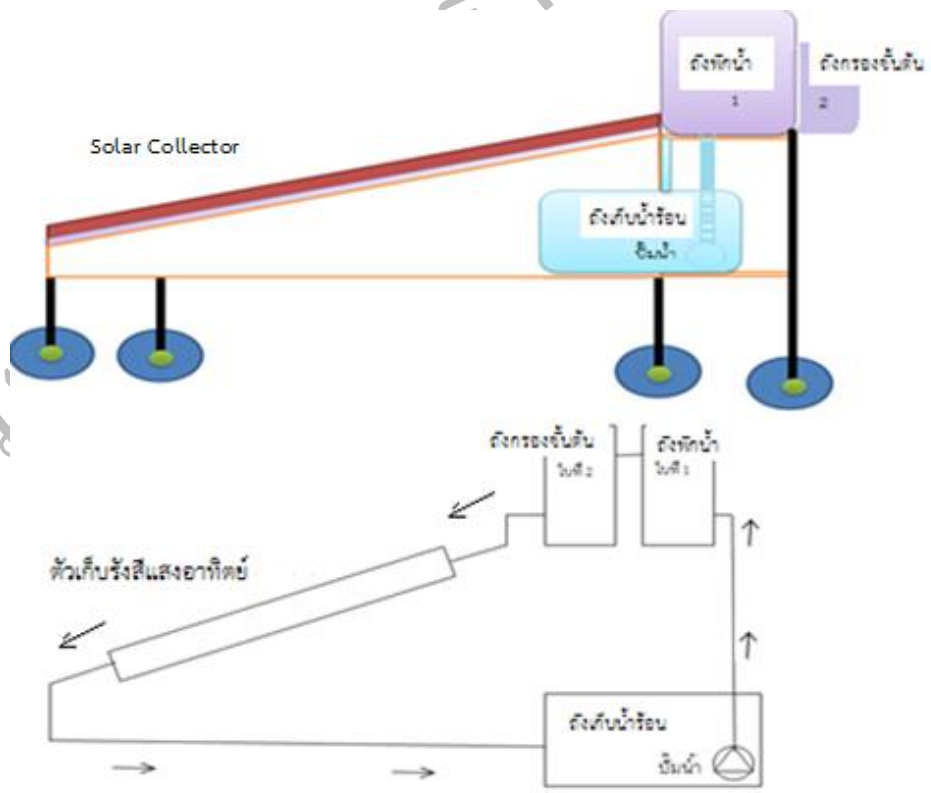
บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายในการพัฒนาต้นแบบระบบบำบัดน้ำแสงอาทิตย์ โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาวิจัยตามขั้นตอน ดังนี้

1. ออกแบบสร้างเครื่องต้นแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบแสงอาทิตย์

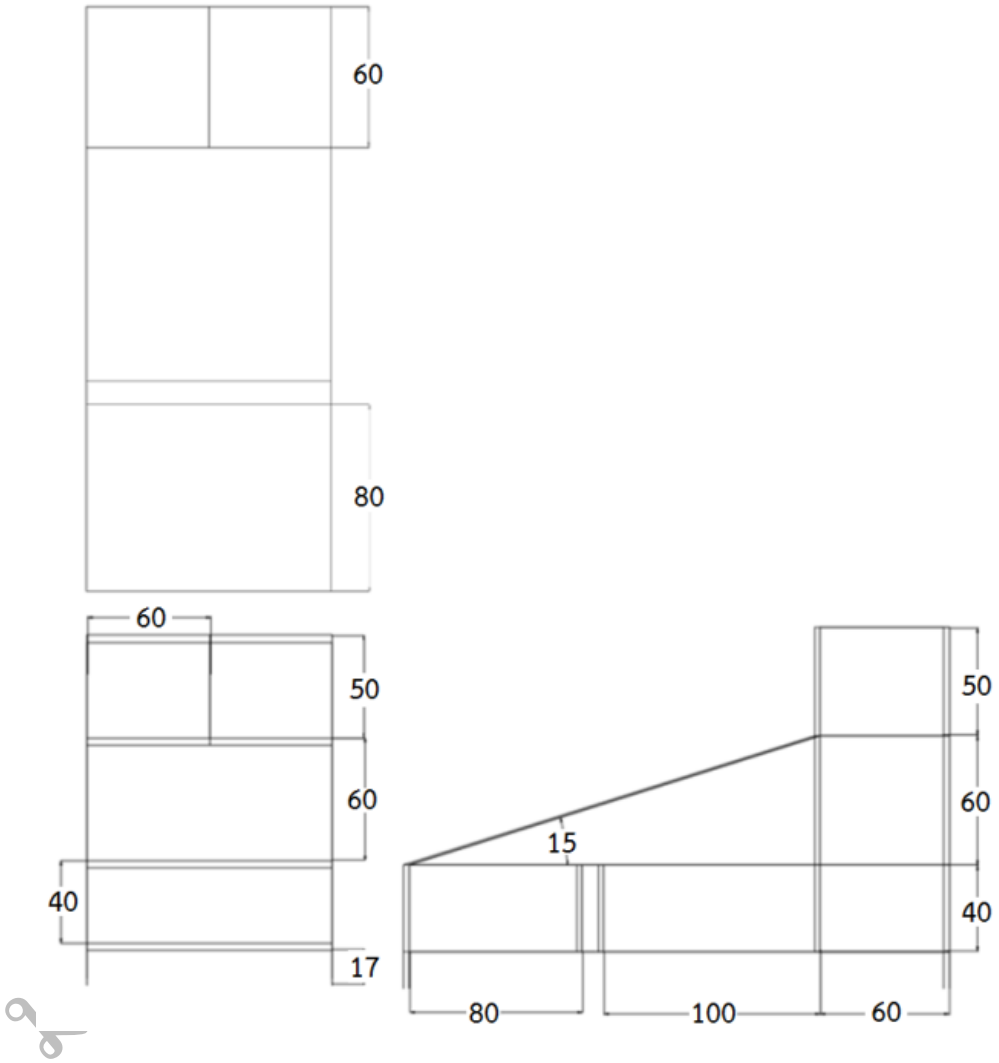
1.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นทั้งเอกสาร หนังสือ รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และสอบถามข้อมูลจากผู้ที่เคยทำตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector

1.2 ทำการออกแบบต้นแบบระบบบำบัดน้ำแสงอาทิตย์ แบบระบบภายใต้แรงดันและการหมุนเวียนของน้ำด้วยปั๊มน้ำ โดยส่งน้ำจากถังเก็บน้ำร้อนขึ้นผ่านถังพักน้ำและถังกรองขั้นต้นไหลไปตามท่อเข้าตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector และน้ำไหลออกเข้าสู่ถังเก็บน้ำร้อน โดยน้ำจะวนอยู่ภายในลักษณะระบบปิด ดังแสดงในภาพ 2



ภาพ 2 แบบและโครงสร้างการไหลของต้นแบบระบบบำบัดน้ำแสงอาทิตย์

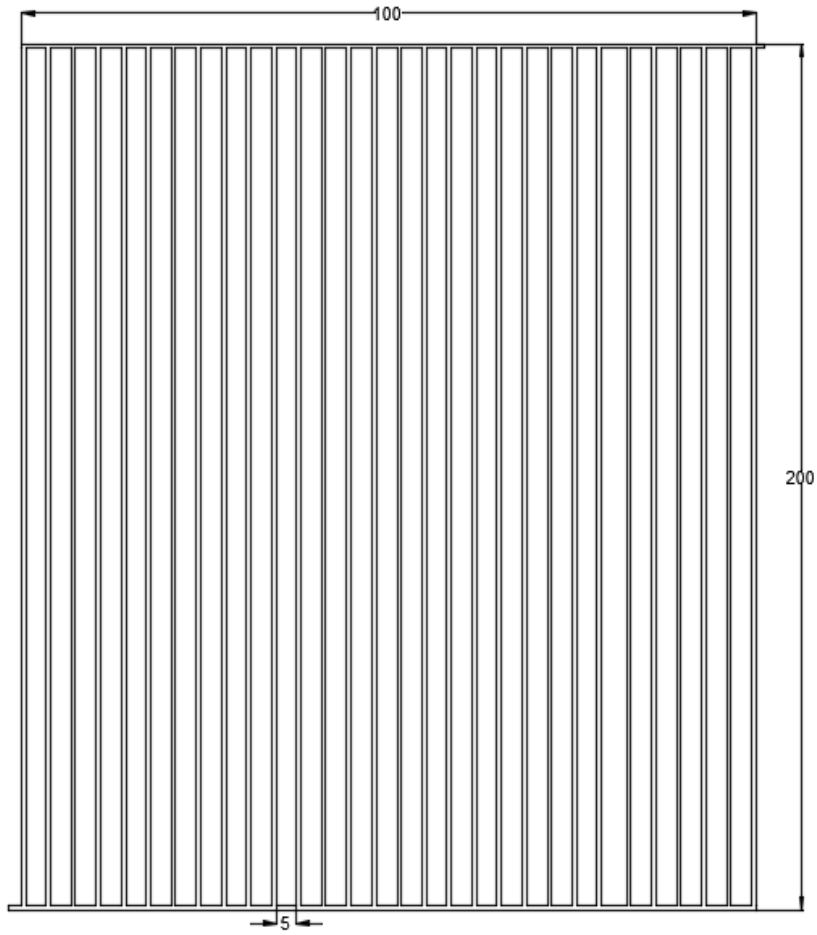
1.3 ออกแบบโครงสร้างฐานรองตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector โดยฐานวางใช้เหล็กฉากกว้าง 1.20 เมตร ยาว 2.50 เมตร สูง 167 เมตร วางทำมุม 15 องศากับพื้นระนาบ ดังแสดงในภาพ 3



ภาพ 3 การออกแบบโครงสร้างฐานรองเครื่อง Solar collector

1.4 ออกแบบตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector ตัวเครื่องทำมาจากสแตนเลต มีขนาดภายนอกของแผง 2 x 1m^2 ลึก 0.15 m ด้านล่างสุดเป็นโฟมหนา 50 mm ขนาดเท่ากับตัวเครื่อง ชั้นที่สองวางรองทับด้วยฉนวนกั้นความร้อนและแผ่นสังกะสีพ่นด้วยสีดำเพื่อเพิ่มความสามารถในการดูดความร้อน ด้านบนของเครื่องปิดด้วยกระจกใส (glass cover) 4 mm ชั้นเดียว เพื่อทำให้เป็นระบบปิด ระยะห่างระหว่างท่อดูดรังสีกับกระจกประมาณ 100 mm

1.5 ท่อดูดรังสี (absorber plate) ทำด้วยท่อทองแดงขนาด 1/2 นิ้ว ยาว 2 m กว้าง 1 m จำนวน 30 ท่อ วางขนานห่างกันระยะห่าง 5 cm ต่อเข้ากับท่อทองแดงสำหรับน้ำเข้าและท่อน้ำออก ขนาด 7/8 นิ้ว จำนวน 2 ท่อ ต่อกันแบบขนาน ลักษณะการวางในแนวยาวตามตัวเครื่อง ดังแสดงในภาพ 4

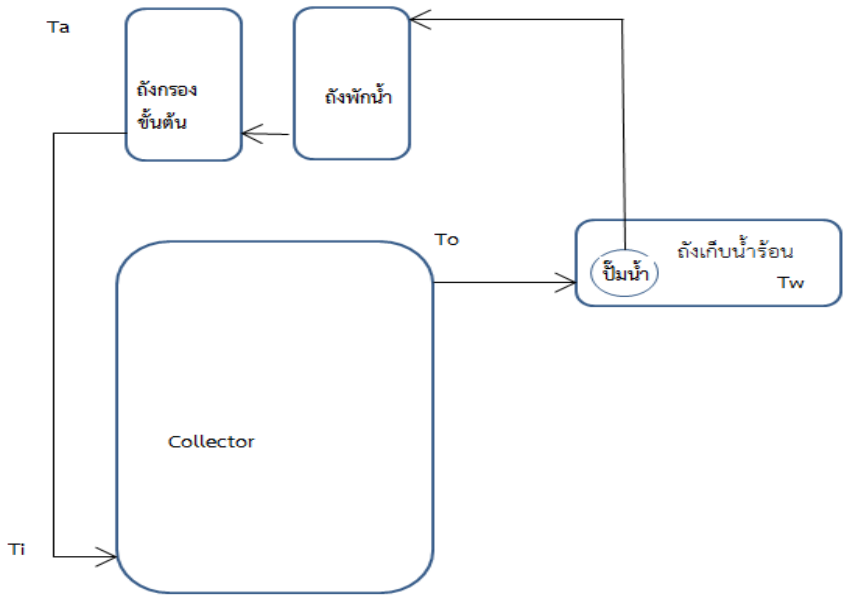


ภาพ 4 การวางท่อทองแดงของตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์

1.6 ออกแบบถังเก็บน้ำร้อน ถังพักน้ำและถังกรองขั้นต้น โดยถังเก็บความร้อนใช้เป็นถังน้ำแข็งเก็บความร้อนแบบสำเร็จรูปขนาด 40 ลิตร สูง 35 cm ถังพักน้ำ 1 ถังและถังกรองขั้นต้น 1 ถัง ขนาด 20 ลิตร โดยภายในถังกรองขั้นต้น บรรจุถ่านคาร์บอน, ซีโอไลท์และใยแก้ววางซ้อนกันเป็นชั้นๆ ดังแสดงในภาพ 5

ภาพ 5 ภายในถังกรองขั้นต้น

1.7 ออกแบบตำแหน่งวัดอุณหภูมิ คือ 1. ท่อทางน้ำเข้าตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector (T_i), 2. ท่อทางน้ำออกตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector (T_o), 3. อุณหภูมิอากาศแวดล้อม (T_a) และ 4. ที่ถังเก็บน้ำร้อน (T_w) ดังแสดงในภาพ 6



ภาพ 6 ต้นแบบระบบบำบัดน้ำแสงอาทิตย์และจุดทำการวัด

2. การสร้างเครื่องต้นแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบแสงอาทิตย์

2.1 สร้างฐานวางตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector โดยใช้เหล็กมุมฉากตัดตามขนาดที่ได้ออกแบบไว้ และประกอบเป็นโครงสร้างฐานวาง ดังแสดงในภาพ 7

ภาพ 7 สร้างฐานวางตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector

2.2 ตัดและเชื่อมท่อทองแดงเข้าด้วยกันตามแบบ จากนั้นนำแผ่นโฟม, ฉนวนกั้นความร้อน, แผ่นสังกะสี, ท่อดูดรังสีและกระจก มาประกอบเป็นตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector ดังแสดงในภาพ 8

ภาพ 8 ขั้นตอนการทำตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector

มหาวิทยาลัยราชภัฏ

2.3 นำตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector วางบนฐานโครงสร้างพร้อมติดตั้งถังเก็บความร้อน ถังพักและถังกรองขั้นต้น ทำการเจาะรูที่ถังเก็บความร้อน ถังพักและถังกรองขั้นต้น วัดขนาดระหว่างถังเก็บความร้อน ถังพัก ถังกรองขั้นต้นและตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector เพื่อทำการตัดท่อประปา จากนั้นวัดและตัดขนาดของท่อประปา ต่อท่อประปาและใส่ก๊อกน้ำ เพื่อเป็นจุดวัดอุณหภูมิของน้ำและติดตั้งปั๊มน้ำขนาด 350 W ไว้ภายในถังเก็บน้ำร้อน ดังแสดงในภาพ 9

ภาพ 9 ปั๊มน้ำขนาด 350 W ภายในถังเก็บน้ำร้อน

3. การทดสอบต้นแบบระบบบำบัดน้ำแสงอาทิตย์

3.1 ทดสอบการไหลของน้ำภายในระบบ การทดสอบระบบน้ำ มีขั้นตอนการทดลอง ดังนี้ คือทดสอบระบบโดยเติมน้ำลงในถังเก็บน้ำร้อนและเปิดปั๊มน้ำ น้ำจะไหลขึ้นมาเข้าถังพักและผ่านมายังถังกรองขั้นต้น จากนั้นน้ำจะไหลไปทางน้ำเข้าตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector ด้านล่าง เมื่อตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector ได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ น้ำจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น ความหนาแน่นต่ำลง ทำให้น้ำค่อยๆ ไหลขึ้นไปรวมกันที่ท่อทางน้ำออกของตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector และน้ำร้อนจะไหลออกมายังถังเก็บน้ำร้อน ไหลวนเป็นระบบทำให้เกิดความร้อนสะสมตลอดเวลา

3.2 จากการทดสอบการไหลของน้ำภายในระบบพบว่า ท่อประปาตรงทางน้ำออกของตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector เกิดการบิดงอเนื่องมาจากอุณหภูมิของน้ำร้อนภายในตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector ดังแสดงในภาพ 10 และพบว่าโครงสร้างฐานวางของแผงเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector สูงเกินไปไม่สะดวกในปฏิบัติงาน ดังแสดงในภาพ 11

มหาวิทยาลัย

ภาพ 10 ท่อประปาเกิดการบิดงอ

ภาพ 11 ลักษณะโครงสร้างฐานวางที่สูงเกินไปไม่สะดวกในปฏิบัติงาน

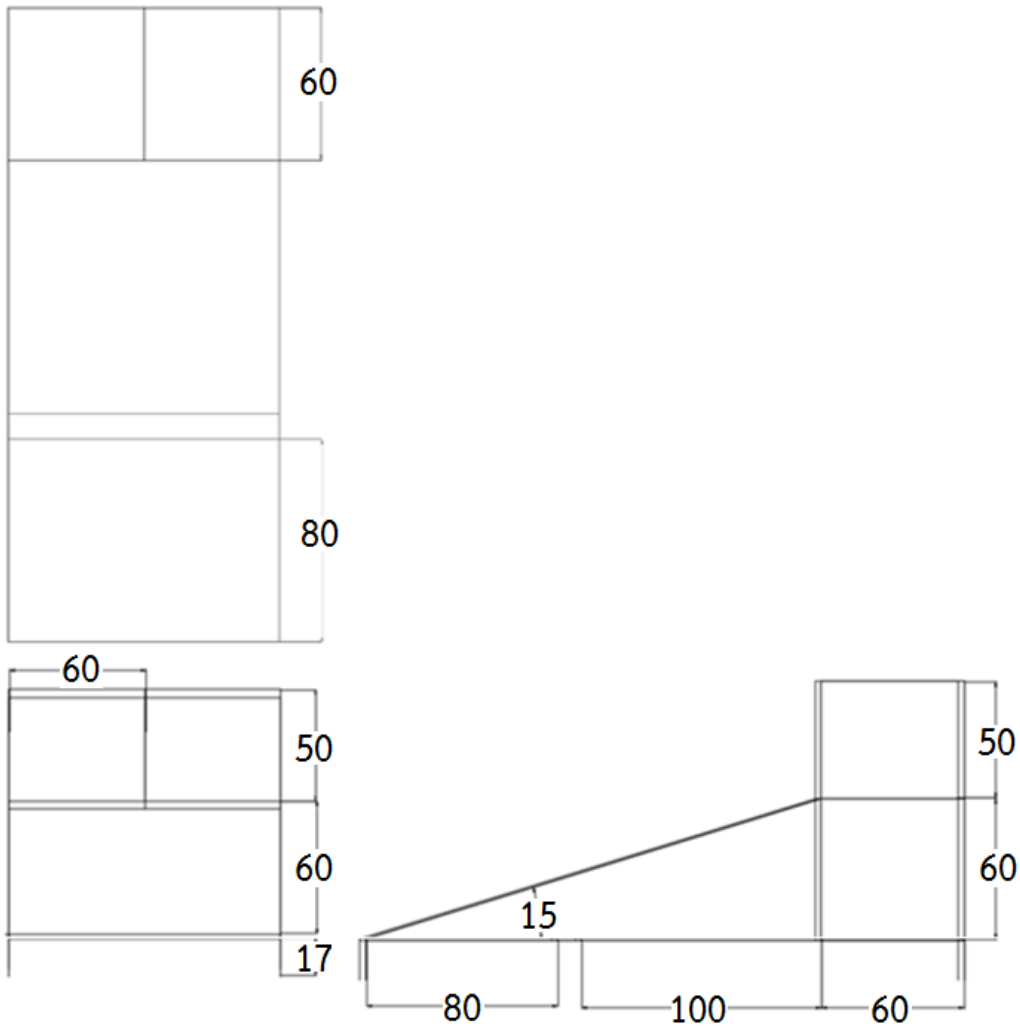
4. พัฒนาต้นแบบระบบบำบัดน้ำแสงอาทิตย์หลังการทดสอบช่วงระยะเวลาแรก

4.1 ทำการพัฒนาต้นแบบระบบบำบัดน้ำแสงอาทิตย์ใหม่โดยเปลี่ยนจากการใช้ท่อประปามาใช้ท่อเหล็กแทนทั้งหมด ดังแสดงในภาพ 12

ภาพ 12 ใช้ท่อเหล็กแทนท่อประปา

4.2 ทำการออกแบบโครงสร้างฐานวางของแผงเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector ใหม่ โดยมีขนาดความกว้าง 1.20 เมตร ยาว 2.50 เมตร สูง 127 เมตร ดังแสดงในภาพ 13

มหาวิทยาลัยราชภัฏ



ภาพ 13 แบบฐานวางตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector ใหม่ ขนาด 1.2*2.5*127 เมตร

4.3 ดำเนินการปรับปรุงโครงสร้างฐานตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector ตามแบบดังแสดงในภาพ 14

ภาพ 14 การปรับปรุงโครงสร้างฐานวางของแผงเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector ใหม่

5. การทดสอบต้นแบบระบบบำบัดน้ำแสงอาทิตย์หลังการพัฒนาปรับปรุง

5.1 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบระบบบำบัดน้ำแสงอาทิตย์ โดยการทดสอบจะวัดอุณหภูมิ T_i, T_o, T_a และ T_w ทุกชั่วโมงตั้งแต่เวลา 9.00 ถึง 16.00 น. ของทุกวันที่ทดสอบ และวัดค่าเฉลี่ยความเข้มแสงอาทิตย์ (G) โดยใช้ค่าเฉลี่ยในแต่ละชั่วโมงในหน่วย (W/m^2) เริ่มต้นจากการเปิดปั๊มน้ำที่อยู่ในถังเก็บน้ำร้อน ปั๊มน้ำจะสูบน้ำขึ้นมายังถังพักน้ำและผ่านถังกรองขั้นต้น ไหลผ่านเข้าตำแหน่งท่อน้ำเข้าตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector ไหลผ่านเข้ามายังตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector เมื่อน้ำไหลผ่านท่อทองแดงของตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector น้ำจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นและจะไหลวนกลับขึ้นไปทางท่อน้ำออกตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector ที่อยู่ด้านบนและน้ำจะไหลเข้าสู่ถังเก็บน้ำร้อน จากนั้นปั๊มน้ำก็จะสูบน้ำต่อไปไหลวนเป็นระบบปิด

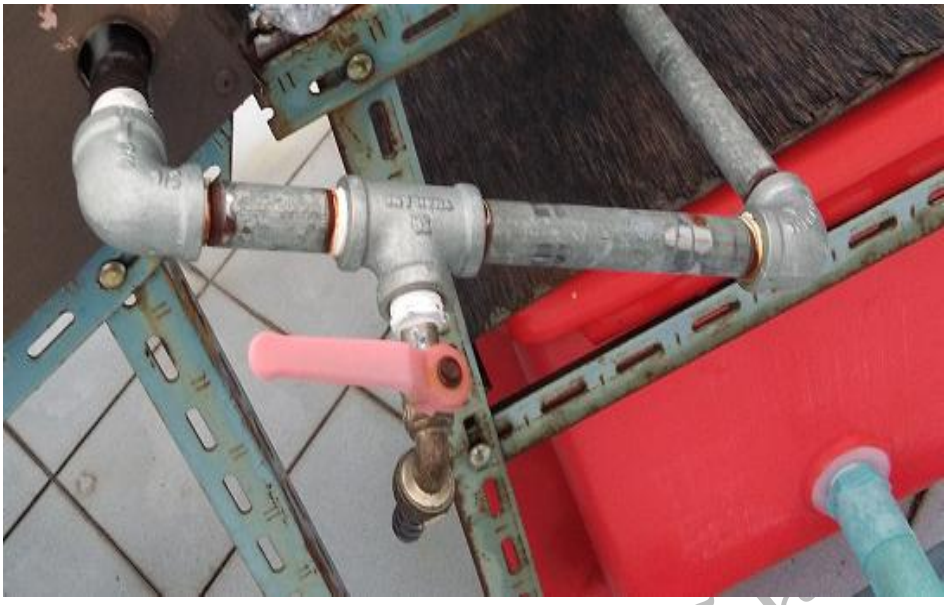
5.2 ที่ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิท่อทางน้ำเข้าตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector (T_i) ดังแสดงในภาพ 15 ทำการเปิดก๊อกน้ำให้น้ำไหลออกใส่ถ้วยแก้วแล้วใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิ Testo 106 วัดอุณหภูมิ ดังแสดงในภาพ 16 จากนั้นทำการจดบันทึกค่าที่ได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏ

ภาพ 15 แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิท่อทางน้ำเข้าตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector (T_i)

ภาพ 16 เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิ Testo 106
ที่มา: คอมคิวบ์, (2560)

5.3 ที่ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิท่อทางน้ำออกตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector (T_o) ดังแสดงในภาพ 17 ทำการเปิดก๊อกน้ำให้น้ำไหลออกใส่ถ้วยแก้วแล้วใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิ Testo 106 วัดอุณหภูมิจากนั้นทำการจดบันทึกค่าที่ได้



ภาพ 17 แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิท่อทางน้ำออกตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector (T_o)

5.4 ที่ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิถังเก็บน้ำร้อน (T_w) ดังแสดงในภาพ 18 ทำการเปิดก๊อกน้ำให้น้ำไหลออกใส่ถ้วยแก้วแล้วใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิ Testo 106 วัดอุณหภูมิจากนั้นทำการจดบันทึกค่าที่ได้

ภาพ 18 แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิถังเก็บน้ำร้อน (T_w)

5.5 วัดอุณหภูมิอากาศแวดล้อม (T_a) โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิจากนั้นทำการจดบันทึกค่าที่ได้

5.6 วัดค่าเฉลี่ยความเข้มแสงอาทิตย์ (G) ใช้ค่าเฉลี่ยในแต่ละชั่วโมงในหน่วย (W/m^2) โดยใช้เครื่องวัดพลังงานแสงอาทิตย์ Tenmars (TM206) Solar Power Meter ดังแสดงในภาพ 19 ซึ่งเป็นเครื่องวัดพลังงานแสงอาทิตย์ เหมาะสำหรับการวัดรังสีดวงอาทิตย์ที่มีการปล่อยออกมาจากดวงอาทิตย์

ภาพ 19 เครื่องวัดพลังงานแสงอาทิตย์ Tenmars (TM206) Solar Power Meter
ที่มา: คอมคิวบ์, (2560)

5.7 คำนวณหาปริมาณความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ของตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector (Q_u) และคำนวณหาประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector

5.7.1 สมการหาปริมาณความร้อนตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector (Q_u)
สูตรการหาปริมาณความร้อนตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector (Q_u)

$$Q_u = \frac{MC_w\,(T_o - T_i)}{t} \qquad (1)$$

5.7.2 สมการหาประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector (η)
สูตรการหาประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector (η)

$$\eta = \frac{Q_u}{G.A_C} \qquad (2)$$

5.8 ทดสอบการฆ่าเชื้อโรคจากน้ำเสียชุมชนที่กำหนด โดยเก็บน้ำเสียตัวอย่างมาบำบัดผ่านเครื่องต้นแบบระบบบำบัดน้ำแสงอาทิตย์ การทดสอบจะแบ่งเป็นน้ำเสีย (น้ำทิ้งจากลำคลอง), น้ำเสียที่ผ่านกรองขั้นต้น (น้ำคลองที่ผ่านตัวกรอง) และน้ำเสียที่ผ่านตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector (น้ำคลองที่ผ่านแผงความร้อน) จากนั้นนำน้ำเสียตัวอย่างไปตรวจสอบค่าที่สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.8.1 วิธีปฏิบัติก่อนเก็บตัวอย่างน้ำ

5.8.1.1 เตรียมน้ำแข็งใส่กล่องรักษาความเย็นสำหรับเก็บรักษา (Preservation) ตัวอย่างน้ำให้เพียงพอสำหรับการเก็บตัวอย่าง

5.8.1.2 เขียนฉลากขวดเก็บตัวอย่างน้ำด้วยปากกาชนิดกันน้ำ

5.8.1.3 ประเภทของน้ำตัวอย่าง ระบุเป็นน้ำทิ้ง หรือจากแหล่งกำเนิดประเภทใด

5.8.1.4 ติดฉลากข้างขวดเก็บตัวอย่างน้ำ ลักษณะของฉลากที่ใช้ต้องสามารถกันน้ำได้ และไม่หลุดลุ่ยง่าย

5.8.2 ขวดเก็บตัวอย่างน้ำ เป็นขวดเฮลซ์บลูบอย จำนวน 6 ขวด เก็บตัวอย่างน้ำจำนวนอย่างละ 1 ลิตร

5.8.3 วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ

5.8.3.1 แหล่งน้ำไหล ซึ่งได้แก่ แม่น้ำ ลำคลอง เป็นต้น ให้เก็บที่จุดกึ่งกลางความกว้างของแหล่งน้ำที่ระดับกึ่งกลางความลึก ณ จุดตรวจสอบ เว้นแต่แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดและแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม ให้เก็บที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร ณ จุดตรวจสอบ

5.8.3.2 แหล่งน้ำนิ่ง ได้แก่ ทะเลสาบ หนอง บึง อ่างเก็บน้ำ เป็นต้น ให้เก็บที่ระดับความลึก 1 เมตร ณ จุดตรวจสอบสำหรับแหล่งน้ำที่มีความลึกเกินกว่า 2 เมตร และให้เก็บที่จุดกึ่งกลางความลึก ณ จุดตรวจสอบสำหรับแหล่งน้ำที่มีความลึกไม่เกิน 2 เมตร เว้นแต่แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดและแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม ให้เก็บที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร ณ จุดตรวจสอบ

5.8.4 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ โดยตัวอย่างน้ำจะถูกนำมาทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (Laboratory) สถานบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้ในมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน โดยวิธีการตรวจสอบเป็นไปตามวิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย Standard Methods for Examination of Water and Wastewater ซึ่ง APHA: American Public Health Association, AWWA:

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

American Water Works Association และ WPCF: Water Pollution Control Federation ของสหรัฐอเมริการ่วมกันกำหนด

5.8.5 การประเมินคุณภาพน้ำ

5.8.5.1 การประเมินโดยการเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน เป็นการนำผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำจากห้องปฏิบัติการมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานเป็นรายพารามิเตอร์ โดยพิจารณาจากค่าที่ได้จากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำว่ามีค่าเท่าไหร่ และหากเทียบกับค่ามาตรฐานแล้วค่าที่ได้จากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าค่ามาตรฐาน หากมีค่ามากกว่าค่ามาตรฐาน แสดงว่าคุณภาพน้ำในแม่น้ำในบริเวณจุดเก็บตัวอย่างน้ำนั้นไม่เหมาะสมในการใช้ประโยชน์ตามที่กำหนดไว้ ซึ่งจะต้องมีมาตรการในการป้องกันการปนเปื้อนของน้ำเสียในบริเวณนั้นๆ หรือมีการฟื้นฟูคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนั้นๆ เพื่อให้คุณภาพน้ำกลับมาเป็นปกติตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดินต่อไป

5.8.5.2 การประเมินโดยใช้ดัชนีคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน (Water Quality Index : WQI) เป็นการแสดงถึงสถานการณ์ของคุณภาพน้ำในภาพรวม โดยพิจารณาจากค่าคุณภาพน้ำ 5 พารามิเตอร์ ได้แก่ ออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen : DO) ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand : BOD) แบคทีเรีย กลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria : TCB) แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria : FCB) แอมโมเนีย (Ammonia : NH3-N) มีคะแนนอยู่ระหว่าง 0 – 100 โดยจัดเกณฑ์คุณภาพน้ำเป็นดีมาก (คะแนน 91-100) ดี (คะแนน 71-90) พอใช้ (คะแนน 61-70) เสื่อมโทรม (คะแนน31-60) และเสื่อมโทรมมาก (คะแนน 0-30) โดยจะแสดงคุณภาพน้ำโดยรวมในรูปของแผนที่ด้านล่างน้ำ

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

6.1 ร้อยละ เป็นการเปรียบเทียบตัวเลขจำนวนหนึ่งที่เราต้องการเปรียบเทียบกับตัว เลขที่เป็นฐานคูณด้วย 100 จะใช้สัญลักษณ์เป็น % (วีรยา ภัทรอาชาชัย, 2539, 331)

6.2 จากสมการที่ใช้ในการคำนวณหาประสิทธภาพของตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector

6.3 นำผลที่ได้จากการทดสอบการฆ่าเชื้อโรคจากน้ำเสียชุมชนที่กำหนดมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี