

บทที่ 3

การดำเนินการวิจัย

3.1 แผนการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ งานทดลองทั้งหมดกระทำในห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรม
สุขาภิบาล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยได้กำหนดลำดับของการทดลอง
ไว้ดังนี้

1. เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์
2. เตรียมสารละลายมาตรฐานสำหรับวิเคราะห์ค่า TOC
3. ทดลองโดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ เพื่อหาชนิดของตัวกลาง และค่าพารามิเตอร์
ที่เหมาะสม
4. ทดลองโดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้
เครื่องกรองโคเอเลสเซอร์
5. ทดลองโดยใช้น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีมลพิษและของแข็งแขวนลอย

3.2 การดำเนินการวิจัย

3.2.1 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์

ในการวิจัยครั้งนี้มีน้ำเสียสังเคราะห์ 2 ประเภท คือ เตรียมขึ้นจาก
น้ำมัน และของแข็งแขวนลอย

1) น้ำเสียสังเคราะห์ที่เป็นอิมัลชัน มีส่วนประกอบด้วยน้ำมันกับน้ำ
ประปาในอัตราส่วนโดยประมาณ 1:1000 เตรียมได้โดยสูบน้ำผสมระหว่างน้ำมันกับน้ำ
ผ่านเครื่องสูบน้ำแบบทอยโข่ง

2) น้ำเสียสังเคราะห์ที่เป็นของแข็งแขวนลอย โดยเตรียมจากดิน
เบนโทไนท์ (bentonite) ดังนี้

1. นำดินมาผสมกับน้ำ โดยให้ความเข้มข้นประมาณ 15 กรัม ต่อลิตรกวนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน
2. เติมโซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) ลงไป ให้ความเข้มข้นประมาณ 100 มก./ล. แล้วเติมอากาศ (aeration) เป็นเวลา 24 ชม.
3. ปล่องไว้ในภาชนะน้ำนิ่ง ให้อนุภาคดินจมตัว เป็นเวลา 15 นาที แล้วใช้วิธีกาลักน้ำ (siphon) นำตัวอย่างน้ำออกจากภาชนะที่ความลึกซึ่งจะให้ได้อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่าหรือเท่ากับ 20 ไมครอน (20×10^{-6} ม.) โดยคำนวณจากสูตรที่ประยุกต์จากกฎของสโตก (Stoke's law) ดังนี้

$$W = \frac{\Delta \rho g d^2}{18\mu_c}$$

- ตัวอย่างเช่น ในกรณีของเบนโทไนท์ ซึ่งมีความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.65 คือ มีความหนาแน่น 2650 กก.(มวล)/ลบ.ม. เมื่อแทนค่าในกฎของสโตก จะได้ความลึกในการจมตัวนาน 15 นาทีเท่ากับภาชนะที่ความลึก 81 ซม. เป็นต้น
4. นำน้ำเสียส่งเคราะห์จากข้อ 3 มาเจือจางให้มีความเข้มข้นตามต้องการ

3.2.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ค่า TOC

สารเคมีที่ใช้เตรียมสารละลายมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ค่า TOC ได้แก่ Anhydrous potassium biphthalate ($\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$), Anhydrous sodium carbonate (Na_2CO_3) และ Anhydrous sodium bicarbonate (NaHCO_3) ซึ่งมีขั้นตอนการเตรียมดังนี้

3.2.2.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ TC

(Total carbon)

1. ละลาย Anhydrous potassium biphthalate 2.125 กรัมในน้ำกลั่นให้มีปริมาตรรวม 1 ลิตร จะได้สารละลายมี organic carbon 1000 ppm
2. นำสารละลายในข้อ 1 มา 25 ลบ.ซม. เจือจางด้วยน้ำกลั่น จนมีปริมาตรรวม 500 ลบ.ซม. จะได้สารละลายมี organic carbon 50 ppm

3. นำสารละลายในข้อ 1 มา 50 ลบ.ซม. เจือจาง
ด้วยน้ำกลั่น จนมีปริมาตรรวม 500 ลบ.ซม. จะได้สารละลายมี organic carbon 100 ppm

