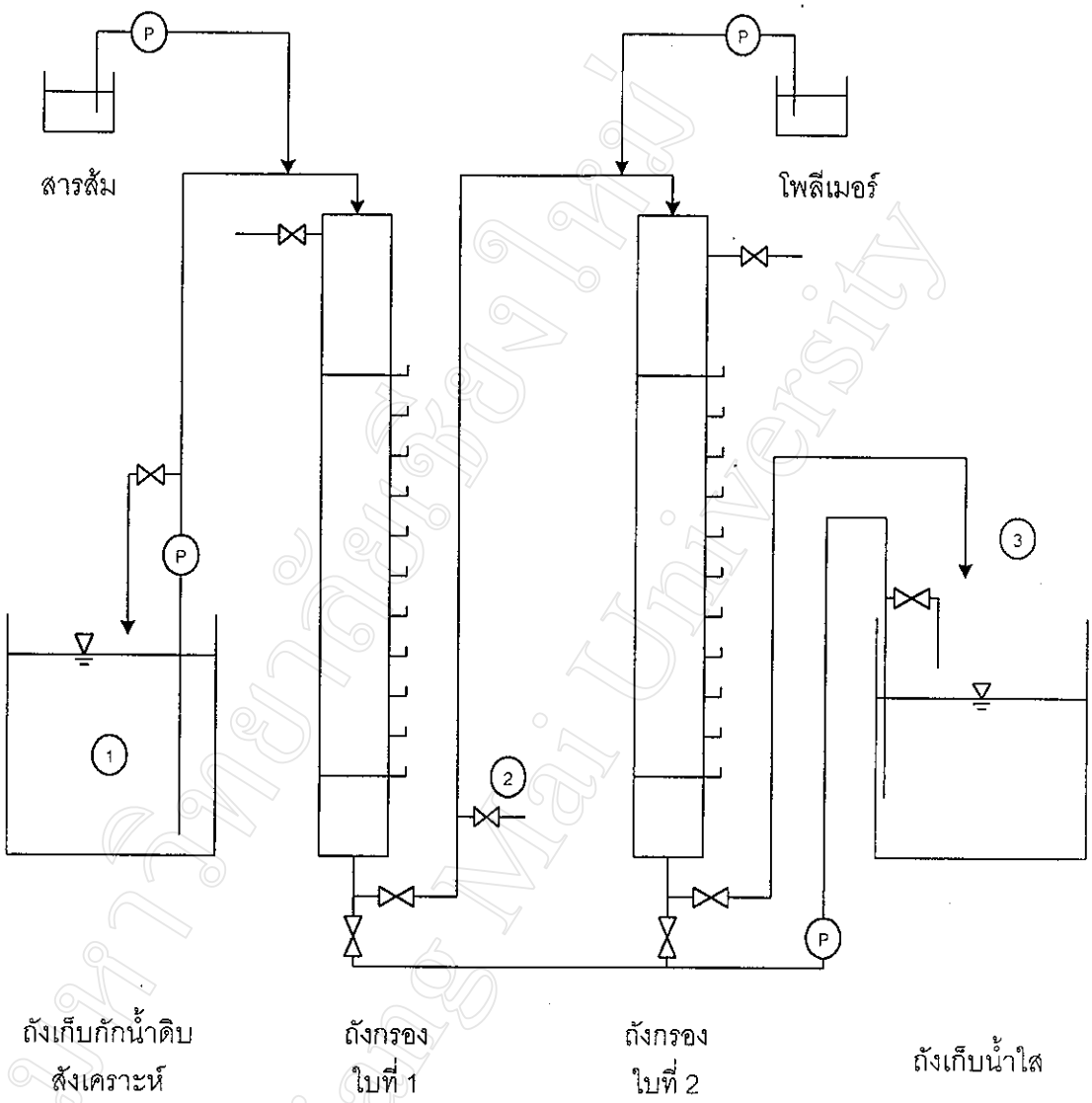
บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ส่วนประกอบของระบบซูเปอร์ฟิลเตอร์จำลอง

ระบบซูเปอร์ฟิลเตอร์จำลองประกอบด้วย ถังกรองใบที่ 1 ถังกรองใบที่ 2 ระบบเติมสารเคมี ระบบควบคุมอัตราการไหล ระบบท่อน้ำเข้า ระบบท่อน้ำออก และระบบล้างย้อนสารกรอง รูปที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบของระบบจำลองทั้งหมดและรูปที่ 3.2 แสดงระบบจำลองที่สร้างในห้องปฏิบัติการ ถังกรองใบที่ 1 และถังกรองใบที่ 2 จำลองทำจาก ท่อพีวีซี (PVC) เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว โดยมีความสูง 2.1 และ 2.6 เมตร ตามลำดับ ภายในถังกรองใบที่ 1 บรรจุทรายขนาด 2.86 มิลลิเมตร โดยใช้ทรายที่ได้จากการร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 6 และติดค้างอยู่บนตะแกรงเบอร์ 8 ชั้นทรายมีความลึก 1.0 ม.รองรับด้วยกรวดหนา 20 ซม.ทุกๆการทดลอง สำหรับถังกรองใบที่ 2 จะใช้ทรายขนาด 1.01 มม. โดยใช้ทรายที่ได้จากการร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 16 และติดค้างอยู่บนตะแกรงเบอร์ 20 ทำการทดลองโดยแปรค่าความลึกของชั้นทรายต่าง ๆ ได้แก่ 0.6, 0.8, 1.0, 1.2 และ 1.4 ม. ชั้นทรายถูกรองรับด้วยกรวดหนา 20 ซม. ทำการติดตั้งอุปกรณ์วัดการสูญเสียแรงดันหัวน้ำที่เกิดขึ้นภายในชั้นทรายของถังกรองทั้งสองถังซึ่งทำจากท่อพลาสติกใส ที่ระยะทุก ๆ 10 ซม. ของชั้นทราย ดังแสดงในรูปที่ 3.3

3.2 สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการทดลองได้แก่ สารส้ม (Alum) และโพลีเมอร์ประจุบวก (Cationic Polymer) โดยชนิดของโพลีเมอร์ที่ใช้ในการทดลองนี้คือโพลีอะคริลามีน (Polyacrylamine) ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดให้สารส้มทำหน้าที่เป็นโคแอกกูแลนท์และโพลีเมอร์ทำหน้าที่เป็นฟิลเตอร์เอด โดยทำการเติมสารส้มในเส้นท่อก่อนที่น้ำจะผ่านเข้าสู่ถังกรองใบที่ 1 และเติมโพลีเมอร์ก่อนที่น้ำจะผ่านเข้าถังกรองใบที่2 ในชุดการทดลองมีทั้งการใช้สารส้มช่วยในการรวมตะกอนเพียงอย่างเดียว และบางการทดลองได้ใช้โพลีเมอร์เป็นฟิลเตอร์เอดร่วมด้วย ก่อนการทดลองได้นำน้ำดิบที่แต่ละความขุ่นไปทำการทดลองจาร์เทสต์ในห้องปฏิบัติการ เพื่อหาปริมาณสารส้มต่ำสุดที่สามารถตกตะกอนความขุ่นในน้ำให้เหลือต่ำกว่า 5 NTU ได้ จากผลที่ได้นี้ถูกนำไปกำหนดปริมาณสารส้ม 4 ค่าต่างๆกันของแต่ละความขุ่นเพื่อใช้ในชุดการทดลอง

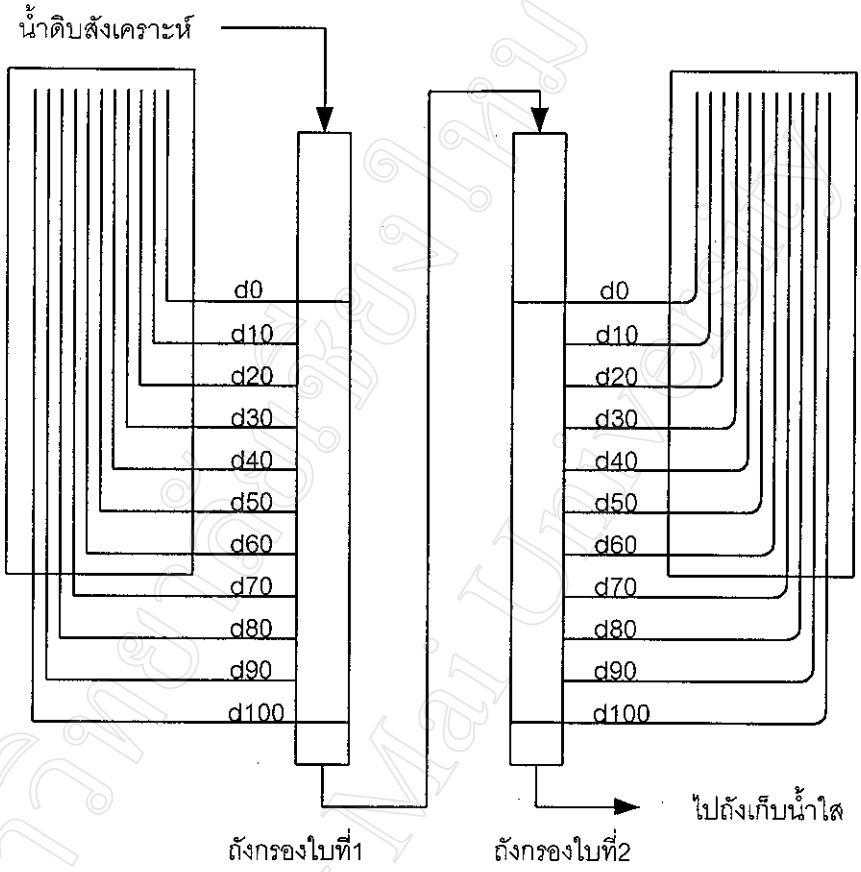


รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบของระบบซูเปอร์ฟิลเตอร์จำลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

รูปที่ 3.2 ระบบจำลองที่สร้างในห้องปฏิบัติการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



รูปที่ 3.3 อุปกรณ์วัดการสูญเสียแรงดันหัวน้ำของถังกรอง

3.3 การเตรียมน้ำดิบ

น้ำดิบสังเคราะห์ความขุ่นสูง

ในการทดลองนี้ น้ำดิบที่ใช้ในการทดลองถูกกำหนดให้มีความขุ่น 15 , 30 และ 50 NTU แต่เนื่องจากน้ำดิบที่ใช้เป็นน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ คือ น้ำจากอ่างแก้ว(อ่างเก็บน้ำภายในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่) ความขุ่นมีค่าไม่คงที่ เมื่อนำมาเก็บไว้ในถังเก็บน้ำดิบเพื่อให้ตกตะกอนแล้วจะมีความขุ่นต่ำกว่าที่กำหนด จึงต้องมีน้ำที่มีความขุ่นสูงมาผสม เพื่อเพิ่มความขุ่นของน้ำดิบ ซึ่งกรณีนี้ได้ใช้น้ำดิบสังเคราะห์ โดยเตรียมจาก

เบนโทไนท์	1	กิโลกรัม
น้ำประปา	100	ลิตร

ผสมให้เข้ากันโดยใช้ปั๊มหอยโข่งสูบหมุนเวียน หลังจากนั้นทิ้งไว้ให้ตกตะกอน 24 ชั่วโมง แล้วจึงดูดเอาน้ำจากความลึกซึ่งทำให้ได้อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่าหรือเท่ากับ 2 ไมครอน โดยคำนวณความลึกจาก Stoke's law ดังสมการ

$$V_C = g(\rho_s - \rho)d^2/18\mu \qquad \text{-------- (12)}$$

V_C = ความเร็วในการตกอิสระของอนุภาค (เมตรต่อวินาที)

g = อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (9.8 เมตรต่อวินาที^{2})

ρ_s = ความหนาแน่นของเบนโทไนท์ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

ρ = ความหนาแน่นของน้ำ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

d = ขนาดของอนุภาค (เมตร)

μ = ความหนืดของน้ำ (กิโลกรัมต่อเมตรต่อวินาที)

จากการคำนวณได้ค่า $V_C = 3.8 \times 10^{-6}$ เมตรต่อวินาที ที่อุณหภูมิ 25°C ความหนาแน่นของเบนโทไนท์ 2540 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

เมื่อได้ค่า V_C ก็นำมาหาระยะความลึกจาก $V_c \cdot t$

จะได้ความลึกเท่ากับ 33 เซนติเมตร

ดูดน้ำส่วนที่อยู่บริเวณผิวหน้า 33 เซนติเมตรแรกมาเก็บไว้ ซึ่งน้ำส่วนนี้จะมีอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 2 ไมครอนแขวนลอยอยู่ น้ำขุ่นที่เหลือเติมน้ำประปาให้เท่าเดิม แล้วกวนให้เข้ากันทิ้งไว้อีก 24 ชั่วโมง แล้วจึงดูดเอาน้ำส่วนที่อยู่บริเวณผิวหน้า 33 เซนติเมตรแรกมาเก็บไว้ ทำซ้ำจนได้ปริมาณน้ำดิบสังเคราะห์ความขุ่นสูงเพียงพอต่อความต้องการ นำน้ำที่เตรียมได้ไปวัดความขุ่น เพื่อไว้ใช้ในการคำนวณอัตราส่วนผสมระหว่างน้ำดิบสังเคราะห์ความขุ่นสูง และน้ำดิบเพื่อให้ได้ความขุ่นตามต้องการ

น้ำดิบสังเคราะห์

ใช้น้ำดิบที่นำมาพักให้ตกตะกอนไว้ในถังเก็บน้ำดิบเฉพาะส่วนที่ใส นำไปวัดความขุ่น นำค่าความขุ่นที่ได้มาคำนวณหาปริมาณน้ำดิบสังเคราะห์ความขุ่นสูงที่จะต้องใช้ผสมตามสูตร

$$V = (M_3 - M1_1)V_1/(M_2 - M_3) \qquad \text{-------- (13)}$$

V = ปริมาตรน้ำดิบสังเคราะห์ความขุ่นสูงที่จะใช้ผสม (ลิตร)

V_1 = ปริมาตรน้ำดิบจากอ่างแก้ว (ลิตร)

M_1 = ความขุ่นของน้ำดิบจากอ่างแก้ว (NTU)

M_2 = ความขุ่นของน้ำดิบสังเคราะห์ความขุ่นสูง (NTU)

M_3 = ความขุ่นของน้ำดิบสังเคราะห์ที่ต้องการเตรียม (NTU)

หลังจากผสมกันจนได้ความขุ่นตามต้องการแล้ว หากน้ำที่เตรียมได้มีค่า pH ต่ำกว่า 6.8 จะนำน้ำดิบสังเคราะห์ที่เตรียมได้นี้ไปปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 6.8 - 7.5 ด้วยโซดาแอซ (Na_2Co_3) เพื่อให้สารส้มทำปฏิกิริยาได้ดี

ลักษณะของน้ำดิบสังเคราะห์ที่เตรียมเสร็จแล้วจะมีความขุ่นตามที่กำหนด pH อยู่ในช่วง 6.8 - 7.5 อนุภาคที่แขวนลอยอยู่จะมีทั้งอนุภาคที่มาจากธรรมชาติ และอนุภาคของเบนโทไนท์ ขนาดอนุภาคจะมีตั้งแต่เล็กกว่า 2 ไมครอนลงไป ซึ่งน้ำที่มีลักษณะอนุภาคแขวนลอยแบบนี้ จะไม่สามารถกำจัดความขุ่นออกให้หมดด้วยการกรองแบบธรรมดา

3.4 การดำเนินการทดลอง

ในงานวิจัย ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ได้แก่ อัตราการกรอง ชนิดและปริมาณสารโคแอกกูแลนท์ ความขุ่นของน้ำดิบและความลึกของชั้นทรายในถังกรอง โดยกำหนดค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลองดังนี้

อัตราการกรอง ทำการทดลอง 3 ค่า ได้แก่ 5,8 และ 10 ลบ.ม / ตร.ม ชม.

ชนิดและปริมาณสารเคมี ทำการทดลองโดยใช้สารโคแอกกูแลนท์ 2 ชนิด ได้แก่ สารส้ม และโพลีอะคริลามีน

ความลึกของชั้นทรายในถังกรองใบที่ 2 ทำการทดลองโดยใช้ความลึกของชั้นทรายในถังกรอง 5 ค่าได้แก่ 0.6 , 0.8 ,1.0 , 1.2 และ 1.4 ม.

ความขุ่นของน้ำดิบ ทำการทดลอง 3 ค่า ได้แก่ 15 , 30 และ 50 NTU

ทำการทดลองทั้งหมด 50 ครั้ง โดยจำแนกตามอิทธิพลของตัวแปรที่ต้องการศึกษาได้ดังนี้

การทดลองที่ 1-4 , 11-14 และ 23-50 ใช้พิจารณาอิทธิพลของชนิดและปริมาณสารโคแอกกูแลนท์และอิทธิพลของความขุ่นของน้ำดิบ

การทดลองที่ 2,5-10 ใช้พิจารณาอิทธิพลของอัตราการกรอง

การทดลองที่ 12,13,15-22 ใช้พิจารณาอิทธิพลของความลึกของชั้นทรายในถังกรองใบที่2 โดยมีรูปแบบการทดลองของค่าตัวแปรต่างๆดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รูปแบบการทดลอง

การทดลองที่	ความขุ่นน้ำดิบ (NTU)	อัตราการกรอง (ม./ชม.)	ความลึกของทรายในถังกรองใบที่2 (ม.)	ชนิดและปริมาณสาร โคแอกกูแลนท์
1	15	5	1.0	Alum 20 mg./l.
2	15	5	1.0	Alum 30 mg./l.
3	15	5	1.0	Alum 40 mg./l.
4	15	5	1.0	Alum 50 mg./l.
5	15	8	1.0	Alum 20 mg./l.
6	15	8	1.0	Alum 30 mg./l.
7	15	10	1.0	Alum 20 mg./l.
8	15	10	1.0	Alum 30 mg./l.
9	15	10	1.0	Alum 40 mg./l.
10	15	10	1.0	Alum 50 mg./l.
11	15	5	1.0	Alum 20 mg./l.+ P.E 0.05 mg./l.
12	15	5	1.0	Alum 30 mg./l.+ P.E 0.05 mg./l.
13	15	5	1.0	Alum 40 mg./l.+ P.E 0.05 mg./l.
14	15	5	1.0	Alum 50 mg./l.+ P.E 0.05 mg./l.
15	15	5	1.4	Alum 30 mg./l.+ P.E 0.05 mg./l.
16	15	5	1.4	Alum 40 mg./l.+ P.E 0.05 mg./l.
17	15	5	1.2	Alum 30 mg./l.+ P.E 0.05 mg./l.
18	15	5	1.2	Alum 40 mg./l.+ P.E 0.05 mg./l.
19	15	5	0.8	Alum 30 mg./l.+ P.E 0.05 mg./l.
20	15	5	0.8	Alum 40 mg./l.+ P.E 0.05 mg./l.
21	15	5	0.6	Alum 30 mg./l.+ P.E 0.05 mg./l.
22	15	5	0.6	Alum 40 mg./l.+ P.E 0.05 mg./l.
23	30	5	1.0	Alum 40 mg./l.
24	30	5	1.0	Alum 60 mg./l.
25	30	5	1.0	Alum 80 mg./l.
26	30	5	1.0	Alum 100 mg./l.
27	30	5	1.0	Alum 40 mg./l.+ P.E 0.1 mg./l.
28	30	5	1.0	Alum 60 mg./l.+ P.E 0.1 mg./l.
29	30	5	1.0	Alum 80 mg./l.+ P.E 0.1 mg./l.

ตารางที่ 3.1 รูปแบบการทดลอง (ต่อ)

การทดลองที่	ความขุ่นน้ำดิบ (NTU)	อัตราการกรอง (ม./ชม.)	ความลึกของทรายในถังกรองใบที่2 (ม.)	ชนิดและปริมาณสารโคแอกกูแลนท์
30	30	5	1.0	Alum 100 mg./l.+ P.E 0.1 mg./l.
31	30	5	1.0	Alum 40 mg./l.+ P.E 0.2 mg.l.
32	30	5	1.0	Alum 60 mg./l.+ P.E 0.2 mg./l.
33	30	5	1.0	Alum 80 mg./l.+ P.E 0.2 mg./l.
34	30	5	1.0	Alum 100 mg./l.+ P.E 0.2 mg./l.
35	50	5	1.0	Alum 50 mg./l.
36	50	5	1.0	Alum 60 mg./l.
37	50	5	1.0	Alum 70 mg./l.
38	50	5	1.0	Alum 80 mg./l.
39	50	5	1.0	Alum 50 mg./l.+ P.E 0.05 mg./l.
40	50	5	1.0	Alum 60 mg./l.+ P.E 0.05 mg./l.
41	50	5	1.0	Alum 70 mg./l.+ P.E 0.05 mg./l.
42	50	5	1.0	Alum 80 mg./l.+ P.E 0.05 mg./l.
43	50	5	1.0	Alum 50 mg./l.+ P.E 0.1 mg./l.
44	50	5	1.0	Alum 60 mg./l.+ P.E 0.1 mg./l.
45	50	5	1.0	Alum 70 mg./l.+ P.E 0.1 mg./l.
46	50	5	1.0	Alum 80 mg./l.+ P.E 0.1 mg./l.
47	50	5	1.0	Alum 50 mg./l.+ P.E 0.2 mg./l.
48	50	5	1.0	Alum 60 mg./l.+ P.E 0.2 mg./l.
49	50	5	1.0	Alum 70 mg./l.+ P.E 0.2 mg./l.
50	50	5	1.0	Alum 80 mg./l.+ P.E 0.2 mg./l.

ก่อนการทดลองตามแบบแผนการทดลองทั้ง 50 ครั้ง ได้ทำการทดลองเพื่อหาการสูญเสียแรงดันหัวน้ำที่เกิดเนื่องจากทรายกรองก่อน โดยการเดินระบบด้วยน้ำเปล่าที่ไม่มีความขุ่นและน้ำดิบที่มีความขุ่นตามที่กำหนด แต่ไม่เติมสารโคแอกกูแลนท์ของแต่ละอัตราการกรอง บันทึกค่าการสูญเสียแรงดันหัวน้ำที่เกิดขึ้น

ในการวิจัยได้ใช้น้ำดิบสังเคราะห์ที่เตรียมเสร็จทันที น้ำดิบซึ่งมีความขุ่นตามที่กำหนด จะถูกเครื่องสูบน้ำสูบขึ้นไปตามท่อสู่ถังกรองใบที่ 1 อัตราการไหลในแต่ละการทดลองถูกควบคุมโดยวาล์วที่ท่อแยก(By-Pass) สารส้มที่ถูกกำหนดปริมาณถูกเติมภายในเส้นท่อด้วยเครื่องสูบสารเคมี

ก่อนที่น้ำดิบจะถูกปล่อยลงสู่ถังกรองใบที่ 1 ทำการวัดการสูญเสียแรงดันหัวน้ำโดยอ่านค่าระดับน้ำภายในสายยางพลาสติกและเก็บตัวอย่างน้ำที่จุดต่างๆ จนกว่าน้ำที่ผ่านถังกรองใบที่ 2 มีความขุ่นเกิน 5 NTU หรือมีระดับน้ำในถังกรองใบที่ 2 สูงเกินกว่า 2.0 ม.จึงหยุดทำการทดลอง ทำการล้างย้อนแล้วจึงเริ่มทำการทดลองครั้งต่อไป รายละเอียดของจุดเก็บตัวอย่างน้ำ ดัชนีคุณภาพน้ำที่ทำการวิเคราะห์ ความถี่ในการเก็บน้ำตัวอย่างและวิธีการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดของจุดเก็บตัวอย่างน้ำ ความถี่ในการเก็บน้ำตัวอย่าง ดัชนีคุณภาพน้ำที่นำมาวิเคราะห์และวิธีการวิเคราะห์

พารามิเตอร์	จุดเก็บ	วิธีวิเคราะห์	ความถี่
พีเอช	1 , 3	พีเอช มิเตอร์ Horiba รุ่น D14-E	1 ครั้ง / การทดลองใดๆ
อุณหภูมิ	1		
ความเป็นด่าง	1 , 3	Acid Titration	
ค่าการสูญเสียแรงดันหัวน้ำ	ทุกๆ 10 ซม. ของ ความลึกทราย	-	ทุกๆ 30 นาทีใน 2ชั่วโมงและทุกชั่วโมงหลังจากนั้น
ความขุ่น	2 , 3	เครื่องวัดความขุ่น HACH รุ่น 2100N	ทุกๆ 30 นาทีใน 2ชั่วโมงแรกและทุกชั่วโมงหลังจากนั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University