บทที่ 2

วิธีการวิจัย

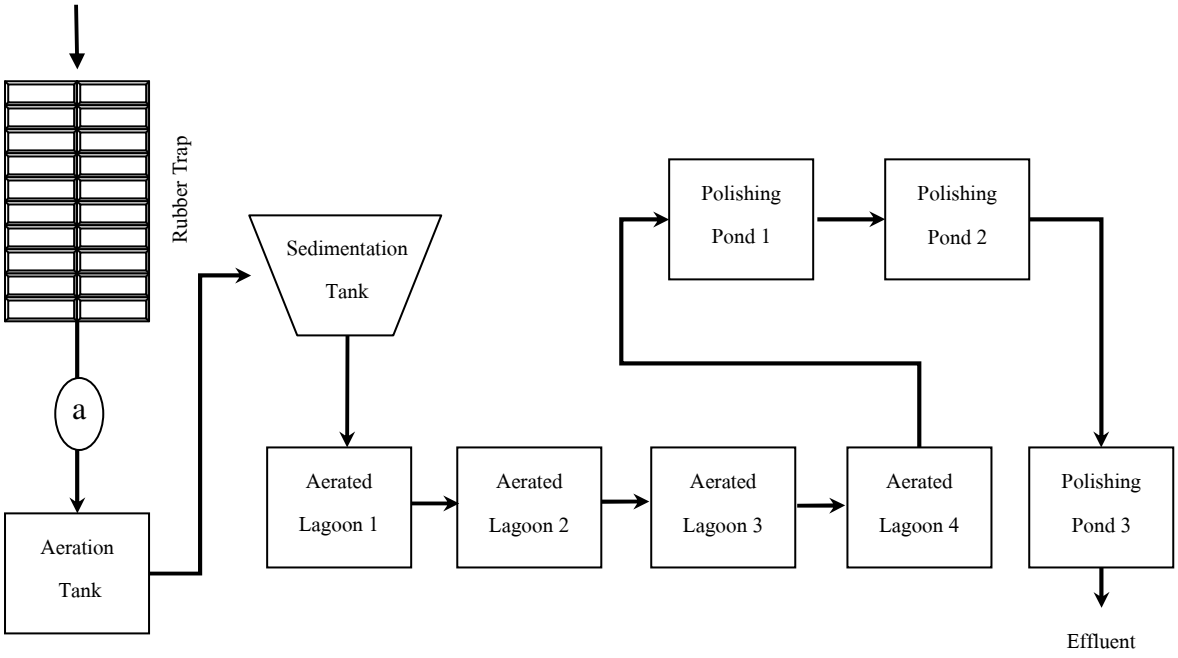
การวิจัยนี้ได้ทำการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการน้ำเสีย คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ซึ่งมีรายละเอียดของการดำเนินการวิจัย ดังนี้

2.1 วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ ประกอบด้วยการศึกษาลักษณะน้ำเสียรวมของโรงงาน และการเดินระบบบำบัดน้ำเสียจำลอง เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์และไนโตรเจนในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้น โดยการควบคุมการเติมอากาศด้วยค่าโออาร์พีที่มีอัตราการไหลคงที่ และอัตราการไหลของน้ำเสียเปลี่ยนแปลง ซึ่งมีรายละเอียดของการดำเนินการวิจัย ดังนี้

2.1.1 ลักษณะน้ำเสียรวมของโรงงาน

การศึกษาได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียรวมแบบจ้วง (Grab Sampling) โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตหลังผ่านบ่อดักเศษยาง (ภาพประกอบที่ 9) ตัวอย่างน้ำเสียที่เก็บได้นำมาตรวจสอบคุณภาพของน้ำเสีย ซึ่งพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่ ซีโอดี ทีเคเอ็น แอมโมเนียไนโตรเจน ไนไตรต์ไนโตรเจน ไนเตรตไนโตรเจน และ ของแข็งแขวนลอย



ภาพประกอบที่ 9 แผนผังระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน โดย a แทนจุดเก็บตัวอย่างน้ำเสียรวม

ภาพประกอบที่ 10 ลักษณะและจุดที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง

2.1.2 การเริ่มต้นระบบ (Start Up)