4. นำสารละลายในข้อ 1 มา 200 ลบ.ซม. เจือจาง
ด้วยน้ำกลั่น จนมีปริมาตรรวม 500 ลบ.ซม. จะได้สารละลายมี organic carbon 400 ppm

5. นำสารละลายในข้อ 1 มา 400 ลบ.ซม. เจือจาง
ด้วยน้ำกลั่น จนมีปริมาตรรวม 500 ลบ.ซม. จะได้สารละลายมี organic carbon 800 ppm

3.2.2.2 เตรียมสารละลายมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ค่า IC

(Inorganic carbon)

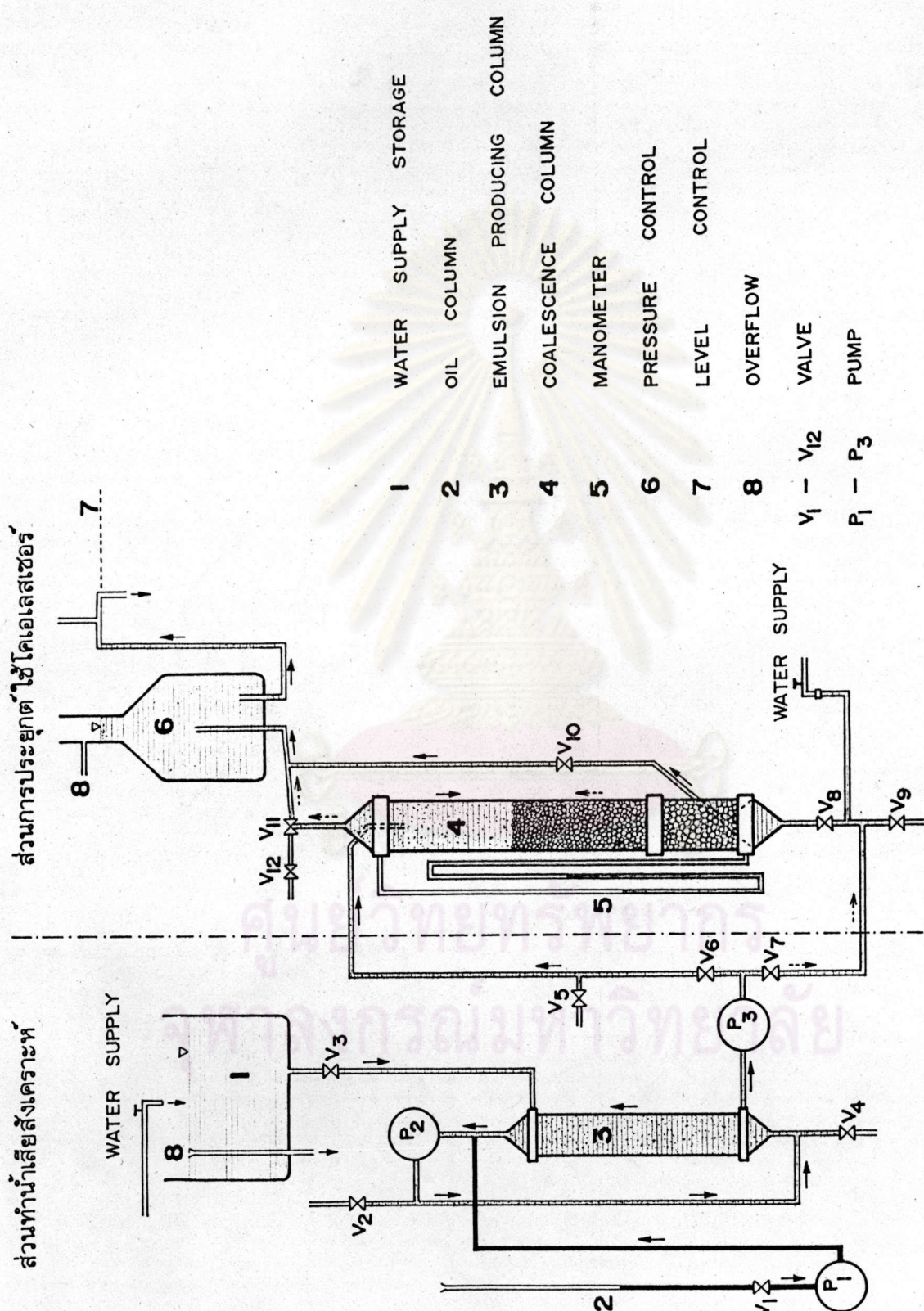
ละลาย Anhydrous sodium carbonate 4.4122 กรัม
ในน้ำกลั่นให้มีปริมาตรประมาณ 500 ลบ.ซม. หลังจากนั้นเติม Anhydrous sodium
bicarbonate 3.497 กรัม และเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรรวม 1 ลิตร จะได้สาร
ละลายมี inorganic carbon 1000 ppm และเจือจางด้วยน้ำกลั่นตามขั้นตอนที่ 2, 3,
4 และ 5 ในข้อ ก. จะได้สารละลายมี inorganic carbon 50, 100, 400 และ
800 ppm ตามลำดับ

