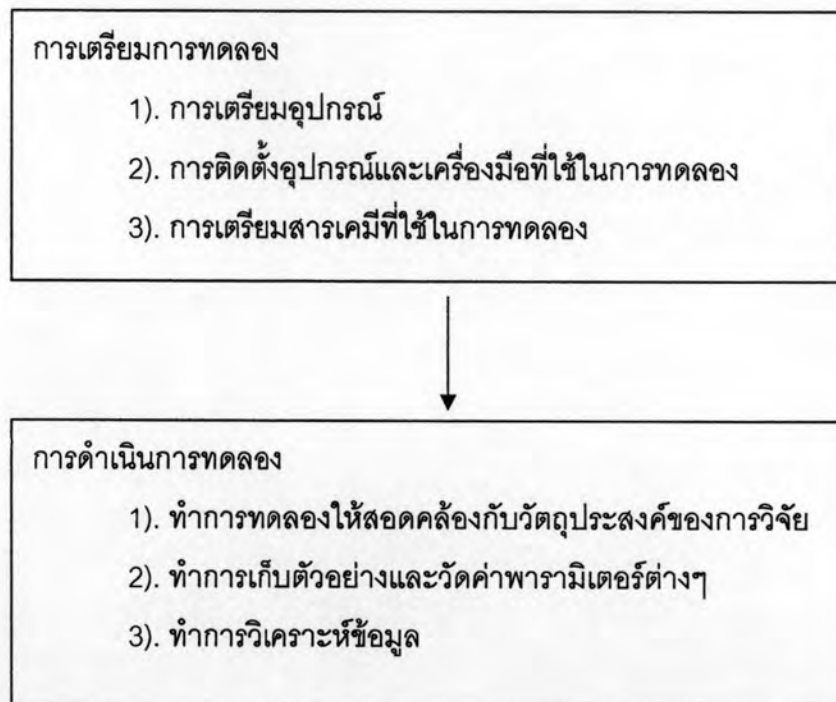




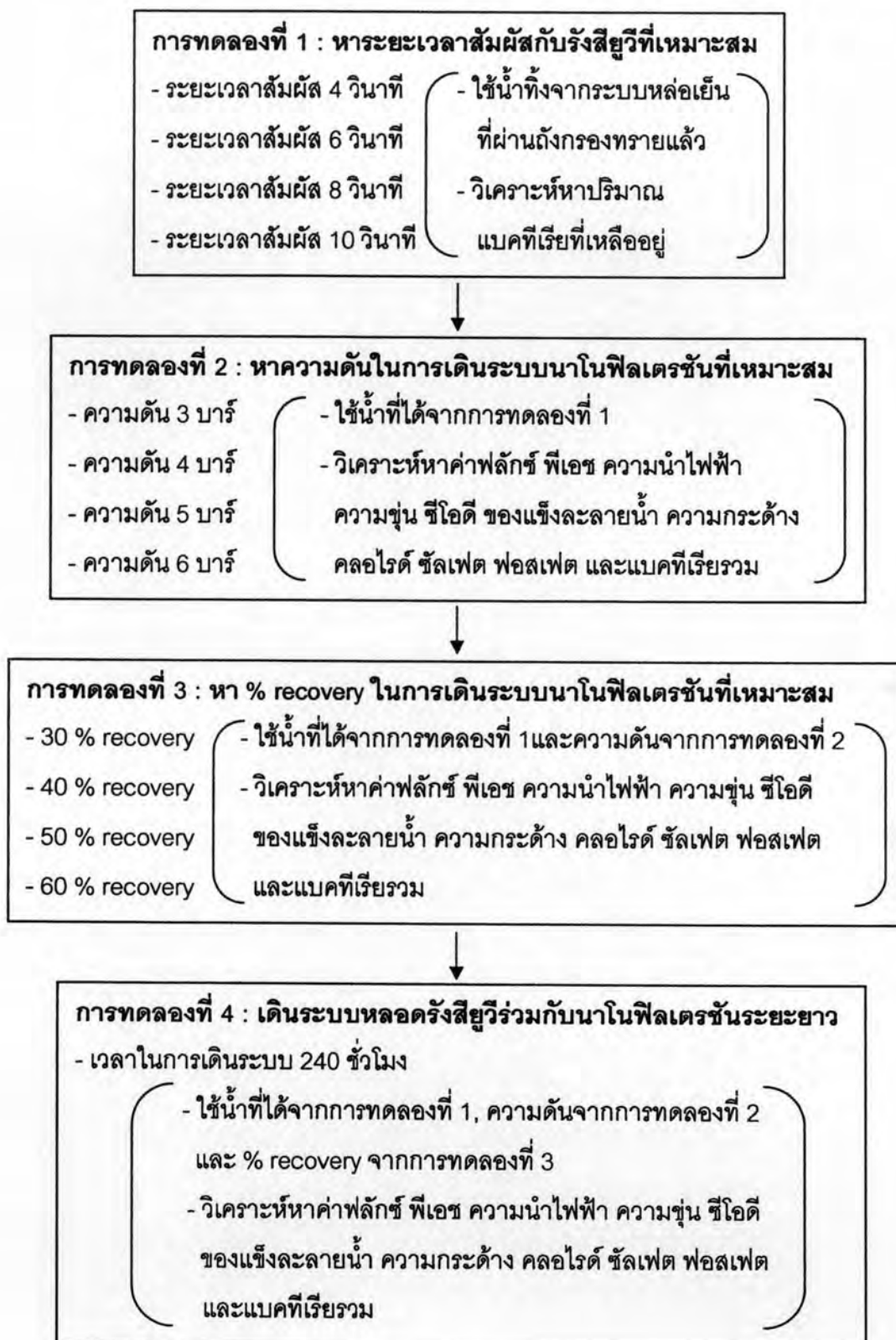
แผนการทดลองและดำเนินการวิจัย

3.1 แผนการทดลอง

แผนการดำเนินการวิจัยทั้งหมด แสดงดังรูปที่ 3.1 โดยทำการติดตั้งชุดการทดลองทั้งหมดที่โรงงานอุตสาหกรรมผลิตกระป๋องน้ำอัดลมอะลูมิเนียม ซึ่งรับน้ำทิ้งจากระบบหล่อเย็นจากบ่อบำบัดที่ผ่านการกรองด้วยถังกรองทราย และมีการบำบัดขั้นต้นด้วยเครื่องกำเนิดรังสีอัลตราไวโอเล็ตก่อนเข้าระบบนาโนฟิลเตรชัน สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำจะทำที่ห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



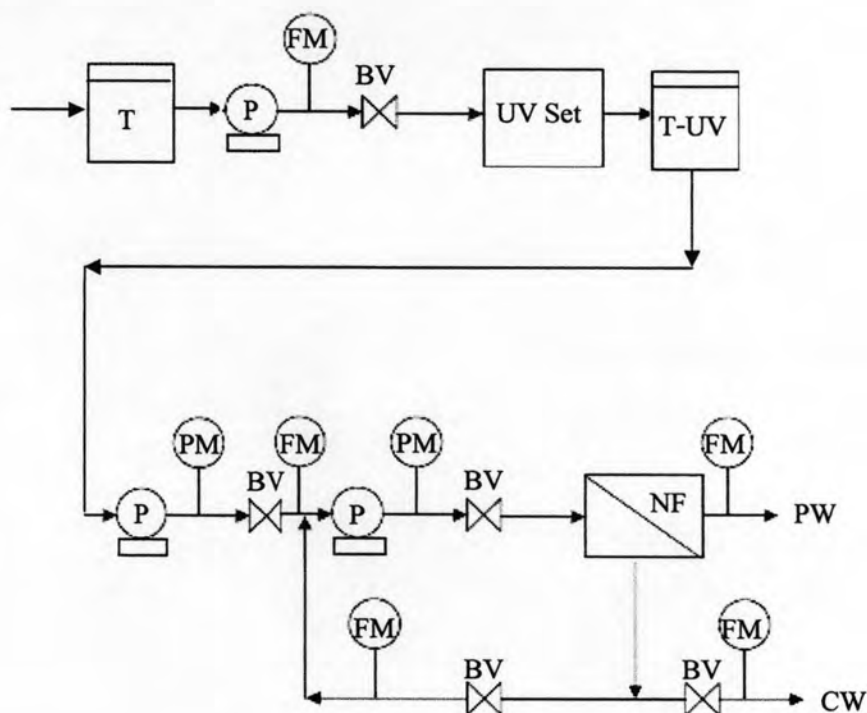
รูปที่ 3.1 สรุปแผนผังการดำเนินการวิจัย



รูปที่ 3.2 แผนผังการดำเนินการทดลอง

3.2 การติดตั้งอุปกรณ์ ในการทดลอง

แผนผังการติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ทั้งหมดในการวิจัยนี้ แสดงในรูปที่ 3.3 การดำเนินการทดลองนี้ จะรับน้ำทิ้งจากระบบหล่อเย็นจากบ่อพักที่ผ่านการกรองด้วยถังกรองทราย เป็นน้ำเข้าระบบของการทดลอง และมีการบำบัดขั้นต้นด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ตก่อนเข้าสู่ระบบเข้าระบบนาโนฟิลเตรชัน การติดตั้งอุปกรณ์ในระบบที่ใช้ในการทดลองนี้ ประกอบไปด้วย ถังเก็บน้ำ, เครื่องกำเนิดรังสีอัลตราไวโอเล็ต, ปั๊ม, ระบบท่อ, วาล์ว, และโมดูลของนาโนฟิลเตรชันเมมเบรน



รูปที่ 3.3 แผนผังการติดตั้งอุปกรณ์ในงานวิจัย

T = ถังพักน้ำเข้าระบบ , UV Set = เครื่องกำเนิดรังสีอัลตราไวโอเล็ต , P = Pump
 PM = มาตรวัดความดัน , BV = บอลล์วาล์ว , FM = Flow meter
 NF = โมดูลนาโนฟิลเตรชันเมมเบรน , PW = น้ำ Permeate , CW = น้ำ concentrate
 T-UV = ถังพักน้ำที่ออกจากระบบ UV

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับชุดขนาดทดสอบ

- 1) ปั๊มสูบน้ำแรงดันสูง รุ่น GRUNDFOS CR 1-11 2.22 KW. /3 phase motor 380 V / 50 Hz.
- 2) ปั๊ม Cleaning In Place รุ่น GRUNDFOS CH 2-40 0.88 KW./3 phase motor 380 V / 50 Hz.
- 3) Product flow meter / 0-10 LPM / BLUE POINT
- 4) Reject flow meter / 0-10 LPM / BLUE POINT
- 5) มาตรวัดความดัน (Pressure Gauge) : Prefilter 0-90 psi, Postfilter 0-90 psi, และ Concentrate 0-360 psi / LEIERDA / glycerin filled
- 6) เมมเบรนแบบ Spiral Wound Module รุ่น NF-4040 ของบริษัท Filmtec
- 7) Prefilter Polypropylene housing ขนาด 5 ไมครอน 20 นิ้ว 1ตัว
- 8) มาตรวัดชั่วโมงการทำงาน NAIS/TH 1385
- 9) เครื่องกำเนิดรังสีอัลตราไวโอเล็ต รุ่น SDX-1/2 ของ Chiyoda Kohan ขนาดกำลังไฟฟ้าของหลอดยูวี 50 วัตต์
- 10) ปั๊มสูบน้ำแบบ Centrifugal ขนาด 40 LPM 0.5 แรงม้า
- 11) ถังน้ำขนาด 100 และ 500 ลิตร

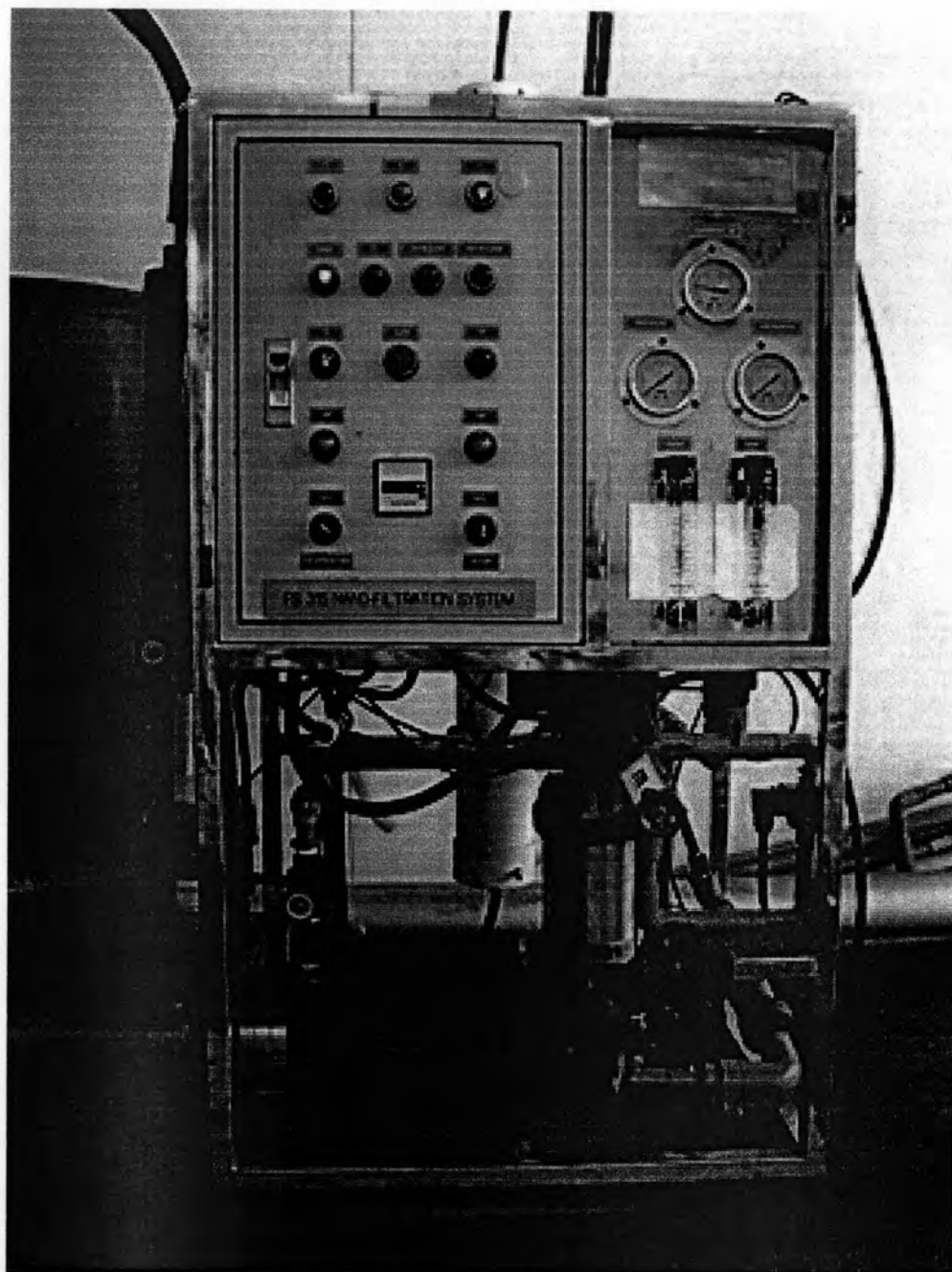
ตารางที่ 3.1 ลักษณะสมบัติของนาโนฟิลเตรชันเมมเบรนที่ใช้ในงานวิจัยนี้

ชนิดของเมมเบรน	วัสดุที่ใช้ทำ	พื้นที่ผิว	เปอร์เซ็นต์การกำจัด $MgSO_4$
NF - 4040	Polypiperazine amide	160 m ²	98 %

ข้อมูลที่แสดงเป็นข้อมูลที่อ้างอิงเมื่ออยู่ในสารละลาย $MgSO_4$ เข้มข้น 2,000 ppm, ความดัน 130 psig (8.9 บาร์), อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส, PH 8, 15% recovery

ตารางที่ 3.2 ลักษณะสมบัติของเครื่องนาโนฟิลเตรชันที่ใช้ในงานวิจัยนี้

Principle	Nanofiltration
Capacity	300 LPH / 24 HRS.
Total recovery	15-50 %
Power supply	380 v. / 50 Hz. / 3 phase
Installed power	2.2 KW.
Operating pressure	70-400 psi
Design temperature	25 degree celsius



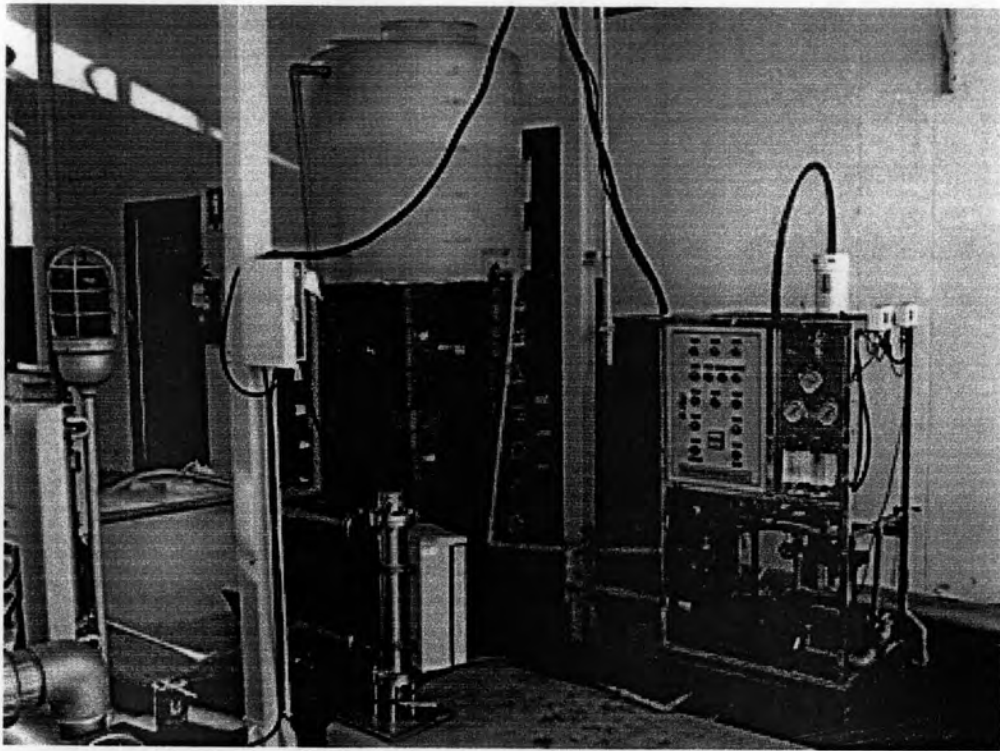
รูปที่ 3.4 เครื่องนาโนฟิลเตรชัน ชุดขนาดทดสอบ



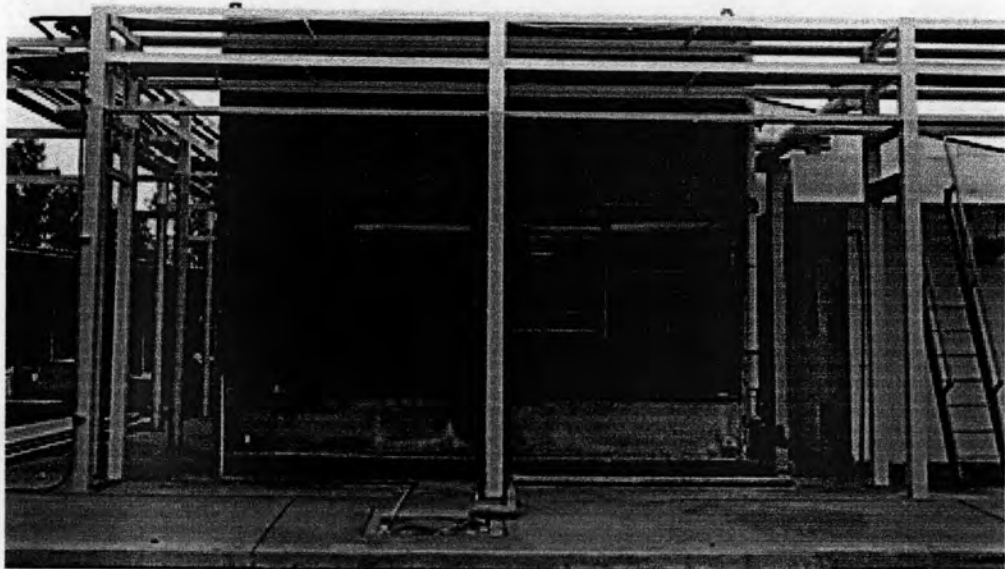
รูปที่ 3.5 เครื่องกำเนิดรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ใช้ในงานวิจัยนี้

ตารางที่ 3.3 ลักษณะสมบัติของเครื่องกำเนิดหลอดรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ใช้ในงานวิจัยนี้

Model	SX-1/2
Flow Rate (m ³ /hr.)	1
No. of lamp	1
Length of UV wave (nm.)	253.7
Length of lamp (mm.)	390
Power of lamp (W.)	50
Power (V.)	100
Supply (A.)	0.5
Width (m.)	0.28
Length (m.)	0.35
High (m.)	0.75
Weigth (kg.)	30



รูปที่ 3.6 การจัดชุดขนาดทดสอบที่โรงงานผลิตกระป๋องน้ำอัดลมอะลูมิเนียม



รูปที่ 3.7 หอทำน้ำเย็นที่นำน้ำทิ้งมาวิจัย

3.4 ขั้นตอนการทดลองและตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง

ตัวแปรที่พิจารณาในการทดลอง ประกอบด้วย ตัวแปรคงที่ (Fixed Variables), ตัวแปรอิสระ (Independent Variables) และตัวแปรตาม (Dependent Variables) ซึ่งในแต่ละการทดลองมีรายละเอียดดังนี้

การทดลองที่ 1 : เพื่อศึกษาถึงระยะเวลาสัมพัทธ์กับน้ำทิ้งจากระบบหล่อเย็นของรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่เหมาะสมในการกำจัดแบคทีเรียรวม

ตารางที่ 3.4 ตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการดำเนินการหาระยะเวลาสัมพัทธ์กับน้ำทิ้งจากระบบหล่อเย็นของรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่เหมาะสม

ตัวแปรคงที่	ตัวแปรอิสระ	ตัวแปรตาม
1. ความยาวหลอดรังสีอัลตราไวโอเล็ต 390 mm.	1. ระยะเวลาสัมพัทธ์กับน้ำทิ้งจากระบบหล่อเย็นของรังสีอัลตราไวโอเล็ต ที่ 4, 6, 8 และ 10 วินาที	1. แบคทีเรียรวมที่เหลืออยู่
2. กำลังไฟฟ้าของหลอดรังสีอัลตราไวโอเล็ต 50 W.		
3. ความยาวคลื่นของรังสีอัลตราไวโอเล็ต 253.7 nm.		

การทดลองที่ 2 : เพื่อศึกษาถึงความดันที่เหมาะสมต่อประสิทธิภาพของระบบนาโนฟิลเตรชัน

ตารางที่ 3.5 ตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการดำเนินการหาความดันที่เหมาะสมในการเดินระบบนาโนฟิลเตรชัน

ตัวแปรคงที่	ตัวแปรอิสระ	ตัวแปรตาม
1. โมดูลเมมเบรน Spiral Wound รุ่น NF-4040 ของบริษัท Filmtec	1. ความดันในการเดินระบบที่ 3, 4, 5 และ 6 บาร์	1. ค่าฟลักซ์, 2. พีเอช, 3. ความนำไฟฟ้า 4. ความขุ่น 5. ซีไอดี 6. ของแข็งละลายน้ำ
2. พื้นที่ผิวประสิทธิภาพของเมมเบรน 160 m ² .		
3. สารเคมีที่ใช้ล้างเมมเบรน คือ HCl และ NaOH		

ตัวแปรคงที่	ตัวแปรอิสระ	ตัวแปรตาม
4. เวลาที่ใช้ในการทดลองแต่ละชุด 8 ชั่วโมง	1. ความดันในการเดินระบบที่ 3, 4, 5 และ 6 บาร์	7. ความกระด้าง
5. ระยะเวลาสัมผัสกับน้ำทิ้งจากระบบหล่อเย็นของรังสียูวีที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 1		8. คลอไรด์
6. อัตราส่วนการผลิตน้ำสะอาด (% recovery) ที่ร้อยละ 50		9. ซัลเฟต 10. ฟอสเฟต 11. แคลเซียม

การทดลองที่ 3 : เพื่อศึกษาถึงอัตราส่วนการผลิตน้ำสะอาด(% recovery) ที่เหมาะสมต่อประสิทธิภาพของระบบนาโนฟิลเตรชัน

ตารางที่ 3.6 ตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการดำเนินการหาอัตราส่วนการผลิตน้ำสะอาด(% recovery) ที่เหมาะสมในการเดินระบบนาโนฟิลเตรชัน

ตัวแปรคงที่	ตัวแปรอิสระ	ตัวแปรตาม
1. ไมครูลเมมเบรน Spiral Wound รุ่น NF-4040 ของบริษัท Filmtec	1. อัตราส่วนการผลิตน้ำสะอาดคงที่(% recovery) ที่ร้อยละ 30, 40, 50 และ 60	1. ค่าฟลักซ์,
2. พื้นที่ผิวประสิทธิภาพของเมมเบรน 160 m ² .		2. พีเอช,
3. สารเคมีที่ใช้ล้างเมมเบรน คือ HCl และ NaOH		3. ความนำไฟฟ้า
4. เวลาที่ใช้ในการทดลองแต่ละชุด 8 ชั่วโมง		4. ความขุ่น
5. ระยะเวลาสัมผัสกับน้ำทิ้งจากระบบหล่อเย็นของรังสียูวีที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 1		5. ซีโอดี
6. ความดันที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 2		6. ของแข็งละลายน้ำ
		7. ความกระด้าง
		8. คลอไรด์
		9. ซัลเฟต
		10. ฟอสเฟต
		11. แคลเซียม

การทดลองที่ 4 : เพื่อศึกษาถึงผลของการเดินระบบระยะยาวของระบบหลอดรังสีอัลตราไวโอเล็ตร่วมกับนาโนฟิลเตรชัน

ตารางที่ 3.7 ตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการดำเนินการเดินระบบระยะยาวของระบบหลอดรังสีอัลตราไวโอเล็ตร่วมกับนาโนฟิลเตรชัน

ตัวแปรคงที่	ตัวแปรอิสระ	ตัวแปรตาม
1. โมดูลเมมเบรน Spiral Wound รุ่น NF-4040 ของบริษัท Filmtec	1. เดินระบบด้วยหลอดรังสี	1. ค่าฟลักซ์,
2. พื้นที่ผิวประสิทธิผลของเมมเบรน 160 m ² .	อัลตราไวโอเล็ต	2. พีเอช,
3. สารเคมีที่ใช้ล้างเมมเบรน คือ HCl และ NaOH	ร่วมกับนาโนฟิลเตรชัน	3. ความนำไฟฟ้า
4. เวลาที่ใช้ในการทดลอง 240 ชั่วโมง	2. เดินระบบด้วยนาโนฟิลเตรชัน	4. ความขุ่น
5. ระยะเวลาสัมผัสกับน้ำทิ้งจากระบบหล่อเย็นของรังสียูวีที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 1	เพียงอย่างเดียว	5. ซีโอดี
6. ความดันที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 2		6. ของแข็งละลายน้ำ
7. อัตราส่วนการผลิตน้ำสะอาด(% recovery) ที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 3		7. ความกระด้าง
		8. คลอไรด์
		9. ซัลเฟต
		10. ฟอสเฟต
		11. แบคทีเรียรวม

3.5 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

3.5.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ

จะทำการเก็บตัวอย่างน้ำ 4 จุดที่สำคัญ คือ

- 1) น้ำทิ้งหลังจากผ่านถังกรองทราย (Feed)
- 2) น้ำที่ผ่านระบบยูวี (After UV)
- 3) น้ำใสที่ผ่านเมมเบรน (Permeate)
- 4) น้ำทิ้งจากระบบ (Concentrate)

ในการทดลองกับชุดขนาดทดสอบจะทำการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งหลังจากผ่านถึงกรองทราย ก่อนเริ่มเดินระบบนาโนฟิลเตรชันทุกครั้ง ส่วนน้ำใสที่ผ่านเมมเบรน (Permeate) และน้ำทิ้งจากระบบ (Concentrate) จะทำการเก็บตัวอย่างน้ำเมื่อเดินระบบนาโนฟิลเตรชันครบ 8 ชั่วโมงของแต่ละวัน

ตารางที่ 3.8 การเก็บน้ำตัวอย่าง

พารามิเตอร์	ความถี่ในการเก็บตัวอย่าง			
	การทดลองที่ 1	การทดลองที่ 2	การทดลองที่ 3	การทดลองที่ 4
อัตราการไหล	-	ทุก 2 ชั่วโมง	ทุก 2 ชั่วโมง	ทุก 8 ชั่วโมง
พีเอช				
ความนำไฟฟ้า				
ความขุ่น				
ของแข็งละลายน้ำ				
ความกระด้าง				สัปดาห์ละ 3 ครั้ง
คลอไรด์				
ซัลเฟต				
ฟอสเฟต				
ซีโอดี				
แบคทีเรียรวม	การทดลองชุดละ 5 ครั้ง			

3.5.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำจะวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ทางเคมีและทางชีวภาพของน้ำเพื่อศึกษาความเหมาะสมในการนำกลับไปใช้ใหม่ในหอทำน้ำเย็นและการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ได้แก่ พีเอช, ความนำไฟฟ้า, ความขุ่น, ซีโอดี, ของแข็งละลายน้ำ, ความกระด้าง, คลอไรด์, ซัลเฟต, ฟอสเฟต และแบคทีเรียรวม

ตารางที่ 3.9 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

ลำดับที่	พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
1	พีเอช	pH Meter
2	ค่าความนำไฟฟ้า	Conductivity Meter
3	ความขุ่น	Turbidity Meter
4	ของแข็งละลายน้ำ	Total Dissolved Solids Meter
5	ความกระด้าง	EDTA Titrimetric Method
6	คลอไรด์	Argentometric Method
7	ซัลเฟต	Sulfate Turbidimetric Method
8	ฟอสเฟต	Vanadomolybdo phosphoric Acid Colorimetric Method
9	ซีโอดี	Closed Reflux Method
10	แบคทีเรียรวม	Standard Plate Count
11	ค่าฟลักซ์	วัดปริมาตร Permeate ต่อเวลา