ในการทดลองนี้ได้ทำการเริ่มต้นระบบโดยการนำตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัดแบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ของโรงงานอุตสาหกรรมอื่นในพื้นที่ เริ่มต้นโดยการเติมตะกอนจุลินทรีย์ใส่ลงในถังเติมอากาศ หลังจากเติมตะกอนแล้วจึงทำการเติมอากาศให้อย่างเต็มที่เป็นเวลา 1 วันหลังจากนั้นทำการป้อนน้ำเสียสังเคราะห์ (ภาคผนวก ง) ที่มีความเข้มข้นของซีโอดีเท่ากับ 70 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็นเวลา 2 วัน ทำการเลี้ยงโดยเดินระบบแบบต่อเนื่อง (Continuous Flow) ด้วยน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้นผสมกับน้ำเสียสังเคราะห์ โดยได้เพิ่มสัดส่วนของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้นต่อน้ำเสียสังเคราะห์ขึ้นอย่างช้าๆ จนสามารถใช้น้ำเสียจริงจากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้นได้ 100% ในที่สุด ทั้งนี้เพื่อให้จุลินทรีย์ปรับตัวให้เข้ากับน้ำเสียจริงจากอุตสาหกรรมน้ำยางข้น เมื่อจุลินทรีย์สามารถปรับตัวเข้ากับน้ำเสียจริงได้แล้ว และระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ (Steady State) (โดยตรวจวัดจากค่าซีโอดีของน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดมีค่าคงที่) จึงทำการทดลองต่อไป

2.1.3 ประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์และไนโตรเจนโดยการควบคุมการเติมอากาศ

การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์และไนโตรเจนโดยการควบคุมการเติมอากาศ ด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ที่ได้จำลองขึ้น เริ่มการทดลองโดยการนำเอาน้ำเสียจากอุตสาหกรรมน้ำยางข้นป้อนเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียอย่างต่อเนื่อง และควบคุมสภาวะในการทดลองดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สภาวะที่ใช้ควบคุมในการทดลอง

สภาวะที่ใช้ในการทดลอง	
อัตราการสูบตะกอนกลับ	100%
ระยะเวลาการเก็บกัก (HRT)	36 ชั่วโมง
ความเข้มข้นของตะกอน (MLSS)	3000-4000 mg/L

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองเป็นอุณหภูมิที่สภาวะจริงขณะเดินระบบ ควบคุมการเติมอากาศ ด้วยการควบคุมค่าโออาร์พี ตามที่กำหนดไว้โดยการปรับระดับปริมาณอากาศที่เติมให้กับระบบ

2.1.3.1 ประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์และไนโตรเจนโดยการควบคุมการเติมอากาศด้วยค่าโออาร์พี โดยมีอัตราการไหลของน้ำเสียคงที่

การศึกษาในครั้งนี้ ได้ทำการทดลองโดยการควบคุมการเติมอากาศ ด้วยค่าโออาร์พี ในระบบบำบัดน้ำเสียจำลอง เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์และไนโตรเจนในน้ำเสียจากอุตสาหกรรมน้ำยางข้น ซึ่งสภาวะและค่าโออาร์พีที่ใช้ควบคุมในการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สภาวะและค่าโออาร์พีที่ใช้ควบคุมในการทดลอง

ควบคุม	HRT	MLSS	ระบบสูบตะกอนย้อนกลับ	ค่า ORP
	(ชั่วโมง)	(mg/L)	(%)	(mV)
การทดลองชุดที่ 1*	36	3000-4000	100	-500±50
การทดลองชุดที่ 2	36	3000-4000	100	-325±50
การทดลองชุดที่ 3	36	3000-4000	100	-200±50
การทดลองชุดที่ 4	36	3000-4000	100	-150±50

หมายเหตุ: * เป็นการศึกษาเบื้องต้น (Preliminary study) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัด

2.1.3.2 การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์และไนโตรเจนโดยการควบคุมการเติมอากาศ ด้วยค่าโออาร์พี โดยให้อัตราการไหลของน้ำเสียเปลี่ยนแปลง

โรงงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้นมีการผลิตสกิมเครพเป็นผลพลอยได้ ดังนั้นการผลิตทั้ง 2 ประเภทจึงควบคู่กันไปเสมอ ทำให้น้ำเสียที่เกิดจากการผลิตมีปริมาณและลักษณะของน้ำเสียแตกต่างกัน โดยน้ำเสียที่เกิดจากการผลิตน้ำยางข้นถูกปล่อยออกมาค่อนข้างจะต่อเนื่องตลอดทั้งวัน ในขณะที่น้ำเสียจากการผลิตสกิมเครพถูกปล่อยออกมาเป็นครั้งคราว ดังนั้นความแตกต่างของปริมาณและลักษณะของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียในช่วงเวลาที่ต่างกันจึงมีมาก

ดังนั้น การศึกษาทดลองในครั้งนี้ ได้ทำการทดลองโดยการควบคุมการเติมอากาศด้วยค่าโออาร์พีโดยให้อัตราการไหลของน้ำเสียมีเปลี่ยนแปลง โดยจะเลียนแบบอัตราการไหลของระบบบำบัดน้ำเสียจริงในโรงงาน ซึ่งจะศึกษาถึงประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์และไนโตรเจน

ในน้ำเสียจากอุตสาหกรรมน้ำยางข้นข้น โดยการควบคุมค่าโออาร์พีที่ -150 มิลลิโวลท์ สภาวะที่ใช้ควบคุมในการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สภาวะในการทดลองเมื่อควบคุมโออาร์พีที่ -150 มิลลิโวลท์ โดยให้อัตราการไหลของน้ำเสียมีเปลี่ยนแปลง

ควบคุม	อัตราการไหล(ml/min)	HRT เฉลี่ย (ชั่วโมง)	MLSS (mg/L)	ระบบสูบตะกอนย้อนกลับ(%)	ค่า ORP(mV)
08:30:00-09:30:00	30	48	3000-4000	100	-150±50
09:30:00-10:30:00	40				
10:30:00-12:30:00	50				
12:30:00-14:30:00	40				
14:30:00-15:30:00	35				
15:30:00-08:30:00	20				

2.1.4 การเก็บตัวอย่างน้ำและความถี่การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียและน้ำทิ้งของระบบบำบัดจำลองในแต่ละชุดการทดลอง

เมื่อเข้าสู่สภาวะคงที่ (ค่าโออาร์พีที่ใช้ในการควบคุมและค่าซีโอดีของน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดมีค่าคงที่) ในแต่ละชุดการทดลองแล้วได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเป็นระยะเวลา 5-7 วัน เพื่อทำการศึกษาถึงประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียจำลองสำหรับการกำจัดสารอินทรีย์และไนโตรเจน ทั้งนี้พิจารณาจากการตรวจสอบคุณภาพของน้ำเสียก่อนการบำบัดและน้ำเสียหลังจากการบำบัด สำหรับรายละเอียดของการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ตัวอย่างมีดังนี้

- น้ำตัวอย่างที่เข้าและออกจากระบบบำบัด พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ได้แก่ ซีโอดี ทีเคเอ็น แอมโมเนียไนโตรเจน ไนไตรต์ไนโตรเจน ไนเตรตไนโตรเจน และ ของแข็งแขวนลอย โดยทำการวิเคราะห์ตามวิธีของ Standard Methods (APHA, AWWA and WEF, 1998) ดังตารางที่ 6 แสดงวิธีการวิเคราะห์และความถี่ในการวิเคราะห์

- ตัวอย่างน้ำภายในถังเติมอากาศในขณะที่ดำเนินการทดลอง โดยทำการเก็บตัวอย่างในถังเติมอากาศของระบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ได้แก่ ของแข็งแขวนลอย โดยทำการวิเคราะห์ทุกวัน สำหรับค่าพารามิเตอร์อื่นๆ ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง

โออาร์พี ออกซิเจนละลาย และอุณหภูมิ ที่วัดได้แบบอัตโนมัติในถังเติมอากาศนั้นถูกบันทึกไว้ในคอมพิวเตอร์ทุกๆ 15 นาที ซึ่งพารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์ รวมถึงความถี่ในการวิเคราะห์ได้แสดงไว้ในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 พารามิเตอร์วิธีวิเคราะห์และความถี่ที่ใช้ในการศึกษาคุณภาพของน้ำเสีย

พารามิเตอร์	**วิธีวิเคราะห์**	**จุดเก็บตัวอย่าง**				**ความถี่ในการวิเคราะห์**
		น้ำเข้า	น้ำออก	ถังเติมอากาศ	ถังพักน้ำเสีย	
pH	Online sensor,WTW Co., Ltd	-	-	/	-	ทุก 15 นาที
Temperature		-	-	/	-	ทุก 15 นาที
ORP		-	-	/	-	ทุก 15 นาที
DO	เครื่องมือวัดค่า pH และ DO Model pH/Oxi 340i	-	-	/	-	ทุกวัน
pH		-	-	-	/	ทุกวัน
MLSS*	Gravimetric Method	-	-	/	-	ทุกวัน
COD*	Close reflux, Titrimetric Method	/	/	-	-	ทุกวัน
NO_3-N*	Cadmium Reduction Method	/	/	-	-	ทุกวัน
NO_2-N*	Colorimetric Method	/	/	-	-	ทุกวัน
NH_4^+-N*	Titrimetric Method	/	/	-	-	ทุกวัน
TKN*	Macro-Kjeldahl Method	/	/	-	-	ทุกวัน
SS*	Gravimetric Method	/	/	-	-	ทุกวัน

ที่มา : *APHA, AWWA and WEF (1998)

หมายเหตุ: สัญลักษณ์ (/) คือ ทำการวิเคราะห์ (-) คือ ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

2.1.5 การศึกษาปริมาณของอากาศ

การศึกษาปริมาณของอากาศ (Volume of Air) ที่เติมเข้าไปในระบบของชุดการทดลองแต่ละชุด เพื่อเปรียบเทียบอัตราการประหยัดพลังงานโดยถือว่าพลังงานที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ส่วนใหญ่เป็นพลังงานที่ใช้ในการเติมอากาศ

2.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในการกำจัดสารอินทรีย์และไนโตรเจนในรูปของร้อยละ และนำมาเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์และไนโตรเจนของระบบบำบัดจำลองในแต่ละชุดการทดลอง โดยประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์และไนโตรเจนสามารถหาได้จาก

$$\%\text{Removal} = \frac{(\text{ความเข้มข้นของน้ำเสียก่อนการบำบัด} - \text{ความเข้มข้นของน้ำเสียหลังจากการบำบัด}) \times 100}{\text{ความเข้มข้นของน้ำเสียก่อนการบำบัด}}$$

และเปรียบเทียบอัตราการประหยัดพลังงานจากปริมาณของอากาศ (Volume of Air) ที่เติมเข้าไปในระบบของชุดการทดลองแต่ละชุด โดยใช้ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์ข้อมูล

2.2 วัสดุและอุปกรณ์

2.2.1 วัสดุ

วัสดุที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้นและสารเคมีระดับคุณภาพวิเคราะห์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำตัวอย่าง

2.2.1.1 น้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง

น้ำเสียที่นำมาใช้ในการทดลองเดินระบบบำบัดน้ำเสียจำลอง เป็นน้ำเสียจากบริษัท เฟลเท็กซ์ จำกัด ตั้งอยู่ในตำบลกำแพงเพชร อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา ซึ่งเป็นน้ำเสียหลังผ่านบ่อดักเศษยาง โดยทำการเก็บน้ำเสียสัปดาห์ละ 1 ครั้ง น้ำเสียที่ยังไม่ได้นำมาใช้ต้องนำไปเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส

2.2.1.2 สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการทดลองและการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำ เป็นสารเคมีระดับคุณภาพวิเคราะห์ (ระบุในภาคผนวก ข)

2.2.2 อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมีในห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

2.2.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง

1. ขวดเก็บตัวอย่างพลาสติกขนาด 1 ลิตร
2. แกลลอนพลาสติกขนาด 30 ลิตรสำหรับใส่น้ำเสียมาทดลองในห้องปฏิบัติการ

2.2.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำเสียในห้องปฏิบัติการ

1. UV-VIS Spectrophotometer ผลิตภัณฑ์ Shimadzu รุ่น UV 1601
2. Touch mixer ผลิตภัณฑ์ Fisher Scientific รุ่น 231
3. Reduction Colume
4. เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง ผลิตภัณฑ์ Mettler Toledo รุ่น PB1502
5. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง ผลิตภัณฑ์ Mettler Toledo รุ่น AB 204
6. เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) ผลิตภัณฑ์ของ Wissenschaftlich Technische Werkstatten รุ่น pH 526
7. เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) เครื่องวัดออกซิเจน (DO meter) และเครื่องวัดโออาร์พี (ORP meter) ผลิตภัณฑ์ของ Wissenschaftlich Technische Werkstatten รุ่น pH/Oxi 340i
8. ตู้อบความร้อนแห้ง (Hot air oven) ผลิตภัณฑ์ของ Contherm รุ่น 240M
9. เครื่องกวนชนิดใช้แม่เหล็ก (Magnetic stirrer) และเตาไฟฟ้า (Hot plate) ผลิตภัณฑ์ของFramo-Ger™tetechik รุ่น M 21/1
10. ชุดกรองบุคเนอร์ (Buchner Filter)
11. เครื่องปั๊มดูดสุญญากาศ (Vacuum Pump) ผลิตภัณฑ์ GAST รุ่น 0296
12. ชุดกลั่นแอมโมเนีย (Ammonia Distillation Apparatus) ผลิตภัณฑ์ Gerhardt รุ่น EV 16

13. ตู้ดูดความชื้น (Desiccator) ผลิตภัณฑ์ Sanplatee

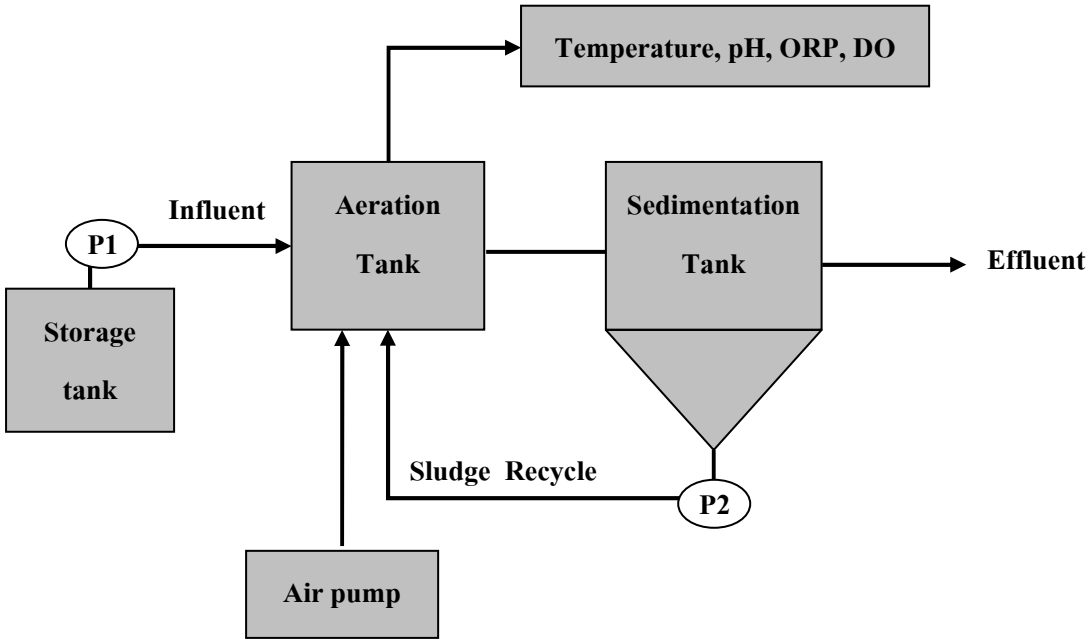
14. เตาย่อยสลายตัวอย่างสำหรับซีโอดีแบบปิด (Heating Blocks) ผลิตภัณฑ์ J.P Selecta รุ่น R.A.T.

15. กระดาษกรอง GF/C ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 47 มิลลิลิตร

16. เครื่องแก้วต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์

2.2.2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ

แบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้



ภาพประกอบที่ 11 แบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ พร้อมระบบควบคุมการทำงาน โดย P1 แทนปั๊มสูบน้ำเสียเข้าระบบ และ P2 แทนปั๊มสูบตะกอนกลับ

ภาพประกอบที่ 12 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์จำลองที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

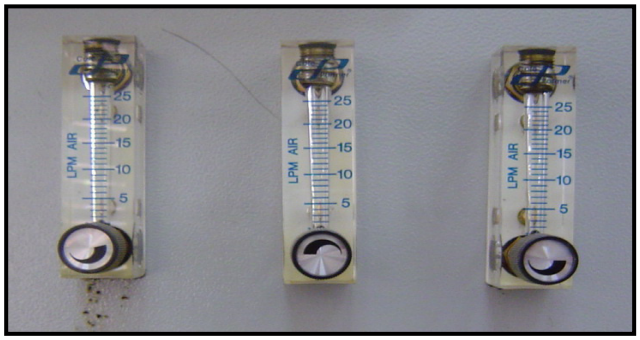
1) ถังเติมอากาศ (Aeration Tank) เป็นถังสแตนเลสทรงกระบอก มีขนาดประมาณ 75 ลิตร สูง 60 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร (ภาพประกอบที่ 12)

2) ถังตกตะกอน (Sedimentation Tank) เป็นถังสแตนเลส มีขนาดประมาณ 140 ลิตร ตัวถังเป็นรูปทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร ส่วนล่างของตัวถังเป็นรูปกรวยซึ่งใช้แยกตะกอนออกจากน้ำใส (ภาพประกอบที่ 12)

3) Peristaltic Pump จำนวน 4 ตัว ซึ่งจะมีปุ่มปรับความเร็วสำหรับปรับอัตราการไหลตามความต้องการ ใช้สำหรับปั๊มน้ำเสียเข้าระบบจำนวน 1 ตัว และใช้ในการสูบตะกอนย้อนกลับ (Return Sludge) 1 ตัว และไว้เป็นปั๊มสำรองจำนวน 2 ตัว ในกรณีฉุกเฉินและเพิ่มประสิทธิภาพอัตราการไหล (ภาพประกอบที่ 13)

ภาพประกอบที่ 13 Peristaltic Pump

3) ระบบการเติมอากาศ จะเติมอากาศ โดยใช้ปั๊มเติมอากาศให้กับน้ำเสียในถังเติมอากาศซึ่งถูกติดตั้งไว้ที่บริเวณก้นบ่อ และมีมิเตอร์วัดปริมาณอากาศ (ภาพประกอบที่ 14) สามารถปรับระดับปริมาณอากาศให้เพิ่มหรือลดได้ (วิธีการควบคุมแสดงไว้ในภาคผนวก ค) โดยสามารถปรับปริมาณอากาศได้ตั้งแต่ 0-25 ลิตรต่อนาที ในแต่ละมิเตอร์



ภาพประกอบที่ 14 มิเตอร์วัดปริมาณอากาศ

4) ถังพักน้ำเสีย (Storage Tank) เป็นถังพลาสติก มีขนาดประมาณ 100 ลิตร สำหรับใส่น้ำเสียก่อนที่จะสูบเข้าสู่ระบบ

5) Aeration Control System by Computer Software ใช้สำหรับความคุมการเติมอากาศตามค่าโออาร์พีที่ต้องการ โดยวิธีการควบคุมการเติมอากาศแสดงไว้ในภาคผนวก ค

ในการควบคุมการเติมอากาศ ระบบการเติมอากาศจะทำการเปิด/ปิด ปั๊มจ่ายอากาศตามค่าโออาร์พีที่ได้ตั้งไว้ โดย

- วาล์วจ่ายอากาศจะเปิดพร้อมกันทั้ง 3 ตัว เมื่อมีค่าโออาร์พีต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้
- วาล์วจ่ายอากาศจะเปิดวาล์ว 1, 2 และปิดวาล์ว 3 เมื่อมีค่าโออาร์พีเท่ากับค่าที่ตั้งไว้
- วาล์วจ่ายอากาศจะเปิดเพียงตัวเดียวเมื่อมีค่าโออาร์พีสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้