บทที่ 3
ระเบียบวิธีการวิจัย

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียปนเปื้อนสีสังเคราะห์จากโรงงานฟอกย้อม โดยใช้เยื่อกรองชีวภาพร่วมกับถ่านกัมมันต์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ชุดถังปฏิกรณ์แสดงไว้ดังภาพที่ 8 เป็นถังสี่เหลี่ยมผืนผ้าผลิตจากอะคริลิกขนาด ความจุ 20 ลิตร ทนต่อสภาพความเป็นกรด ด่าง

2. สีสังเคราะห์ ผลิตภัณฑ์ WINIMEX รุ่น Evercion Red H - E7B

3. เครื่องจ่ายอากาศชนิด aquarium air pump ขนาด 7 L/min ที่เครื่องเติมอากาศมีสายส่งอากาศซึ่งติดตั้งหัวจ่ายอากาศทำหน้าที่ให้อากาศแก่จุลินทรีย์ในถังปฏิกรณ์ รวมถึงช่วยป้องกันการอุดตันของเยื่อกรอง

4. peristaltic pump ผลิตภัณฑ์ Masterflex สูบน้ำที่ผ่านการบำบัดออกจากเยื่อกรองด้วยอัตราการกรอง 20 L/d

5. magnetic drive pump ขนาด 5 L/hr สำหรับสูบน้ำเสียสังเคราะห์จากถังพักน้ำเสียเข้าสู่ถังปฏิกรณ์

6. เยื่อกรองไมโครฟิลเตรชั่น ผลิตภัณฑ์ Toray ชนิดแผ่น (flat sheet) ขนาดรูพรุน 0.08 μm พื้นที่ผิวการกรอง 0.114 m^2 วัสดุเมมเบรนเป็นชนิด “polyvinylidene fluoride” (PVDF) ขนาดของเมมเบรนกว้าง 230 มม. สูง 320 มม. หนา 5 มม. แสดงดังภาพที่ 9

7. ถ่านกัมมันต์ชนิดผง (powder activated carbon, PAC) ผลิตภัณฑ์ pure sorb ขนาดของอนุภาค 200 mesh (%) : 95 min ความชื้น (moisture content) ไม่เกิน 40%

8. น้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลองวิจัยนี้ได้เตรียมให้มีลักษณะใกล้เคียงกับน้ำเสียโรงงานฟอกย้อม โดยคุณสมบัติต่าง ๆ ของน้ำเสียโรงงานฟอกย้อม แสดงตามตารางที่ 4 และมีการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์มีค่า COD* เท่ากับ 400 mg/L ซึ่งส่วนประกอบของน้ำเสียสังเคราะห์มีการเติมสารเคมี โดยอ้างอิงสัดส่วนมาจาก วีระพงษ์ แซ่โง้ว (2545 : 44) แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 4 คุณสมบัติต่าง ๆ ของน้ำเสียโรงงานฟอกย้อม

พารามิเตอร์	มีค่าอยู่ในช่วง (mg/L)
COD	229 - 476
BOD	89.3 - 202
SS	24 - 55
pH	7.95 - 9.76
สี	17.8 – 379

ที่มา: Thirdpong Srisukphun. 2009 : 50

การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์จะเตรียมครั้งละประมาณ 120 ลิตร ซึ่งสามารถใช้ได้ประมาณ 3 วันต่อถังปฏิกรณ์ 1 ชุด

ตารางที่ 5 ส่วนประกอบของน้ำเสียสังเคราะห์

ส่วนเคมี	ความเข้มข้น (g/L)
สีย้อม*	0.04
NaCl	2
Glucose*	0.375
Urea*	0.023
$FeCl_2$*	0.0007
$NaHCO_3$*	0.135
KH_2PO_4*	0.011
$MgSO_4.7H_2O$*	0.0085

ภาพที่ 8 ชุดถังปฏิกรณ์

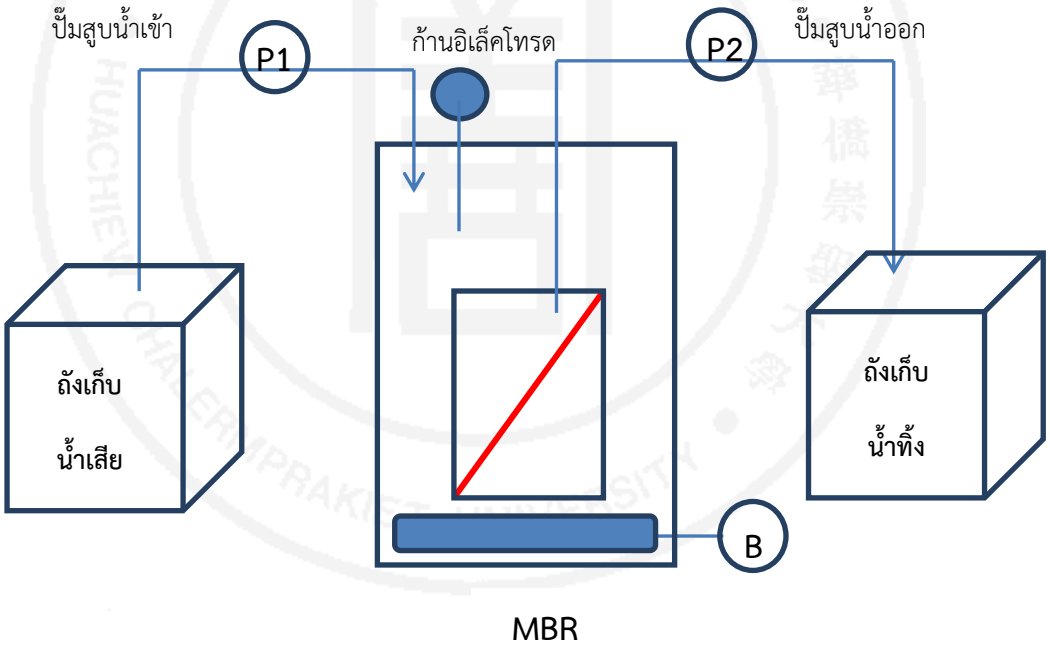
ภาพที่ 9 เยื่อกรองชีวภาพ

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การควบคุมการทำงาน

จากภาพที่ 10 แสดงขั้นตอนการควบคุมการทำงาน โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมไว้ในถังเก็บน้ำเสีย ปั๊มสูบน้ำเข้า (P1) จะถูกก้านอิเล็คโทรดสั่งให้สูบน้ำเสียเข้าในถังปฏิกรณ์โดยก้านอิเล็คโทรดจะถูกตั้งไว้ให้รักษาระดับน้ำในถังให้เหมาะสมเมื่อระดับน้ำอยู่เกินระดับที่กำหนดไว้เครื่องสูบน้ำจะหยุดทำงาน ซึ่งในถังปฏิกรณ์จะมีการเติมอากาศโดยใช้ aquarium air pump (B) ต่อสายส่งเป็นสายยางติดตั้งในถังปฏิกรณ์ใต้ผ่านเมมเบรนและมีหัวจ่ายอากาศ ควบคุมค่าออกซิเจนละลายในน้ำไม่ต่ำกว่า 2 mg/L สูบน้ำใสออกโดยใช้ปั๊มสูบน้ำออก peristaltic pump (P2) ควบคุมอัตราการกรอง 20 L/d

ภาพที่ 10 ชุดการทดลองระบบเยื่อกรองชีวภาพร่วมกับถ่านกัมมันต์



3.2.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. ขั้นตอนการเตรียมระบบ

ใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์โดยนำตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียของบริษัทโกลบอลยูทิลิตี้ เซอร์วิส จำกัด ใส่ลงไปในถังปฏิกรณ์

2. การเลี้ยงเชื้อในถังปฏิกรณ์

เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ลงในถังปฏิกรณ์และเติมน้ำเสียสังเคราะห์ลงในถังให้ได้ปริมาตร 20 L แล้วเติมอากาศอย่างเดียว ควบคุมปริมาณออกซิเจนให้มีค่าไม่ต่ำกว่า 2 mg/L เติมอากาศอย่างเดียวประมาณ 2 วัน โดยยังไม่สูบน้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบเพื่อให้เชื้อปรับสภาพให้เข้ากับน้ำเสียสังเคราะห์ก่อน หลังจากนั้นเริ่มจ่ายน้ำเสียสังเคราะห์เข้าสู่ถังปฏิกรณ์ในวันที่ 3 เดินระบบบำบัดอย่างต่อเนื่องและเดินระบบไปจนกระทั่งระบบอยู่ในสภาวะคงตัว (steady state) คือ พารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ทำการตรวจวิเคราะห์คงที่ไม่เปลี่ยนแปลง โดยควบคุมอัตราการสูบน้ำใสให้คงที่ (constant flux) ผ่านเมมเบรนด้วยอัตราการกรอง 20 L/d ที่ HRT 24 ชั่วโมงทำการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของระบบ โดยเก็บตัวอย่างน้ำเข้าที่ถังเก็บน้ำเสีย น้ำออกที่ถังเก็บน้ำทิ้งและปริมาณตะกอนจุลินทรีย์เก็บตัวอย่างภายในถังปฏิกรณ์ ดังแสดงตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6 รายละเอียดพารามิเตอร์ที่ทำการตรวจวิเคราะห์น้ำเข้า

พารามิเตอร์	ตำแหน่งเก็บตัวอย่าง	ความถี่ในการเก็บตัวอย่าง (วัน/สัปดาห์)	วิธีการวิเคราะห์
pH[1]	Influent/Effluent/Reactor	3	Electronic pH Meter
BOD[1]	Influent/Effluent	1	Azide Modification of Iodometric Method
COD[1]	Influent/Effluent	3	Closed Reflux
SS[1]	Influent/Effluent	3	Dried at 103-105°C
Color	Influent/Effluent	3	Spectrophotometer
EC	Influent/Effluent/Reactor	3	EC Meter
TDS[1]	Influent/Effluent	3	Dried at 103-105°C

ที่มา: [1]Standard method for examination of water and wastewater 20th Edition APHA. 1998

3. ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 6 ชุดการทดลอง ดังนี้

1) ชุดการทดลองที่ 1 ไม่เติมถ่านกัมมันต์เดินระบบอย่างต่อเนื่องทุกวันนำน้ำเสียในถังเก็บน้ำเสียและน้ำทิ้งที่สูบออกไปวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 6

2) ชุดการทดลองที่ 2 เติมถ่านกัมมันต์เท่ากับ 1,000 mg/L เดินอย่างต่อเนื่องทุกวัน นำน้ำเสียในถังเก็บน้ำเสียและน้ำทิ้งที่สูบออกไปวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 6

3) ชุดการทดลองที่ 3 เติมถ่านกัมมันต์เท่ากับ 2,000 mg/L เดินระบบอย่างต่อเนื่องทุกวัน นำน้ำเสียในถังเก็บน้ำเสียและน้ำทิ้งที่สูบออกไปวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 6

4) ชุดการทดลองที่ 4 เติมถ่านกัมมันต์เริ่มต้นเท่ากับ 2,000 mg/L เดินระบบอย่างต่อเนื่องทุกวันเป็นเวลา 100 วัน หลังจากนั้นทำการระบายตะกอนส่วนเกินออกปริมาณ 0.2 L/d และเติมถ่านกัมมันต์ 0.4 g/d นำน้ำเสียในถังเก็บน้ำเสียและน้ำทิ้งที่สูบออกไปวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 6

5) ชุดการทดลองที่ 5 เติมถ่านกัมมันต์เริ่มต้นเท่ากับ 2,000 mg/L เดินระบบอย่างต่อเนื่องทุกวันเป็นเวลา 50 วัน หลังจากนั้นทำการระบายตะกอนส่วนเกินออกปริมาณ 0.4 L/d และเติมถ่านกัมมันต์ 0.8 g/d นำน้ำเสียในถังเก็บน้ำเสียและน้ำทิ้งที่สูบออกไปวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 6

6) ชุดการทดลองที่ 6 เติมถ่านกัมมันต์เริ่มต้นเท่ากับ 2,000 mg/L เดินระบบอย่างต่อเนื่องทุกวันเป็นเวลา 25 วัน หลังจากนั้นทำการระบายตะกอนส่วนเกินออกปริมาณ 0.8 L/d และเติมถ่านกัมมันต์ 1.6 g/d นำน้ำเสียในถังเก็บน้ำเสียและน้ำทิ้งที่สูบออกไปวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 6

ชุดการทดลองทั้ง 6 สรุปรายละเอียดได้ตามตารางที่ 7

ซึ่งมีสมการคำนวณค่าอายุตะกอนและปริมาณตะกอนที่ทิ้งออกจากระบบ ดังนี้

$$\theta_C = V/Q_w$$

หรือ

$$Q_w = V/\theta_C$$

โดยที่ θ_C = ค่าอายุตะกอน (วัน)

V = ขนาดของถังปฏิกรณ์ (ลิตร)

Q_w = ปริมาณตะกอนที่ทิ้งออกจากระบบ (L/d)

ตารางที่ 7 ชุดการทดลอง

การทดลอง	MLVSS (mg/L)	ปริมาณ PAC (mg/L)	PAC age (d)	Qw (L/d)	PAC dose (g/d)	หมายเหตุ
1	-	-	-	-	-	ศึกษาประสิทธิภาพของ MBR
2	-	1,000	-	-	-	ศึกษาประสิทธิภาพ MBR - PAC แบบเติมครั้งเดียว
3	-	2,000	-	-	-	ศึกษาประสิทธิภาพ MBR - PAC แบบเติมครั้งเดียว
4	-	2,000	100	0.2	0.4	ศึกษาประสิทธิภาพ MBR - PAC แบบเติมต่อเนื่อง
5	5,000	2,000	50	0.4	0.8	ศึกษาประสิทธิภาพ MBR - PAC แบบเติมต่อเนื่อง
6	5,000	2,000	25	0.8	1.6	ศึกษาประสิทธิภาพ MBR - PAC แบบเติมเนื่อง

3.3 การดูแลรักษาระบบ

1. การทำความสะอาดเครื่องมือและอุปกรณ์

ทำความสะอาดและตรวจสอบเครื่องสูบน้ำ เครื่องเติมอากาศและอุปกรณ์อื่น ๆ ก่อนและหลังใช้งานทุกครั้ง เมื่อพบความผิดปกติให้ทำการแก้ไขก่อนเดินระบบ

2. การทำความสะอาดเมมเบรน

ทำความสะอาดเมมเบรนด้วยสารเคมี โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮโปรคลอไรด์ (NaOCl) เข้มข้น 0.5% ในอัตรา 3.8 L/m^2 ระยะเวลาทำความสะอาด 2 ชั่วโมง และจะต้องทำความสะอาดเมมเบรนทุกครั้งที่เปลี่ยนการทดลอง

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าร้อยละ

3.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ตารางที่ 8 ระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย

ลำดับ	กิจกรรม	พ.ศ. 2556							พ.ศ. 2557						
		มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.
1	เสนอขออนุมัติหัวข้อวิทยานิพนธ์	←	—	→											
2	รวบรวม ค้นคว้าและศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จัดทำเค้าโครงวิทยานิพนธ์	←	—	—	→										
3	ศึกษาและจัดเตรียมอุปกรณ์ในการวิจัย			←	—	→									
4	สอบเค้าโครงวิทยานิพนธ์				←	→									
5	ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล						←	—	—	—	—	—	—	—	→

ตารางที่ 8 (ต่อ)

ลำดับ	กิจกรรม	พ.ศ.2557					พ.ศ.2558							
		ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.
6	รวบรวม ประเมินผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง	←	—	—	—	→								
7	สรุปและเขียนงานวิจัย				←	—	—	—	—	—	→			

3.6 ข้อจำกัดของการวิจัย

1. ในการทดลองนี้ได้ใช้น้ำเสียสังเคราะห์โรงงานฟอกย้อมซึ่งส่วนประกอบของน้ำเสียสังเคราะห์มีการเติมสารเคมีโดยอ้างอิงสัดส่วนจาก (วีระพงษ์ แซ่โง้ว. 2545)

2. ในการทดลองนี้ใช้น้ำเสียสังเคราะห์เนื่องจากการเดินระบบเป็นแบบต่อเนื่องจำเป็นต้องใช้น้ำเสียบ่อย ผู้วิจัยไม่สามารถเก็บน้ำเสียจริงไว้ได้นาน ๆ เพราะจะทำให้คุณสมบัติต่าง ๆ ของน้ำเสียมีค่าไม่คงที่