลอดที่ทำการทดลองทั้ง 2 ชุด

ข. ค่าออกซิเจนละลาย (DO) ในถังเติมอากาศ ให้มีค่าไม่ต่ำกว่า 2 มก./ล.เสมอ

ค. ปริมาณอาหารเสริม (Nutrient) โดยควบคุมอัตราส่วน COD:N:P ในน้ำเสียที่จะป้อนเข้าสู่ระบบให้มีค่าประมาณ 150 : 5 : 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย