บทที่ 2
วิธีการวิจัย

1. วิธีการทดลอง

ประสิทธิภาพและปริมาณเพอมิเอทฟลักซ์ ในการกรองตะกอนจุลินทรีย์ของน้ำเสียด้วยเมมเบรนไมโครฟิลเตรชันแบบการไหลขวางจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายปัจจัย เนื่องจากในกระบวนการกรองนี้จะอาศัยไฮโดรไดนามิกในการกรอง เพื่อให้ได้ปริมาณและประสิทธิภาพตามต้องการ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องรู้ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพและปริมาณเพอมิเอทฟลักซ์ในการกรอง เช่น ความดัน อัตราการไหล ความเข้มข้นของสารป้อน และขนาดรูพรุนของเมมเบรน ดังนั้นในการหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยต่างๆ ข้างต้นจึงออกแบบวิธีการทดลองดังต่อไปนี้

1.1 การเตรียมน้ำเสียและวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

นำน้ำเสียของบ่อเติมอากาศในระบบบำบัดแบบตะกอนเร่งโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งไปทำการวัดขนาดอนุภาคด้วยเครื่อง Particle size analyzer เพื่อนำมาเลือกขนาดรูพรุนของเมมเบรนเพื่อใช้ในการทดลอง โดยการเลือกขนาดเมมเบรนที่เหมาะสมสำหรับอนุภาคที่ใช้ในการกรองดังสมการ (10)

$$\text{ขนาดรูพรุนของเมมเบรน} = (1/10) \times D_p \qquad (10)$$

เมื่อ D_p = Particle Diameter (Micron)

1.2 ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดตะกอนในน้ำเสีย ด้วยกระบวนการกรองไมโครฟิลเตรชันด้วยระบบการกรองแบบการไหลขวาง

1.2.1 ศึกษาผลของพารามิเตอร์ต่อเพอมิเอทฟลักซ์

ทำการศึกษาผลของปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ความดัน อัตราการไหลของสารละลาย ความเข้มข้นของสารป้อน และขนาดของรูพรุนของเมมเบรน โดยใช้โปรแกรม Response Surface Method (RSM) ในการออกแบบการทดลองโดยทำการศึกษาที่ความดัน 5 10 และ 15 psi อัตราการไหลของสารละลาย 1.25 1.5 และ 1.75 Lpm ความเข้มข้นของสารป้อน 1,500 2,500 และ 3,500 mg/l และขนาดของเมมเบรนที่ 0.1 1.2 และ 5 micron ต่อค่าเพอมิเอทฟลักซ์ และหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ กับค่าเพอมิเอทฟลักซ์ในรูปของสมการโดยใช้โปรแกรม RSM (Response Surface Method) เพื่อหาสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นโดยตัดสินจากค่าสัมประสิทธิความถดถอย

(Linear Regression Coefficient) ให้ค่า R^2 ใกล้เคียง 1 หากค่า R^2 มีค่าใกล้เคียง 1 หมายถึงสมการความสัมพันธ์สำหรับปัจจัยหรือตัวแปรต่างๆ มีความแม่นยำสูง ซึ่งการทดลองที่ได้ออกแบบมาแสดงดังตาราง 10

ตาราง 10 การออกแบบการทดลองโดย Response Surface Method โปรแกรม

ความเข้มข้นของสารป้อน (mg/l)	ขนาดของเมมเบรน (micron)	ความดัน (psi)	อัตราการไหลของสารป้อน (Lpm)
3500	5	5	1.25
1500	0.1	15	1.25
2500	1.2	10	1.5
3500	0.1	5	1.25
3500	0.1	15	1.25
3500	5	15	1.25
1500	0.1	5	1.25
1500	5	15	1.25
3500	0.1	15	1.75
3500	0.1	5	1.75
3500	5	15	1.75
1500	5	15	1.75
1500	0.1	15	1.75
1500	5	5	1.25
1500	0.1	5	1.75
3500	5	5	1.75
1500	5	5	1.75

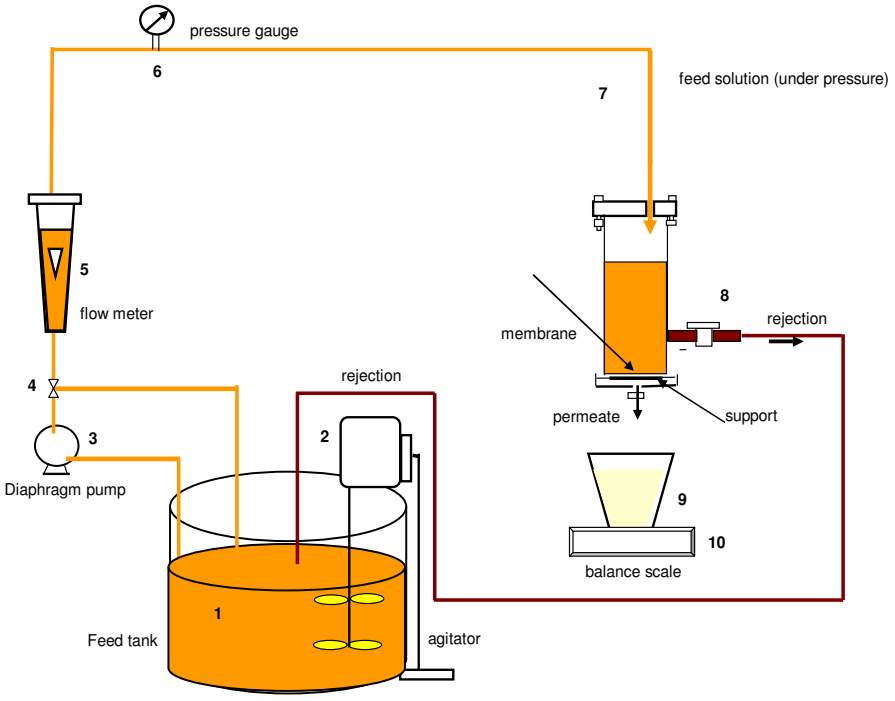
1.2.2 ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดตะกอนด้วยกระบวนการไมโครฟิลเตรชันด้วยระบบการกรองแบบการไหลขวาง โดยทำการวัดลักษณะสมบัติเพื่อหาประสิทธิภาพในการ

กำจัดตะกอนโดยวัดจากค่า Chemical Oxygen Demand (COD) และค่าสารแขวนลอย (Suspended Solid)

1.2.3 ศึกษาและวิเคราะห์หารูปแบบของการอุดตันในการกรอง เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆโดยใช้โมเดลของ Hermia (1992) ในการหาความสัมพันธ์สำหรับรูปแบบการอุดตันในการกรองและทำการยืนยันผลด้วยการตรวจวัด SEM (Scanning Electron Microscope) เพื่อกำหนดวิธีการล้างหรือการทำความสะอาดเมมเบรน

1.2.4 ศึกษาค่าความต้านทานเมมเบรน (Membrane resistance, R_m) โดยการหาค่าฟลักซ์ของน้ำกลั่นที่ความดันต่างๆสำหรับเมมเบรนแต่ละขนาดโดยใช้สมการของ Darcy's Law หลังจากนั้นนำผลของเพอมิเอทฟลักซ์ที่ได้จากการทดลองไปใช้ในการทำนายค่าเพอมิเอทฟลักซ์ ที่ transmembrane pressure ใดๆ ของระบบที่ศึกษา

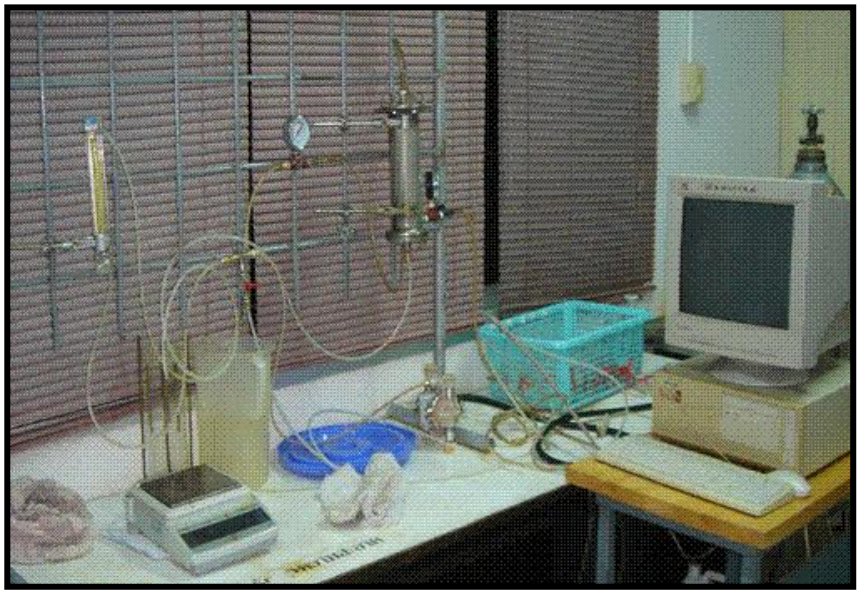
2. การออกแบบชุดอุปกรณ์การทดลองสำหรับการกรองไมโครฟิลเตรชันแบบการไหลขวาง



ภาพประกอบ 20 การออกแบบระบบการกรองไมโครฟิลเตรชันแบบการไหลขวาง

เป็นระบบการกรองไมโครฟิลเตรชันแบบการไหลขวาง ซึ่งใช้เมมเบรนสังเคราะห์แบบแผ่น โดยน้ำเสียจะถูกป้อนเข้าทางด้านสารป้อน และไหลผ่านผิวหน้าเมมเบรน แผนผังการจัดอุปกรณ์แสดงดังภาพประกอบ 20 มีลักษณะการทำงานดังนี้คือ ปั๊ม (3) จะดูดน้ำเสียจากถังป้อน (1) ผ่านเครื่องวัดอัตราการไหลสารละลายป้อน (5) และเกจวัดความดัน (6) เข้าสู่หน่วยของเมมเบรนสังเคราะห์ (7) รีเทนเททจะไหลผ่านวาล์วควบคุมความดัน (8) กลับสู่ถังป้อน เพอมิเอทที่ผ่านเมมเบรนจะไหลเข้าสู่บีกเกอร์ (9) และชั่งน้ำหนักโดยเครื่องชั่งละเอียด METTLER TOLEDO (10) ในการปรับความดันและอัตราการไหลสารละลายป้อนของน้ำเสีย สามารถทำได้โดยปรับวาล์วควบคุมความดัน (4 และ 8) และปรับความเร็วของปั๊มพร้อมๆ กัน

ได้ทำการติดตั้งชุดอุปกรณ์การทดลองสำหรับการกรองไมโครฟิลเตรชันแบบการไหลขวางที่ได้ออกแบบไว้ดังภาพประกอบ 21



ภาพประกอบ 21 ระบบการกรองไมโครฟิลเตรชันแบบการไหลขวาง

3. วัสดุ

3.1 สารเคมี

3.1.1 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ซีโอดี (COD)

- โพแทสเซียมไดโครเมต (99.5%, Merck, Germany)
- ซิลเวอร์ซัลเฟต (BDH, England)
- กรดซัลฟิวริก (AR grade, 96%, Lab scan, Thailand)
- ไอร์ออน (II) ซัลเฟตเฮปต้าไฮเดรต (AR grade, UNIVAR,

Australia)

- เมอร์คิวรี (II) ซัลเฟต (99.5%, Merck, Germany)
- 1,10 ฟีแนนโทรลีนโมโนไฮเดรต (99.5%,Merck,Germany)
- ไอร์ออน (II) แอมโมเนียมซัลเฟต (AR grade, UNIVAR, Australia)

3.2 น้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง

- น้ำเสียรวมจากบ่อเติมอากาศของระบบตะกอนเร่งของโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง

4. เครื่องมือและอุปกรณ์

4.1 เครื่องชั่งแบบละเอียด 0.01 กรัม รุ่น PG5002-5 ยี่ห้อ METTLER TOLEDO

4.2 โถดูดความชื้น

4.3 กระดาษกรอง GF/C ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 70 mm

4.4 เครื่องวิเคราะห์ขนาดอนุภาค ยี่ห้อ MALVERN

4.5 ปั๊มไดอะแฟรม ยี่ห้อ Wilden

4.6 อุปกรณ์วัดอัตราการไหล ยี่ห้อ TOKYO KEISO (0.25 – 2.5 Lpm)

4.7 เซลลูโลสไนเตรทเมมเบรน ขนาด 0.1 1.2 และ 5 ไมครอน ยี่ห้อ Whatman

4.8 นาฬิกาจับเวลา ยี่ห้อ CASIO

4.9 อุปกรณ์วัดความดัน ยี่ห้อ SUMO (0-60 psi)

4.10 เครื่องกวน ยี่ห้อ MALDON

4.11 ถังพลาสติกความจุ 30 ลิตร

4.12 ปั๊มลม

4.13 ตู้อบ ยี่ห้อ memmert

4.14 ขวดพลาสติก (สำหรับเก็บน้ำตัวอย่าง)

4.15 ขวดเออร์แลนเมเยอร์