บทที่ 3

วิธีการดำเนินการศึกษา

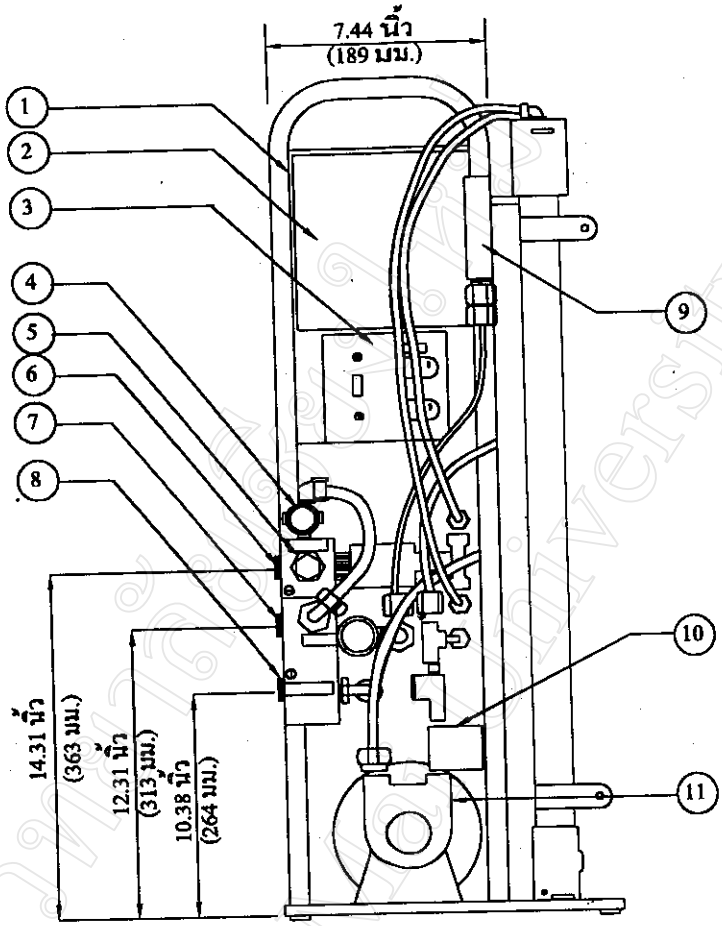
3.1 แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาเป็นแบบจำลอง ยี่ห้อออสโมนิค (Osmonics) รุ่น OSMO 12E ECONOPURES มีรายละเอียดข้อมูลด้านเทคนิคตามตารางที่ 3.1 และรายละเอียดองค์ประกอบทั่วไปดังแสดงใน รูปที่ 3.1 (ก) และ รูปที่ 3.1 (ข) ในการศึกษาได้ติดตั้งเครื่องมือ อุปกรณ์ และแบบจำลอง ตามรูปที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดแบบจำลอง OSMO 12E ECONOPURES และเมมเบรน

ที่มา : Protechnology.,Osmonics OSMO ECONOPURES Operating & Maintenance Manual., 1991

รายการ	รายละเอียด
เครื่องสูบน้ำ	อัตราการสูบ 80 แกลลอนต่อชั่วโมง
มอเตอร์	0.25 แรงม้า , 115 โวล์ท 60 เฮิร์ท
ขนาดแบบจำลอง (Sizing)	กว้าง 13 นิ้ว ลึก 11 นิ้ว สูง 30 นิ้ว
รูปแบบเมมเบรน	ม้วนรูปก้นหอย
รุ่นเมมเบรน	HR
พื้นที่ผิวต่อหน่วยเมมเบรน	12 ตร.ฟ. (1.08 ตร.ม.)
การกำจัดเกลือ (Salt Removal)	ร้อยละ 90 ถึง 98 ของแข็งละลายน้ำ
การกำจัดสารอินทรีย์ มวลโมเลกุลมากกว่า 200	มากกว่าร้อยละ 99
อัตราการผลิตน้ำบริสุทธิ์	4.3 แกลลอนต่อชั่วโมง (16 ล./ชม.)

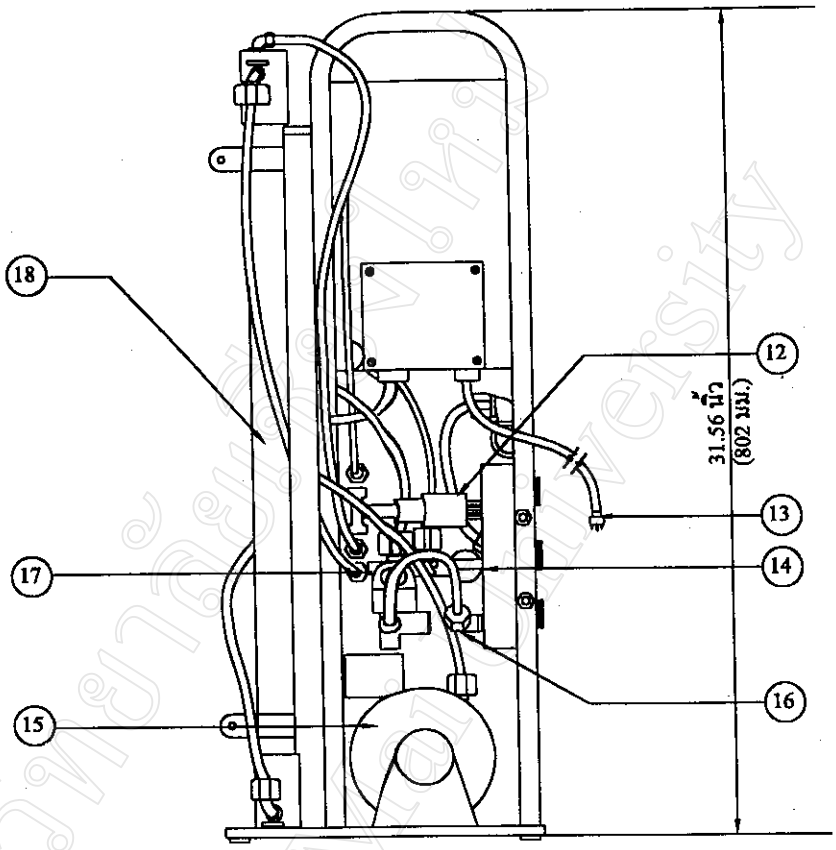


รายละเอียดองค์ประกอบทั่วไปของแบบจำลอง

เลขที่	รายการ	เลขที่	รายการ
1	Frame	10	Thermal Switch & Shrink Tubing
2	Serial Plate	11	Pump
3	Electrical Assembly	12	Ball Check Valve
4	Relief Valve	13	Cord Set
5	Manfold	14	Concentrate Valve
6	Permeate outlet 1/4" FPT	15	Motor
7	Concentrate Outlet 3/8" FPT	16	Strainer
8	Inlet 3.8" FPT	17	Solenoid Valve
9	Pressure Gauge	18	Sepralator Housing(s)

รูปที่ 3.1 (ก) รายละเอียดแบบจำลอง OSMO 12E ECONOPURES

ที่มา : Protechnology., Osmonics OSMO ECONOPURE Operating & Maintenance Manual.(1991)



รายละเอียดองค์ประกอบทั่วไปของแบบจำลอง

เลขที่	รายการ	เลขที่	รายการ
1	Frame	10	Thermal Switch & Shrink Tubing
2	Serial Plate	11	Pump
3	Electrical Assembly	12	Ball Check Valve
4	Relief Valve	13	Cord Set
5	Manfold	14	Concentrate Valve
6	Permeate outlet 1/4" FPT	15	Motor
7	Concentrate Outlet 3/8" FPT	16	Strainer
8	Inlet 3.8" FPT	17	Solenoid Valve
9	Pressure Gauge	18	Sepralator Housing(s)

รูปที่ 3.1 (ข) รายละเอียดแบบจำลอง OSMO 12E ECONOPURES

ที่มา : Protechnology., Osmonics OSMO ECONOPURE Operating & Maintenance Manual.(1991)

รูปที่ 3.2 ภาพถ่ายแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

3.2 การเตรียมน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

น้ำชะมูลฝอยที่เกิดจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครเชียงใหม่ ได้เก็บตัวอย่างแบบเฉพาะ (Grab Sample) จำนวน 6 ตัวอย่าง ในช่วงเดือน กรกฎาคม 2541 ถึง สิงหาคม 2541 มาวิเคราะห์ในเบื้องต้นมีลักษณะสมบัติตามตารางที่ 3.2 การเตรียมน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา เตรียมโดยใช้น้ำชะมูลฝอยที่เกิดจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครเชียงใหม่ มาเจือจางด้วยน้ำประปา และกรองด้วยชุดกรองน้ำ (Prefilter Cartridge) ที่ติดตั้งไส้กรอง ขนาดความละเอียด 5 ไมครอน ยี่ห้อ Hytrex 5 micron กำหนดความเข้มข้นน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างในการศึกษาเป็น 2 กรณี คือ กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ทำการเจือจางน้ำชะมูลฝอยจากพื้นที่ฝังกลบให้มีค่า ซีโอดี อยู่ในช่วง 500 ถึง 1,000 มก./ล. และกรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ทำการเจือจางน้ำชะมูลฝอยจากพื้นที่ฝังกลบ ให้มีค่า ซีโอดี อยู่ในช่วงมากกว่า 1,000 ถึง 3,000 มก./ล. ในรูปที่ 3.3 แสดงลักษณะน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างเข้มข้น เปรียบเทียบกับน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน ที่เก็บตัวอย่างในช่วงเวลาเดียวกัน

รูปที่ 3.3 ลักษณะน้ำตัวอย่างเข้มข้น เปรียบเทียบกับน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน ที่เก็บตัวอย่างในช่วงเวลาเดียวกัน

ตารางที่ 3.2 ลักษณะสมบัติของน้ำชะมูลฝอยจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครเชียงใหม่ ช่วงเดือนกรกฎาคม 2541 ถึงสิงหาคม 2541 โดยเก็บตัวอย่างแบบเฉพาะจำนวน 6 ตัวอย่าง

พารามิเตอร์	หน่วย	พิสัย
พีเอช	-	7.0-8.0
ปริมาณของแข็งรวม	มก./ล.	15,000-20,000
ปริมาณของแข็งแขวนลอย	มก./ล.	300-800
ซีโอดี	มก./ล.	3,500-8,000
เจดาลไนโตรเจน	มก./ล.	1,700-1,800
แอมโมเนียไนโตรเจน	มก./ล.	1,300-1,600
อินทรีย์ไนโตรเจน	มก./ล.	100-500
ความกระด้างรวม	มก./ล. แคลเซียมคาร์บอเนต	2,000-4,500
ความกระด้างแคลเซียม	มก./ล. แคลเซียมคาร์บอเนต	500-1,500
ความกระด้างแมกนีเซียม	มก./ล. แคลเซียมคาร์บอเนต	1,500-3,000
ความเป็นด่างรวม	มก./ล. แคลเซียมคาร์บอเนต	7,500-8,000
คลอไรด์	มก./ล.	4,500-5,000
ค่าการนำไฟฟ้า	(mS./cm.)	20.0-30.0
ไนไตรทไนโตรเจน	มก./ล.	5-10
ไนเตรทไนโตรเจน	มก./ล.	40-60

3.3 การดำเนินการศึกษา

3.3.1 การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสารประกอบอินทรีย์ ของกระบวนการรีเวอร์สออสโมซีส กับเมมเบรนแบบม้วนรูปก้นหอย

การศึกษาได้ติดตั้งเครื่องมือ อุปกรณ์ แบบจำลอง และดำเนินการศึกษาตามรูปที่ 3.4 กำหนดใช้ ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการที่แตกต่างกัน 4 ค่า คือ ความดันควบคุมที่ 40 , 80 120 และ 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว ทำการทดลองกับน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ และน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง โดยการทดลองจะแยกเป็นกรณีศึกษา ตามเงื่อนไขที่แสดงไว้ในตารางที่ 3.3 ระยะเวลาดำเนินระบบแต่ละการทดลองรวม 180 นาที เก็บตัวอย่างน้ำพร้อมวัดอัตราการไหลของน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน (Permeate) และน้ำตัวอย่างเข้มข้น (Concentrate) ที่อยู่ในระบบในช่วงเวลาเดียวกัน ทุก 30 นาที จนครบ 180 นาที เป็นเสร็จสิ้นการทดลองแต่ละครั้ง หลังจากเสร็จสิ้นแต่ละการทดลองจะทำความสะอาดเมมเบรน โดยเดินเครื่องระบบปฏิบัติการกับน้ำประปาเป็นเวลา 30 นาที เพื่อทำความสะอาดเมมเบรนและเตรียมการทดลองครั้งต่อไป

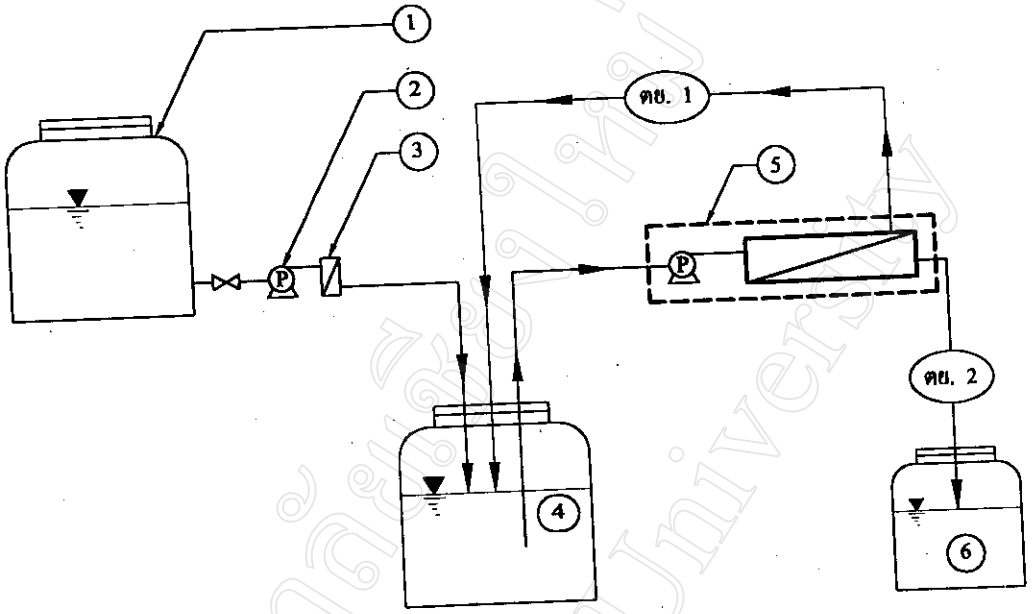
ตารางที่ 3.3 รายละเอียด เงื่อนไขการทดลอง เพื่อศึกษาผลของความดันควบคุมระบบปฏิบัติการที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดสารประกอบอินทรีย์

กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่าง	ความดันควบคุมระบบปฏิบัติการ (ปอนด์/ตร.นิ้ว)			
	40	80	120	160
ความเข้มข้นสูง	✓	✓	✓	✓
ความเข้มข้นต่ำ	✓	✓	✓	✓
หมายเหตุ : - การทดลองแต่ละครั้งใช้ระยะเวลาดำเนินระบบปฏิบัติการรวม 180 นาที				
- การเก็บตัวอย่างน้ำ และวัดอัตราการไหล ดำเนินการทุก 30 นาที จนครบ 180 นาที				

น้ำตัวอย่างที่ได้นำไปวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตามวิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ Standard Methods (APHA, AWWA, WEF, 1992) ดังตารางที่ 3.4 รวมทั้งสิ้น 19 พารามิเตอร์ ได้แก่ อัตราการไหล พีเอช ซีโอดี ของแข็งรวม ของแข็งแขวนลอย ของแข็งละลายน้ำ สี ฟอสฟอรัสรวม เจดาลไนโตรเจน แอมโมเนียไนโตรเจน อินทรีย์ไนโตรเจน ไนไตรทไนโตรเจน ไนเตรทไนโตรเจน การนำไฟฟ้า คลอไรด์ ความเป็นด่างรวม ความกระด้างรวม ความกระด้างแคลเซียม และความกระด้างแมกนีเซียม นำข้อมูลที่ได้ไปหาประสิทธิภาพการกำจัด โดยเทียบความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ในน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน กับความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น ที่เก็บตัวอย่างในช่วงเวลาเดียวกัน ในรูปของร้อยละการกำจัด

ตารางที่ 3.4 พารามิเตอร์ และวิธีการวิเคราะห์

ลำดับ	พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์
1	อัตราการไหล	เทียบปริมาตรกับเวลา
2	พีเอช	pH meter ยี่ห้อ HORIBA รุ่น D-13E
3	ซีโอดี	Dichromate Open Reflux Method
4	ปริมาณของแข็งรวม	Total Solids Dried at 103-105 °C
5	ปริมาณของแข็งแขวนลอย	Total Suspended Solids Dried at 103-105 °C
6	ปริมาณของแข็งละลายน้ำ	Calculation
7	สี	Visual Comparison Method
8	ฟอสฟอรัสรวม	Acid Digestion and Ascorbic Acid Method
9	เจดาลไนโตรเจน	Kjeldahl Method
10	แอมโมเนียไนโตรเจน	Distillation and Titrimetric Method
11	อินทรีย์ไนโตรเจน	Calculation
12	ไนไตรทไนโตรเจน	Colorimetric Method
13	ไนเตรทไนโตรเจน	Hydrazine Method
14	การนำไฟฟ้า	Conduct meter ยี่ห้อ Schott G. M. รุ่น handylab LF1
15	คลอไรด์	Mercuric Nitrate Method
16	ความเป็นด่างรวม	Titration Method
17	ความกระด้างรวม	EDTA Titrimetric Method
18	ความกระด้างแคลเซียม	EDTA Titrimetric Method
19	ความกระด้างแมกนีเซียม	Calculation



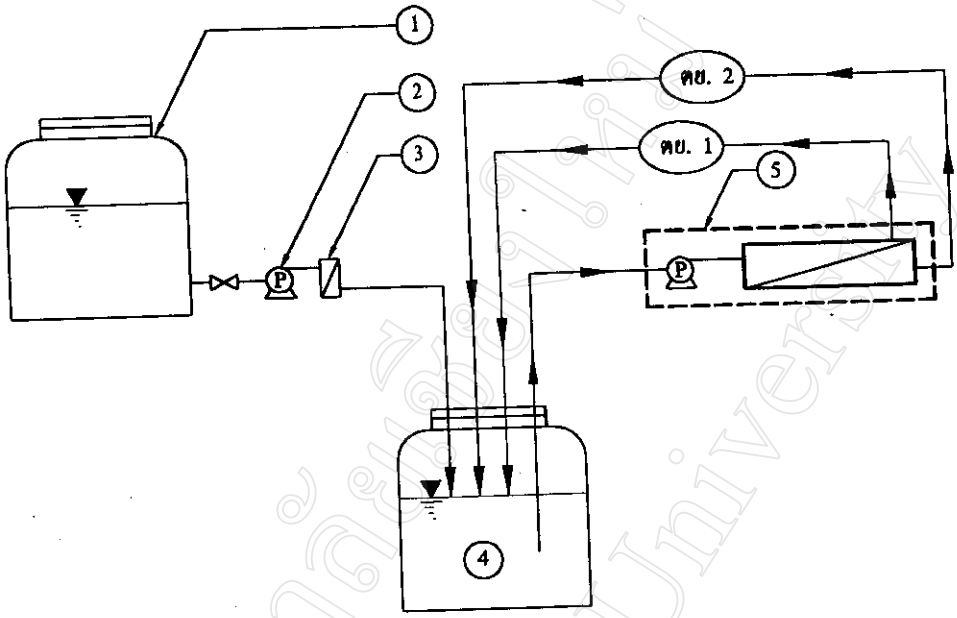
สัญลักษณ์	รายละเอียด
1	ถังเก็บน้ำขนาด 200 ลิตร ใช้เตรียมน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างในแต่ละการทดลอง
2	เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง ยี่ห้อ CALPEDA รุ่น NTM 61
3	ชุดเครื่องกรองน้ำ ติดตั้งไส้กรองขนาดความละเอียด 5 ไมครอน ยี่ห้อ HYTREX-5 micron
4	ถังเก็บน้ำขนาด 200 ลิตร ใช้พักน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างในแต่ละการทดลอง
5	แบบจำลองออสโมนิค
6	ถังเก็บน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน ขนาด 100 ลิตร
ตย. 1	น้ำตัวอย่างเข้มข้นที่หมุนเวียนในระบบ
ตย. 2	น้ำแพร่ผ่านเมมเบรน ช่วงเวลาเดียวกันกับการเก็บตัวอย่างน้ำตัวอย่างเข้มข้น

รูปที่ 3.4 การติดตั้งเครื่องมือ อุปกรณ์ แบบจำลอง และจุดเก็บน้ำตัวอย่าง

3.3.2 การศึกษาถึงผลของความดันควบคุมระบบปฏิบัติการ ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัด และค่าคงที่ สำหรับการเคลื่อนที่ของตัวทำละลาย (น้ำ)

การศึกษาได้ติดตั้งเครื่องมือ อุปกรณ์ แบบจำลอง และดำเนินการศึกษาตามรูปที่ 3.5 เตรียมน้ำชะมูลฝอยจำนวน 3 ตัวอย่าง ให้มีช่วงค่า ซีโอดี แตกต่างกัน ในการศึกษาใช้ ช่วงค่าซีโอดี 500 ถึง 800 มก./ล. ช่วงค่าซีโอดี 800 ถึง 1,000 มก./ล. และช่วงค่าซีโอดี 1,000 ถึง 2,000 มก./ล. เดินเครื่องระบบปฏิบัติการกับน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างดังกล่าว ด้วยค่าความดันควบคุมต่าง ๆ กัน คือ 10, 20, 30, 40, 60, 80, 120 และ 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว โดยจะเพิ่มค่าความดันควบคุมขึ้นทุก 30 นาที (จาก 10 จนถึง 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว) ในการทดลองจะทำการย้อนกลับน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน และ น้ำตัวอย่างเข้มข้น เพื่อรักษาความเข้มข้นของน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างในระบบให้คงที่ เก็บตัวอย่างน้ำพร้อมวัดอัตราการไหลของน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน และน้ำตัวอย่างเข้มข้นในช่วงเวลาเดียวกัน ทุกค่าความดันควบคุมเป็นเสร็จสิ้นการทดลองแต่ละครั้ง หลังจากเสร็จสิ้นการทดลองแต่ละครั้งจะทำความสะอาดเมมเบรน โดยเดินเครื่องระบบกับน้ำประปาเป็นเวลา 30 นาที เพื่อทำความสะอาดเมมเบรน และเตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ และแบบจำลอง เพื่อทำการทดลองกับน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างที่เหลือจนครบทุกเงื่อนไขต่อไป น้ำตัวอย่างที่ได้นำไปวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ รวมทั้งสิ้น 7 พารามิเตอร์ ได้แก่ อัตราการไหล พีเอช ซีโอดี ของแข็งรวม ของแข็งแขวนลอย ของแข็งละลายน้ำ และ ค่าการนำไฟฟ้า

จากสมการการเคลื่อนที่ของตัวทำละลาย (น้ำ) สมการที่ (18) ตามที่แสดงไว้ในหัวข้อที่ (2.2.1) เมื่อควบคุมความเข้มข้นของน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างในระบบให้คงที่แล้ว อัตราการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนจะขึ้นอยู่กับค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการ สามารถหาค่าคงที่สำหรับการเคลื่อนที่ของตัวทำละลาย (น้ำ) จากค่าความชันของกราฟแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้น ระหว่างค่าอัตราการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน กับค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการ และพิจารณาผลของความดันควบคุมที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัด ที่ค่าความดันควบคุมต่าง ๆ



สัญลักษณ์	รายละเอียด
1	ถังเก็บน้ำขนาด 200 ลิตร ใช้เตรียมน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างในแต่ละการทดลอง
2	เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง ยี่ห้อ CALPEDA รุ่น NTM 61
3	ชุดเครื่องกรองน้ำ ติดตั้งไส้กรองขนาดความละเอียด 5 ไมครอน ยี่ห้อ HYTREX-5 micron
4	ถังเก็บน้ำขนาด 200 ลิตร ใช้พักน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างในแต่ละการทดลอง
5	แบบจำลองออสโมนิค
ตย. 1	น้ำตัวอย่างเข้มข้นที่หมุนเวียนในระบบ
ตย. 2	น้ำแพร่ผ่านเมมเบรน ช่วงเวลาเดียวกันกับการเก็บตัวอย่างน้ำตัวอย่างเข้มข้น

รูปที่ 3.5 การติดตั้งเครื่องมือ อุปกรณ์ แบบจำลอง และจุดเก็บน้ำตัวอย่าง

3.3.3 การศึกษาหาค่าคงที่ สำหรับการเคลื่อนที่ของตัวถูกละลาย (สารอินทรีย์)

การศึกษาหาค่าคงที่ของเมมเบรน สำหรับการเคลื่อนที่ของตัวถูกละลาย (สารอินทรีย์) จะแตกต่างจากการหาค่าคงที่สำหรับการเคลื่อนที่ของตัวทำละลาย (น้ำ) กล่าวคือ ในกระบวนการรีเวอร์สออสโมซีส กับเมมเบรนที่ให้ประสิทธิภาพสูงนั้น ตัวถูกละลายจะต้องถูกกำจัดและสามารถผ่านกระบวนการออกมาได้น้อย จากสมการการเคลื่อนที่ของตัวถูกละลายสมการที่ (19) ค่าอัตราการไหลของตัวถูกละลายจะขึ้นอยู่กับ ค่าความเข้มข้นของน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างในระบบปฏิบัติการ ในการศึกษา ได้ติดตั้งเครื่องมือ อุปกรณ์ แบบจำลอง และดำเนินการศึกษาตามรูปที่ 3.4 กำหนดใช้ ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการคงที่ที่ 40 ปอนด์/ตร.นิ้ว เดินเครื่องระบบปฏิบัติการกับน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ การย้อนกลับเฉพาะน้ำตัวอย่างเข้มข้นจะทำให้ค่าความเข้มข้นของน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างในระบบสูงขึ้นตามเวลาที่ทำการศึกษา เก็บตัวอย่างน้ำทุก 60 นาที จนครบ 360 นาที น้ำตัวอย่างที่ได้นำไปวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ รวมทั้งสิ้น 17 พารามิเตอร์ ได้แก่ อัตราการไหล พีเอช ซีโอดี ของแข็งรวม ของแข็งแขวนลอย ของแข็งละลายน้ำ สี ฟอสฟอรัสรวม เจดาลไนโตรเจน แอมโมเนียไนโตรเจน อินทรีย์ไนโตรเจน การนำไฟฟ้า คลอไรด์ ความเป็นด่างรวม ความกระด้างรวม ความกระด้างแคลเซียม และความกระด้างแมกนีเซียม จากผลการวิเคราะห์สามารถหาค่าคงที่สำหรับการเคลื่อนที่ของตัวถูกละลาย ได้จากค่าความชันของกราฟแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่าง ค่าความเข้มข้นของตัวถูกละลายในน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน กับ ค่าความเข้มข้นของตัวถูกละลายในน้ำตัวอย่างเข้มข้นของแต่ละพารามิเตอร์

3.3.4 การศึกษาผลจากการปฏิบัติการที่มีช่วงระยะเวลายาวนาน

การศึกษาผลจากการปฏิบัติการที่มีช่วงระยะเวลายาวนาน จะดำเนินการศึกษาตามรูปที่ 3.4 กำหนดใช้ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการที่ 40 ปอนด์/ตร.นิ้ว กับน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ เดินระบบต่อเนื่อง 8 ชั่วโมงต่อวัน รวมทั้งสิ้น 15 วัน เก็บตัวอย่างน้ำพร้อมวัดอัตราการไหลของน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน และน้ำตัวอย่างเข้มข้นในช่วงเวลาเดียวกัน วันละ 2 ครั้ง คือ เมื่อเดินเครื่องระบบไปครบ 1 ชั่วโมง และครบ 8 ชั่วโมงในแต่ละวัน หลังจากเสร็จสิ้นการทดลองในแต่ละวันจะทำความสะอาดเมมเบรน โดยเดินเครื่องระบบกับน้ำประปาเป็นเวลา 30 นาที เพื่อทำความสะอาดเมมเบรนและเตรียมการทดลองสำหรับวันต่อไป

น้ำตัวอย่างที่ได้นำไปวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ รวมทั้งสิ้น 7 พารามิเตอร์ ได้แก่ อัตราการไหล พีเอช ซีโอดี ของแข็งรวม ของแข็งแขวนลอย ของแข็งละลายน้ำ และค่าการนำไฟฟ้า และจะพิจารณาผลของการเดินระบบปฏิบัติการที่มีช่วงระยะเวลายาวนาน ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัด และต่ออัตราการลดลงของการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน (Permeate Flux Decline)