หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 5

## การดำเนินการวิจัย

ลำดับการทดลอง

การวิจัยนี้ทำการทดลองกับหน่วยปฏิบัติการแต่ละหน่วยตามลำดับดังนี้

1 การกรองด้วยวัสดุเม็ด

2 การแลกเปลี่ยนไอออน

3 คลอรีเนชัน

จากนั้นจึงทำการทดลองระบบบำบัดน้ำทั้งระบบโดยใช้สภาวะที่เหมาะสมจากการทดลองของแต่ละหน่วยปฏิบัติการ

การทดลองศึกษาอัตราการไหลของน้ำเข้าและความสูงของชั้นสารกรองที่เหมาะสมกับการกรองด้วยวัสดุเม็ด

1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1) ถังกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 9 ซม. สูง 200 ซม. ทำด้วยพลาสติกใส พร้อมทั้งวาล์วดังรูปที่ 5.1 และ 5.3

2) หลอดแก้วรูปตัวยู (U) ความสูง 100 ซม.

3) นาฬิกาจับเวลา

4) ขวดเก็บตัวอย่างน้ำขนาด 250 มล.

5) เครื่องวัดความขุ่น HACH รุ่น 2100A

6) เครื่องสูบน้ำ

2 สารที่ใช้ทดลอง

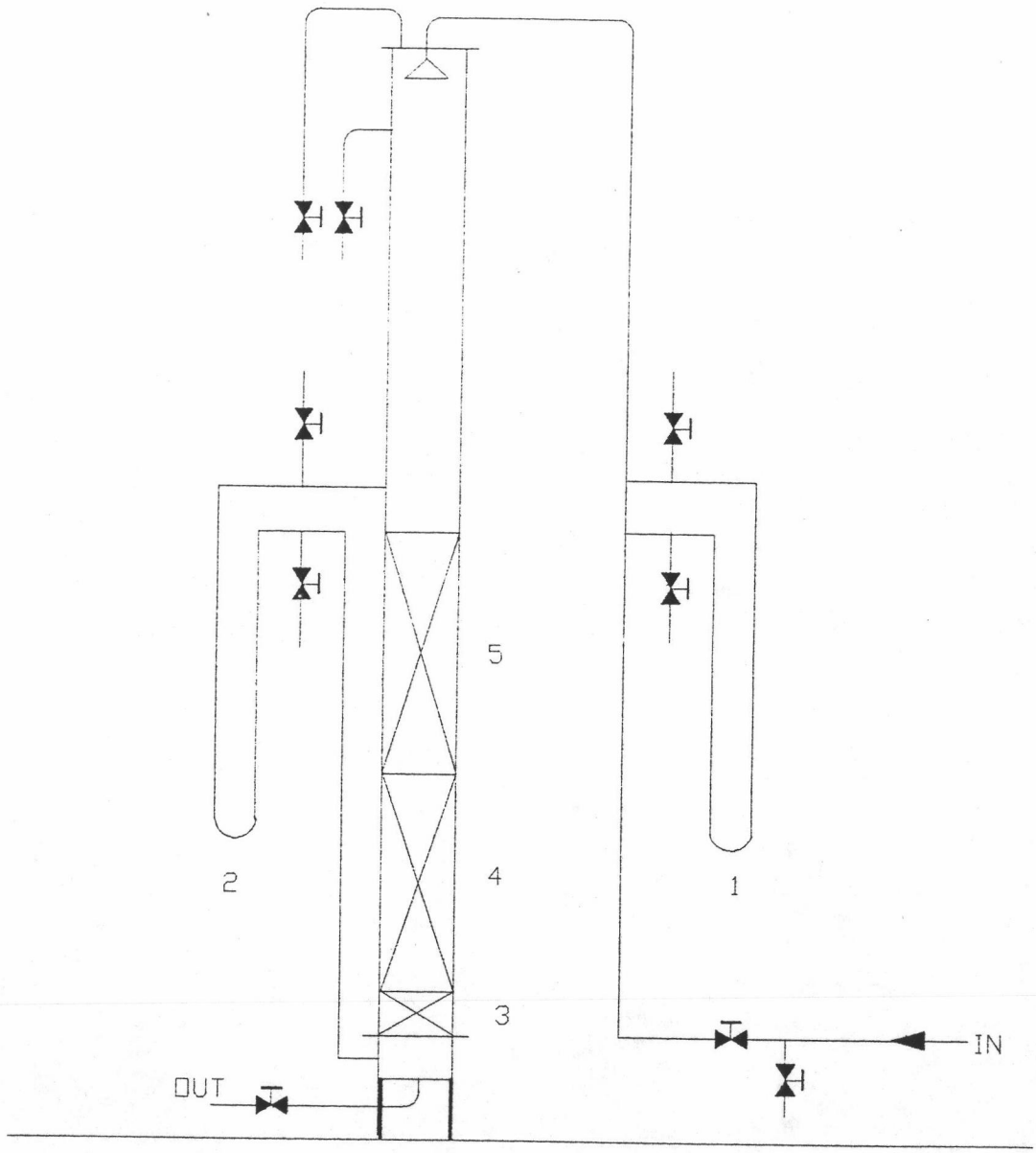
1) กรวด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.4 - 0.6 มม.

2) ทราย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 - 0.7 มม.

3) แอนทราไซต์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 - 1.7 มม.

4) ปรอท

5) น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบสลัดจ์กัมมันต์




1 หลอดแก้วตัวยูวัดอัตราการไหลของน้ำเข้า

2 หลอดแก้วตัวยูวัดความดันสูญเสีย

3 กรวด 4 ทราย 5 แอนทราไซต์

รูปที่ 5.1 ไดอะแกรมของถังกรองด้วยวัสดุเม็ด

3 วิธีการทดลอง

1) บรรจุสารกรองลงในถังกรองตามลำดับดังนี้

กรวด สูง 10 ซม. ทราย สูง 20 ซม. แอนทราไซต์ สูง 40 ซม.

2) สูบน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียผ่านเข้าสู่ถังกรองด้วยอัตราการไหล 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. รักษาอัตราการไหลให้คงที่ด้วยการรักษาระดับความสูงของปรอทในหลอดแก้วรูปตัวยูที่ยึดติดกับท่อน้ำเข้า

3) เก็บตัวอย่างน้ำที่เข้าถังกรองและน้ำที่ออกจากถังกรองทุก 30 นาที เพื่อวัดความขุ่นของน้ำด้วยเครื่องวัดความขุ่น

4) อ่านค่าความดันสูญเสียทั้งหมดจากระดับปรอทในหลอดแก้วรูปตัวยูที่ติดกับถังกรอง

5) การทดลองนี้จะยุติเมื่อความดันสูญเสียทั้งหมดมีค่า 760 มม.ปรอท

6) เมื่อยุติการทดลองแล้ว ทำการล้างกลับสารกรองด้วยน้ำสะอาดจนกว่าสารกรองจะสะอาด

7) ทำการทดลองซ้ำอีกครั้งตั้งแต่ข้อ 2 - 6 โดยที่ความสูงของสารกรองยังคงเท่าเดิม แต่เปลี่ยนอัตราการไหลเป็น 30 และ 40 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. ตามลำดับ

8) ทำการทดลองซ้ำอีกครั้งตั้งแต่ข้อ 1 - 7 โดยเปลี่ยนความสูงของสารกรองเป็นดังนี้

กรวด สูง 10 ซม. ทราย สูง 25 ซม. แอนทราไซต์ สูง 50 ซม.

9) ทำการทดลองซ้ำอีกครั้งตั้งแต่ข้อ 1 - 7 โดยเปลี่ยนความสูงของสารกรองเป็นดังนี้

กรวด สูง 10 ซม. ทราย สูง 30 ซม. แอนทราไซต์ สูง 60 ซม.

10) นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาพลอตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง

- ความขุ่นของน้ำเข้าและน้ำออกจากถังกรองกับเวลา
- ความดันสูญเสียทั้งหมดกับเวลา
- คำนวณค่าดัชนีประเภท 1 และ ค่าดัชนีประเภท 2

การทดลองศึกษาอัตราการไหลของน้ำเข้าและความสูงของชั้นเรซินที่เหมาะสมกับการแลกเปลี่ยนไอออน

1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1) ถังแลกเปลี่ยนไอออนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 4.5 ซม. สูง 180 ซม. ทำด้วยพลาสติกใสพร้อมทั้งวาล์ว ดังรูปที่ 5.2 และ 5.4

2) นาฬิกาจับเวลา

3) ขวดเก็บตัวอย่างน้ำขนาด 250 มล.

2 สารที่ใช้ทดลอง

1) เรซิน Duolite C 20 รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 5.1

2) กรดเกลือเข้มข้น (37%)

3) น้ำกลั่น

4) น้ำจากการกรองด้วยวัสดุเม็ด

3 วิธีการทดลอง

1) บรรจุเรซินลงในถังแลกเปลี่ยนไอออนให้ได้ความสูง 70 ซม.

2) ปรับอัตราการไหลของน้ำจากการกรองด้วยวัสดุเม็ดให้ได้อัตราการไหล 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

3) ปล่อยน้ำจากการกรองด้วยวัสดุเม็ดเข้าสู่ถังแลกเปลี่ยนไอออน

4) เก็บตัวอย่างน้ำเข้าและน้ำออกจากถังแลกเปลี่ยนไอออนทุก 30 นาที เพื่อวิเคราะห์ค่าความเป็นด่าง

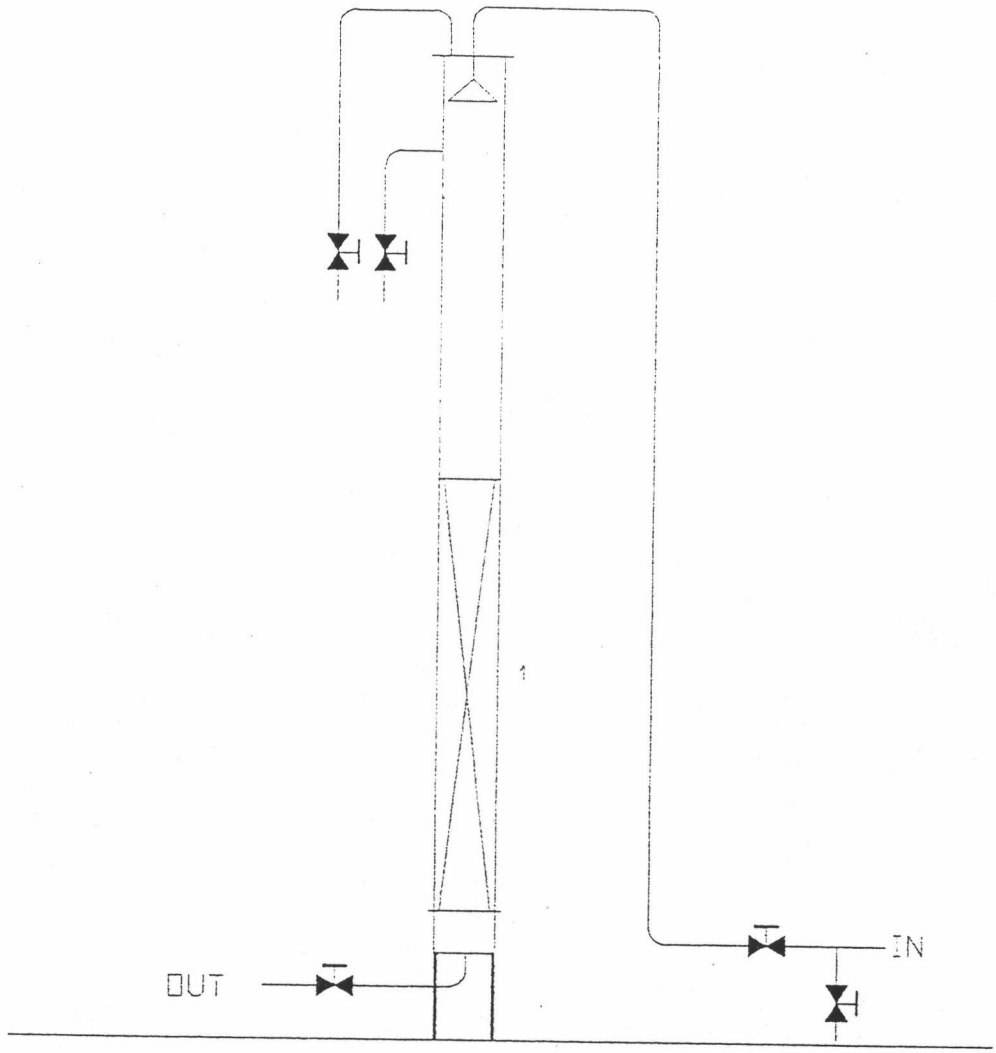
5) การทดลองนี้จะยุติเมื่อค่าความเป็นด่างของน้ำออกมีค่าเท่ากับค่าความเป็นด่างของน้ำเข้า

6) เมื่อยุติการทดลองแล้วให้ล้างกลับเรซินด้วยน้ำสะอาด

7) ทำการฟื้นฟูสภาพของเรซินด้วยกรดเกลือ(8%)

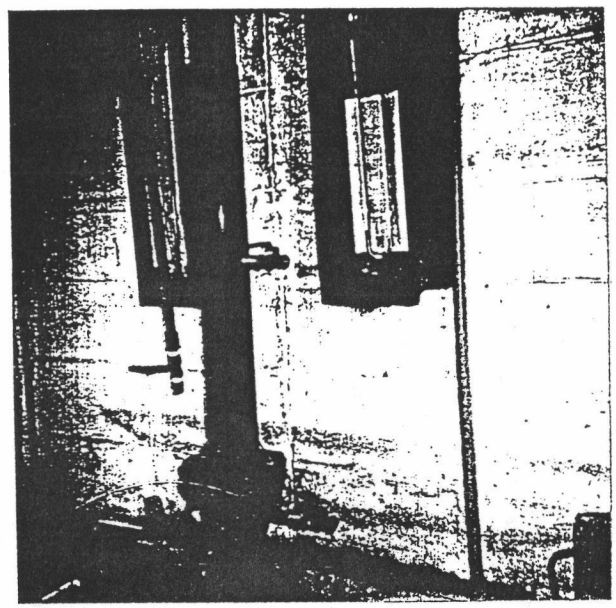
8) ทำการทดลองซ้ำอีกครั้งตั้งแต่ข้อ 2 - 7 โดยที่ความสูงของเรซินยังคงเท่าเดิม แต่เปลี่ยนอัตราการไหลเป็น 20 และ 30 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. ตามลำดับ

9) ทำการทดลองซ้ำอีกครั้งตั้งแต่ข้อ 1 - 8 โดยเปลี่ยนความสูงของเรซินเป็น 80 ซม.

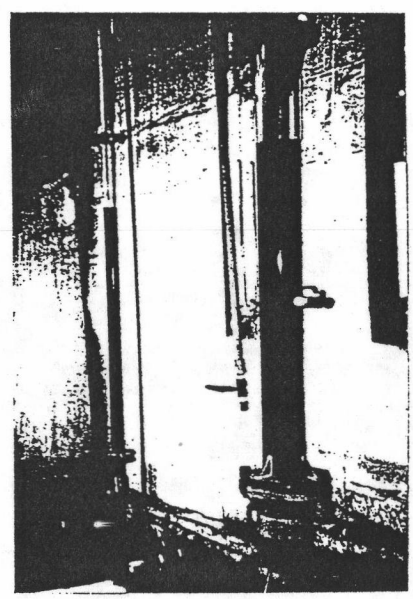



1 เรซิน Duolite C20

รูปที่ 5.2 ไดอะแกรมของถังแลกเปลี่ยนไอออน



รูปที่ 5.3 ถังกรองด้วยวัสดุเม็ด



รูปที่ 5.4 ถังแลกเปลี่ยนไอออน

## PROPERTIES

| | |
|---|---|
| Matrix | Styrene-divinylbenzene copolymer |
| Functional groups | Sulphonates |
| Physical form | Amber beads |
| Ionic form as shipped | See "Available grades" |
| Total exchange capacity | 2 eq/L ($Na^+$ form) |
| Moisture holding capacity | 44-49% ($Na^+$ form) |
| Specific gravity | About 1.28 ($Na^+$ form) |
| Shipping weight | About 850 g/L ($Na^+$ form) |
| Particle size | See "Available grades" |
| Maximum reversible swelling | $Na^+ \rightarrow H^+$ : 5 to 7%<br>$Ca^{++} \rightarrow Na^+$: 4% |
| Operating pH range | 0-14 |
| Chemical stability | Insoluble in dilute acids or bases and common solvents. |

## SUGGESTED OPERATING CONDITIONS

| | | | |
|---|---|---|---|
| Maximum operating temperature | 120°C | | |
| Minimum bed depth | 700 mm | | |
| Service flow rate | 5 to 40 BV*/h | | |
| Maximum linear velocity | 50 m/h | | |
| Regenerants | HCl | $H_2SO_4$ | NaCl |
| Level | 30 to 150 g/L | 40 to 240 g/L | 50 to 250 g/L |
| Flow rate | 2 to 5 BV/h | 2 to 40 BV/h | 2 to 8 BV/h |
| Concentration | 5 to 8% | 0.7 to 6% | 10% |
| Minimum contact time | 30 minutes | | |
| Slow rinse | 2 BV at regeneration flow rate | | |
| Fast rinse | 2 to 12 BV at service flow rate | | |

* 1 BV (Bed Volume) = 1 $m^3$ solution per $m^3$ resin.

ตารางที่ 5.1 คุณสมบัติและข้อแนะนำการใช้งานเรซิน Duolite C20

10) ทำการทดลองซ้ำอีกครั้งตั้งแต่ข้อ 1 - 8 โดยเปลี่ยนความสูงของเรซินเป็น 90 ซม.

11) นำข้อมูลที่ได้มาพลอตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นด่างของน้ำออก/ความเป็นด่างของน้ำเข้า กับปริมาตรของน้ำ แล้วคำนวณค่าความจุเบรคทรู

<u>การทดลองศึกษาปริมาณโซเดียมไฮโปคลอไรต์ที่เหมาะสมสำหรับคลอรีเนชัน</u>

1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1) ถังคลอรีเนชันพลาสติกขนาด กว้าง 35 ซม.ยาว 45 ซม.สูง 26 ซม. ภายในมีแผ่นกั้น ดัง**รูปที่** 5.5 และ 5.6

2) เครื่องเติมน้ำยาเคมี (Dosing pump)

3) หอไล่ก๊าซ

2 สารที่ใช้ทดลอง

1) โซเดียมไฮโปคลอไรต์

2) น้ำจากถังกรองด้วยวัสดุเม็ดผสมกับน้ำจากหอไล่ก๊าซในอัตราส่วน1:1

3 วิธีการทดลอง

1) นำน้ำที่ผ่านจากถังแลกเปลี่ยนไอออนไปผ่านหอไล่ก๊าซ

2) นำน้ำที่ผ่านหอไล่ก๊าซผสมรวมกับน้ำจากถังกรองด้วยวัสดุเม็ดในอัตราส่วน 1:1

3) ปล่อยน้ำจากข้อ 2 เข้าสู่ทางเข้าของถังคลอรีเนชันพร้อมทั้งเติมโซเดียมไฮโปคลอไรต์ให้ได้ความเข้มข้นภายในถังคลอรีเนชัน 0.9 มก./ล. โดยเติมที่ปลายท่อของน้ำเข้าถัง

4) ปล่อยให้โซเดียมไฮโปคลอไรต์ทำปฏิกิริยากับน้ำเป็นเวลา 30 นาที

5) เก็บตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์ ปริมาณคลอรีนที่เหลือทั้งหมด (Total residues chlorine) และ ปริมาณคลอรีนอิสระ (Free chlorine) ด้วยวิธี DPD Ferrous Titrimetric Method (Arnold E., R. Rhodes and Lenore S.,1985)

6) ทำการทดลองซ้ำโดยเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ในถังคลอรีเนชันขึ้นครั้งละ 0.3 มก./ล.

7) การทดลองจะยุติเมื่อวิเคราะห์ได้ค่า ปริมาณคลอรีนอิสระประมาณ 1 มก./ล.

8) นำข้อมูลที่ได้มาพลอตกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณคลอรีนที่เหลือทั้งหมด กับ ปริมาณโซเดียมไฮโปคลอไรต์ที่เติม

9) ทำการวิเคราะห์หาเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและเชื้อคอลิฟอร์มของตัวอย่างน้ำจากคลอรีเนชันที่มีคลอรีนอิสระ

<u>การทดลองระบบบำบัดน้ำทั้งระบบ</u>

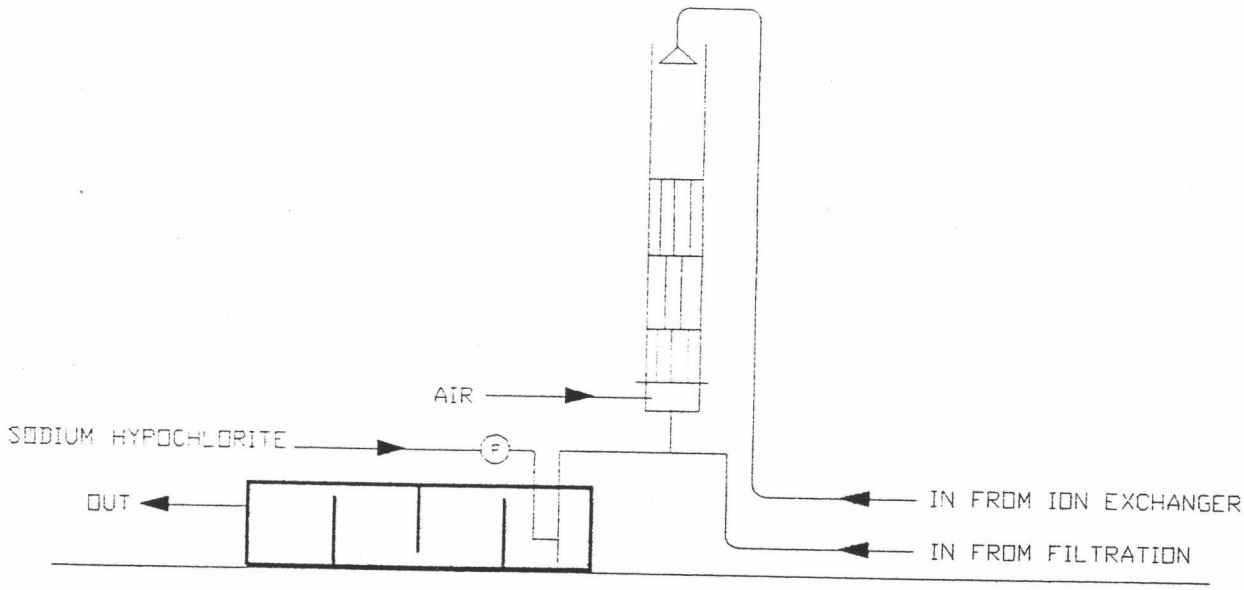
1) ทำการทดลองระบบบำบัดน้ำทั้งระบบ โดยนำหน่วยปฏิบัติการแต่ละหน่วยมาต่อเรียงกันโดยเริ่มจาก ถังกรองด้วยวัสดุเม็ด ถังแลกเปลี่ยนไอออน หอไล่ก๊าซ และ ถังคลอรีเนชัน ดัง**รูปที่** 5.7 โดยที่ความสูงของสารกรอง และ เรซิน เป็นความสูงที่เหมาะสมจากข้อ 5.2 และ 5.3 จากนั้นจึงเริ่มสูบน้ำเข้าสู่ระบบด้วยอัตราการไหลที่เหมาะสมผ่านเข้าสู่ถังกรองด้วยวัสดุเม็ด น้ำที่ออกมาถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งนำเข้าสู่ถังแลกเปลี่ยนไอออนด้วยอัตราการไหลที่เหมาะสม น้ำที่ออกจากถังนี้จะผ่านเข้าสู่หอไล่ก๊าซ นำน้ำที่ออกจากหอไล่ก๊าซมาผสมกับน้ำจากถังกรองด้วยวัสดุเม็ดในอัตราส่วน 1:1 จากนั้นส่งน้ำผสมผ่านเข้าสู่ถังคลอรีเนชันพร้อมกับเติมโซเดียมไฮโปคลอไรต์ด้วยปริมาณที่เหมาะสมจากข้อ 5.4

2) วิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ออกจาก ระบบบำบัดน้ำเสีย ถังกรองด้วยวัสดุเม็ด ถังแลกเปลี่ยนไอออน การผสมน้ำในอัตราส่วน 1:1 และ ถังคลอรีเนชัน เพื่อวิเคราะห์หาลักษณะสมบัติดังต่อไปนี้

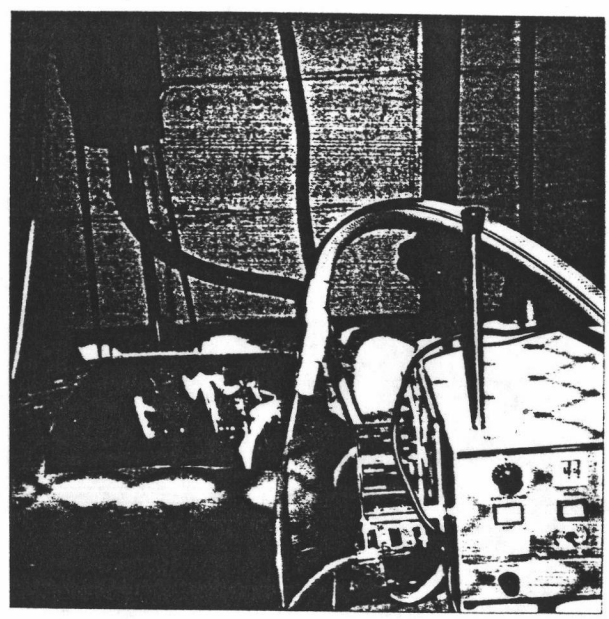
- ซิลิกา
- เหล็ก

- คลอไรด์
- ของแข็งที่ละลาย
- ความกระด้าง
- ความเป็นด่าง
- ของแข็งแขวนลอย
- ความเป็นกรด-ด่าง
- คลอรีนอิสระ
- เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด
- เชื้อคอลิฟอร์ม

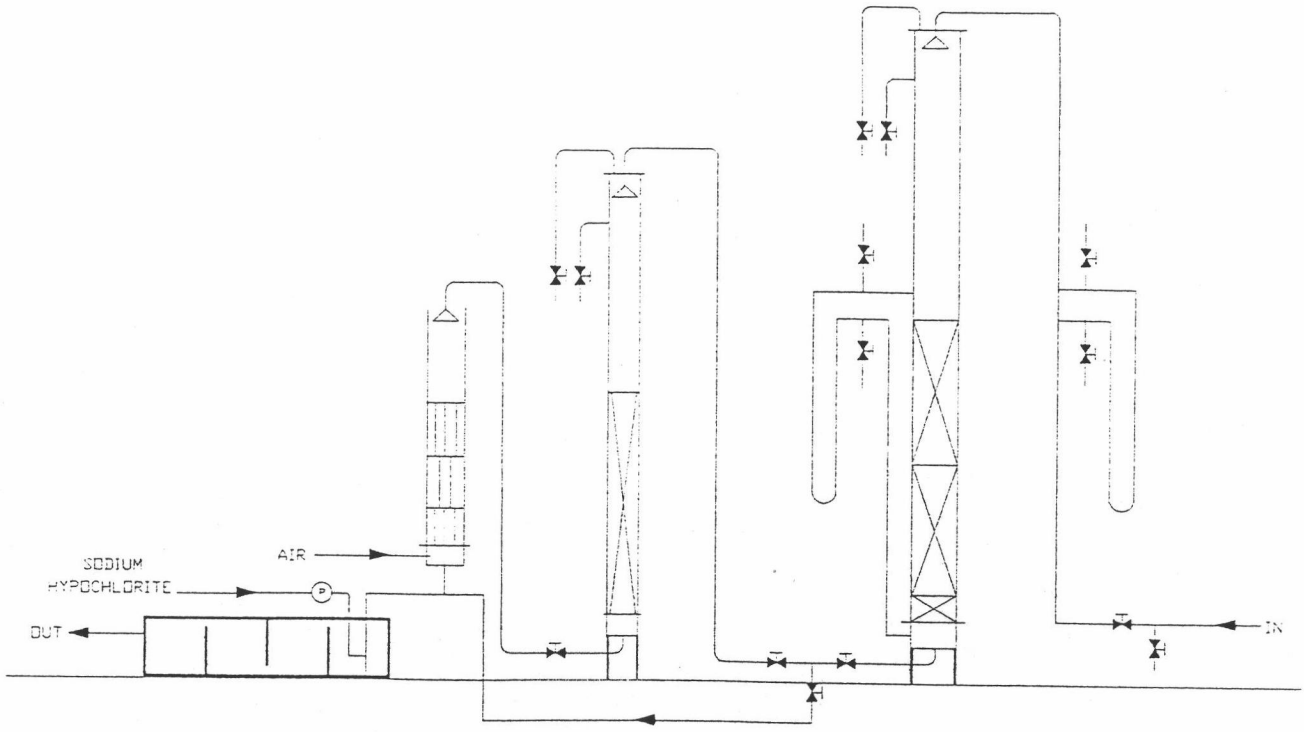
3) ตรวจสอบว่าน้ำที่ได้มีลักษณะสมบัติ (คุณภาพ) ดีพอที่จะใช้เป็นน้ำเติมหอทำน้ำเย็นหรือไม่




รูปที่ 5.5 ไดอะแกรมของหอไล่ก๊าซและถังคลอรีเนชัน



รูปที่ 5.6 หอไล่ก๊าซและถังคลอรีเนชัน




รูปที่ 5.7 ไดอะแกรมของระบบบำบัดน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย
เพื่อเติมหอทำน้ำเย็น

รูปที่ 5.8 ระบบบำบัดน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อเติมหอทำน้ำเย็น