3.2.3 วิธีการทดลอง

3.2.3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

เครื่องจำลองของระบบเครื่องกรองโคเอเลสเซอร์ ดัง
แสดงในรูปที่ 3.1 ประกอบด้วยเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้คือ

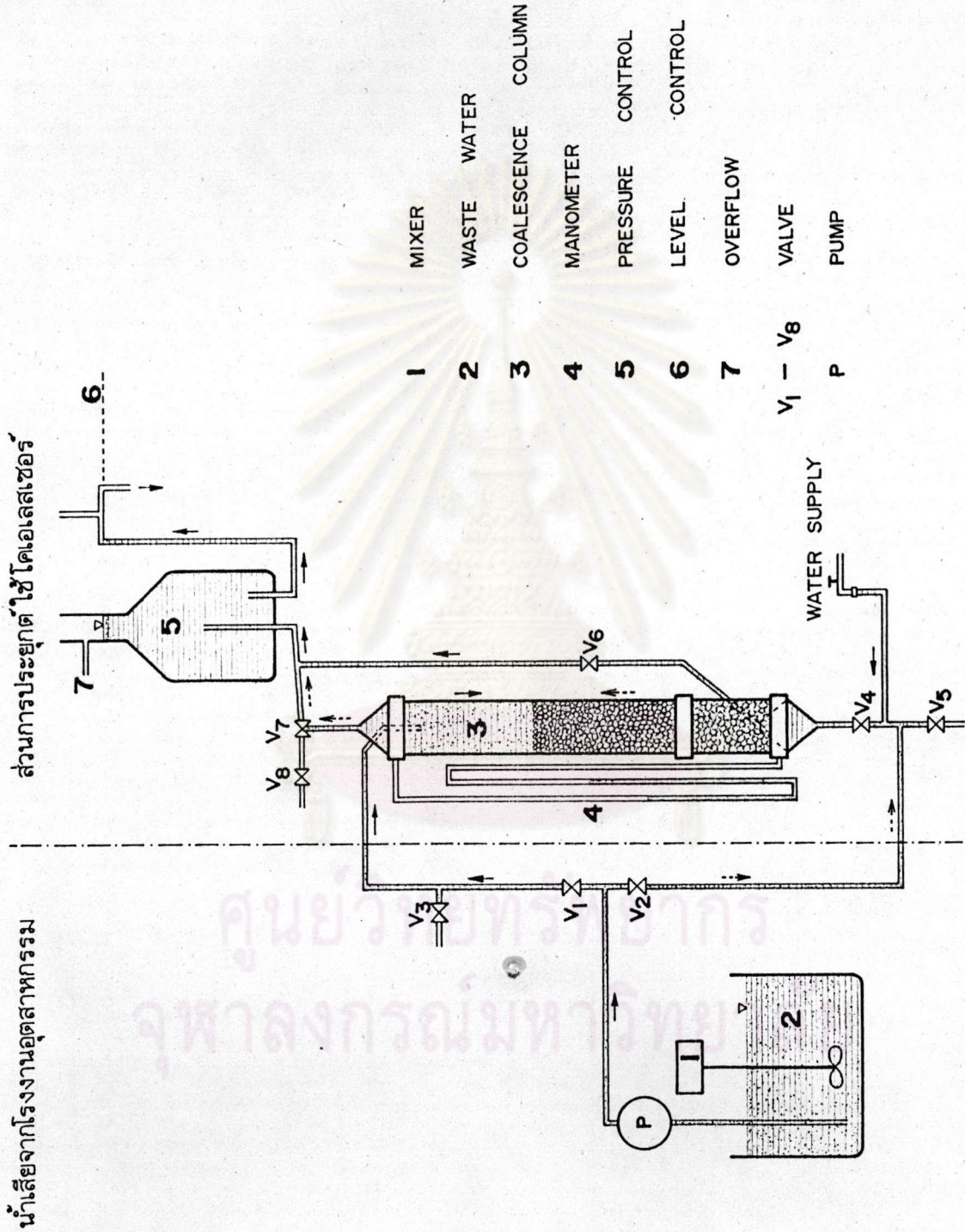
- 1) กระจบอโคเอเลสเซนซ์ (Coalescence column)
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางด้านใน 5.4 cm.
- 2) มาโนมิเตอร์ (Manometer)
- 3) กระจบอทำอิมัลชัน (Emulsion producing
column)
- 4) เครื่องสูบน้ำ (pump)
- 5) ถังเก็บน้ำประปา (Water supply storage Tank)
- 6) กระจบอน้ำมัน (Oil column)
- 7) ที่ควบคุมระดับและความดัน (Level and
pressure control)



ส่วนทำน้ำเสียสังเคราะห์

ส่วนการประยุกต์ใช้โคเอเลสเซอร์

ภาพ 3.1 แสดงรายละเอียดของการติดตั้งอุปกรณ์ และทิศทางการไหลของน้ำขณะกำลังทดลอง โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์



ภาพ 3.2 แสดงรายละเอียดของการติดตั้งอุปกรณ์ และทิศทางการไหลของน้ำขณะกำลังทดลอง โดยใช้ น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

3.2.3.2 การทดลอง

การทดลองแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนคือ

- 1) ศึกษาลักษณะการดูดติดระหว่างน้ำมันกับตัวกลางชนิดต่าง ๆ
- 2) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงและอิทธิพลของพารามิเตอร์ต่าง ๆ
- 3) ศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้เครื่องกรองโคเอเลสเซอร์ และทดลองโดยใช้น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีอิมัลชันและของแข็งแขวนลอย

- 1) ศึกษาลักษณะการดูดติดระหว่างน้ำมันกับตัวกลางชนิดต่าง ๆ

ซึ่งทดลองโดยใช้ตัวกลางชนิดต่าง ๆ ดังนี้

1. ทรายที่เปียกน้ำ (Hydrophilic sand)
ขนาด 0.35 มม.
2. ทรายที่ไม่เปียกน้ำ (Hydrophobic sand)
ขนาด 0.35 มม.
3. Oleophilic Resin ที่ยังไม่ได้เคลือบผิวด้วย surfactant
4. Oleophilic Resin ที่เคลือบผิวด้วย surfactant

ในขั้นแรกนำตัวกลางประมาณ 5 ลบ.ซม. ใส่ไว้ใน volumetric flask ขนาด 100 ลบ.ซม. และเติมน้ำประปาประมาณ 60 ลบ.ซม. น้ำมันประมาณ 5 ลบ.ซม. ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1 นาที ถ่ายรูปเก็บไว้ ต่อจากนั้นเขย่าให้เข้ากันประมาณ 30 วินาที ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที ถ่ายรูปเก็บไว้ เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปถ่ายก่อนเขย่าให้ผสมกัน และเพื่อสังเกตลักษณะสมบัติของตัวกลางในการดูดติดน้ำมัน นำตัวกลางมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์เพื่อศึกษากลไกในการดูดติดน้ำมันของตัวกลาง

- 2) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงและอิทธิพลของพารามิเตอร์ต่าง ๆ
ทำการทดลองโดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่เป็นอิมัลชัน

โดยใช้ตัวกลางชนิดต่าง ๆ เพื่อหาตัวกลางที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งมีตัวกลางชนิดต่าง ๆ ดังนี้ คือ
ทรายที่เปียกน้ำและไม่เปียกน้ำขนาด 0.35 และ 0.55 และ Oleophilic Resin

การเปรียบเทียบชนิดของตัวกลางที่เหมาะสมที่สุด

ในที่นี้ใช้ตรรกะการกรองเป็นพารามิเตอร์เปรียบเทียบ เมื่อทราบตัวกลางที่เหมาะสมที่สุดที่
หาได้ นำมาหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เหมาะสม โดยมีตัวแปรอิสระคือ อัตราการไหลผ่าน
เครื่องกรองโคเอเลสเซอร์และความลึกของชั้นตัวกลาง มีตัวแปรตามคือ ความสูญเสียแรง
ดันหัวน้ำและ TOC ดังรายละเอียดในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของการทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ

การทดลองที่	อัตราการไหล		ความลึกของชั้นตัวกลาง (ซม)
	(ลิตร/ชม)	(ลบ.ม/ตร.ม/ชม)	
1	19.0	8.3	10.5
2	37.1	16.2	10.5
3	53.3	23.3	10.5
4	19.0	8.3	16.1
5	37.1	16.2	16.1
6	53.3	23.3	16.1
7	62.3	27.2	16.1
8	19.0	8.3	22.2
9	37.1	16.2	22.2
10	53.3	23.3	22.2

3) ศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้เครื่องกรอง

โคเอเลสเซอร์

3.1 ทดลองโดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่เป็นของแข็ง

แขวนลอย โดยใช้อัตราการไหลประมาณ 7-8 ลบ.ม/ตร.ม/ชม และให้มีประสิทธิภาพกำจัด
ความขุ่นประมาณ 50-70%

3.2 ทดลองภายใต้สภาวะเดิม เช่น ชนิดของตัวกลาง และความลึกของชั้นตัวกลาง, อัตราการไหล โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่เป็นอิมัลชัน ให้มีปริมาณน้ำมันเข้าสู่เครื่องกรองโคเอเลสเซอร์เท่ากับ 0.5, 1, 1.5, 2, 3 ก/ตร.ซม ตามลำดับ และทดลองต่อไปโดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่เป็นของแข็งแขวนลอย ทั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของการกรอง

3.3 ทดลองโดยใช้น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ที่มีอิมัลชันและของแข็งแขวนลอย (รายละเอียดดูในภาคผนวก)

ก. การเก็บตัวอย่างน้ำและการวิเคราะห์

การเก็บตัวอย่างน้ำนำมาวิเคราะห์หาข้อมูล จะเก็บดังรายละเอียดในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดการเก็บตัวอย่างน้ำ

ตัวแปรตาม	ตำแหน่งของการเก็บตัวอย่าง		
	น้ำเสีย	ภายในเครื่องกรอง	น้ำทิ้ง
TOC หรือ SS หรือ Turbidity	A	-	B
pH	A	-	B
Emulsion diameter	A	-	-
Temperature	A	-	B
Head loss	-	B	-

หมายเหตุ A = ตัวแปรตามที่ต้องวิเคราะห์ทุกครั้งที่มีการทดลอง

B = ตัวแปรตามที่ต้องวิเคราะห์หลังจากเริ่มทดลองทุก ๆ 15 นาที จนครบ

2 ชม. หลังจากนั้นจะเก็บตัวอย่างทุก ๆ 30 นาที จนกระทั่งค่าที่วิเคราะห์

ได้มีประสิทธิภาพต่ำกว่า 80% หรือมีค่าความสูญเสียแรงดันหัวน้ำเกิน 2 ม.

ข เทคนิคการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ


การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำได้ทำการวิเคราะห์ดังนี้

TOC วิเคราะห์โดยใช้ TOC Analyzer แบบ 91513 ของบริษัท
Beckman

pH วัดโดย pH meter แบบ Zerometer SS-33 ของบริษัท Beckman

ความขุ่น วัดโดย Turbidimetu แบบ 2100A ของบริษัท Hack

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของอิมัลชัน วัดโดยใช้กล้องจุลทรรศน์



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย