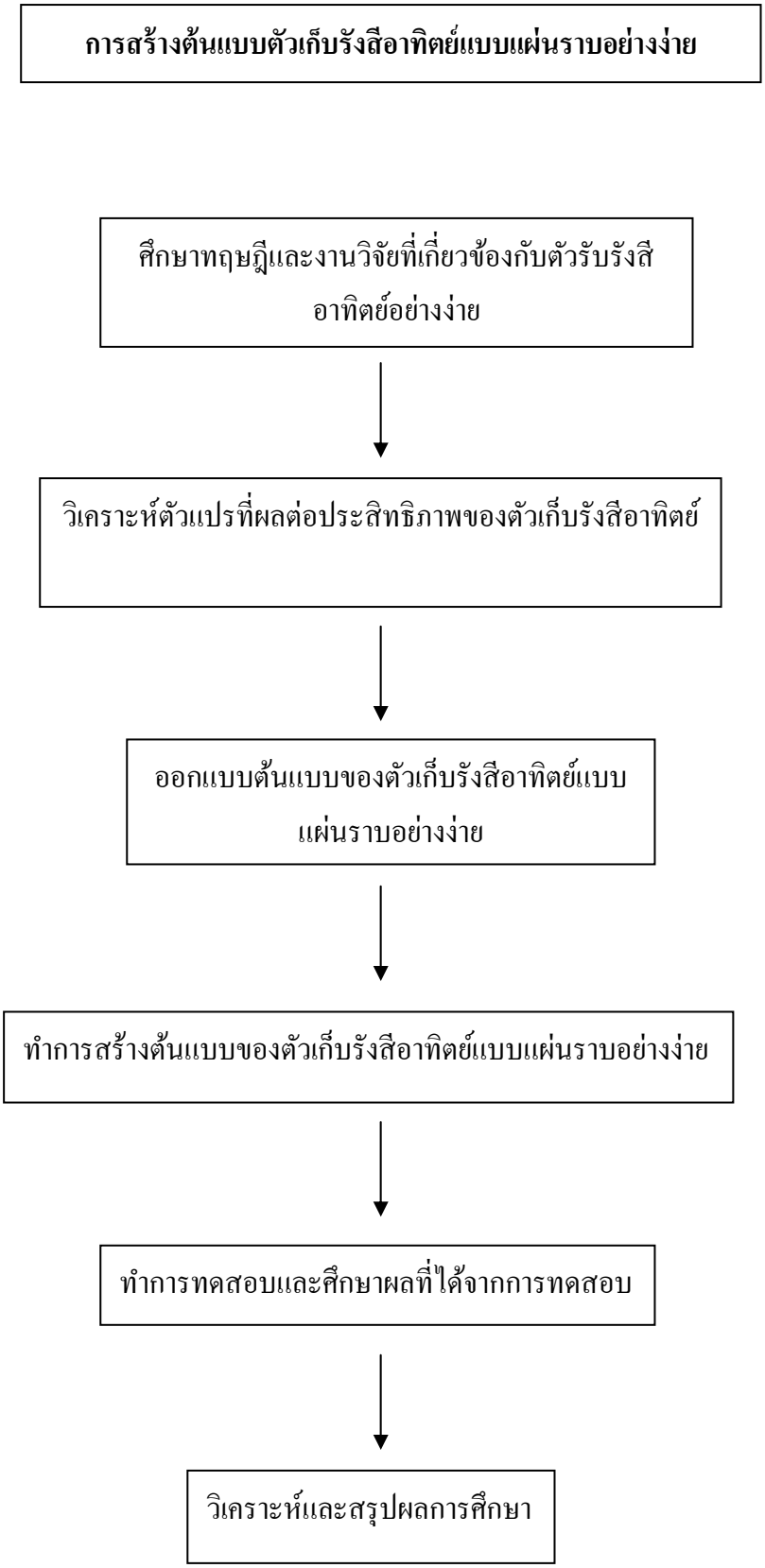
บทที่ 3 อุปกรณ์และการเตรียมงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการพัฒนาต้นแบบตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบอย่างง่าย จากการประยุกต์ใช้แผ่นโลหะหรือเมทัลชีท (Metal sheet) มาเป็นตัวรับรังสี โดยจะใช้แบบลอนของแผ่นโลหะที่มีขายตามท้องตลาด เพื่อจะเป็นการลดต้นทุนด้านวัสดุและการผลิตตัวต้นแบบของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดนี้ ซึ่งตัวรับรังสีหรือแผ่นโลหะจะเป็นตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์แล้วสะสมความร้อน จากนั้นถ่ายความร้อนเข้าสู่ของไหลคือ น้ำ ให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นก่อนเข้าถังเก็บน้ำร้อน เพื่อนำมาใช้กับบ้านพักอาศัย หรือโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทย

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้มีขั้นตอนดำเนินการเพื่อสร้างต้นแบบตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบอย่างง่าย โดยการประยุกต์ใช้แผ่นโลหะดังรูปที่ 3.1 มีรายละเอียดแต่ละขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวเก็บรังสีอาทิตย์ โดยเน้นไปยังการพัฒนาตัวเก็บรังสีอาทิตย์อย่างง่ายจากในอดีต
2. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับพลังงานแสงอาทิตย์ ที่จำเป็นต้องใช้ในการวิเคราะห์ควบคู่ไปกับตัวเก็บรังสีอาทิตย์
3. รวบรวมข้อมูลและทำความเข้าใจกับแผ่นโลหะหรือเมทัลชีท รวมทั้งฉนวนกันความร้อน และทำการศึกษาชนิดของลอนแผ่นโลหะ เพื่อช่วยในการเลือกใช้ให้เหมาะสมกับการนำมาประยุกต์ใช้เป็นตัวรับรังสีของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบ
4. วิเคราะห์ตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ เพื่อหาตัวแปรที่เหมาะสมและทำให้ต้นแบบของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพที่เหมาะสมกับการใช้งาน
5. ทำการออกแบบตัวต้นแบบของตัวเก็บรังสีอาทิตย์อย่างง่าย โดยมีแผ่นโลหะเป็นตัวรับรังสี
6. เตรียมอุปกรณ์ เครื่องมือ เพื่อสร้างตัวต้นแบบของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดนี้
7. ทำการทดสอบและศึกษาเพื่อหาประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีอาทิตย์อย่างง่าย โดยทำการทดสอบในสภาวะอากาศจริง ที่กรุงเทพมหานคร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
8. วิเคราะห์ผลการศึกษาและสรุปผลการศึกษา

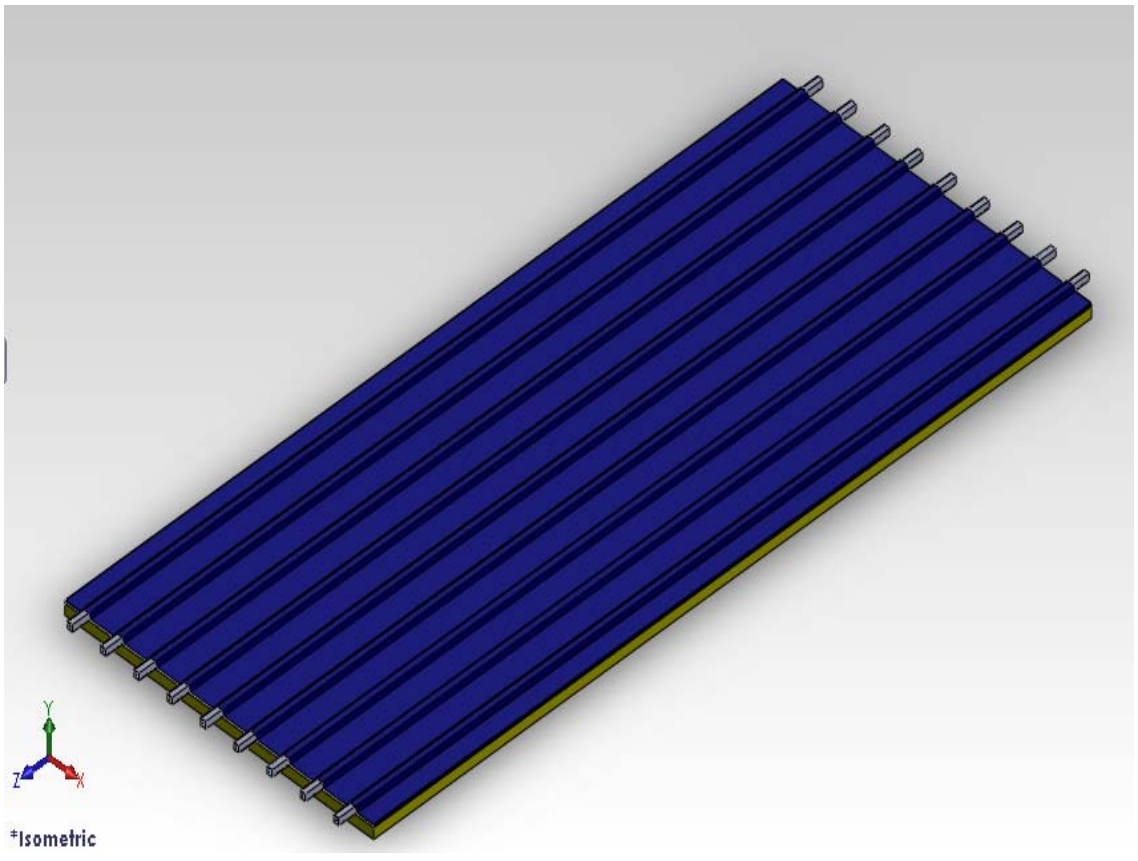


รูปที่ 3.1 แผนภูมิขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

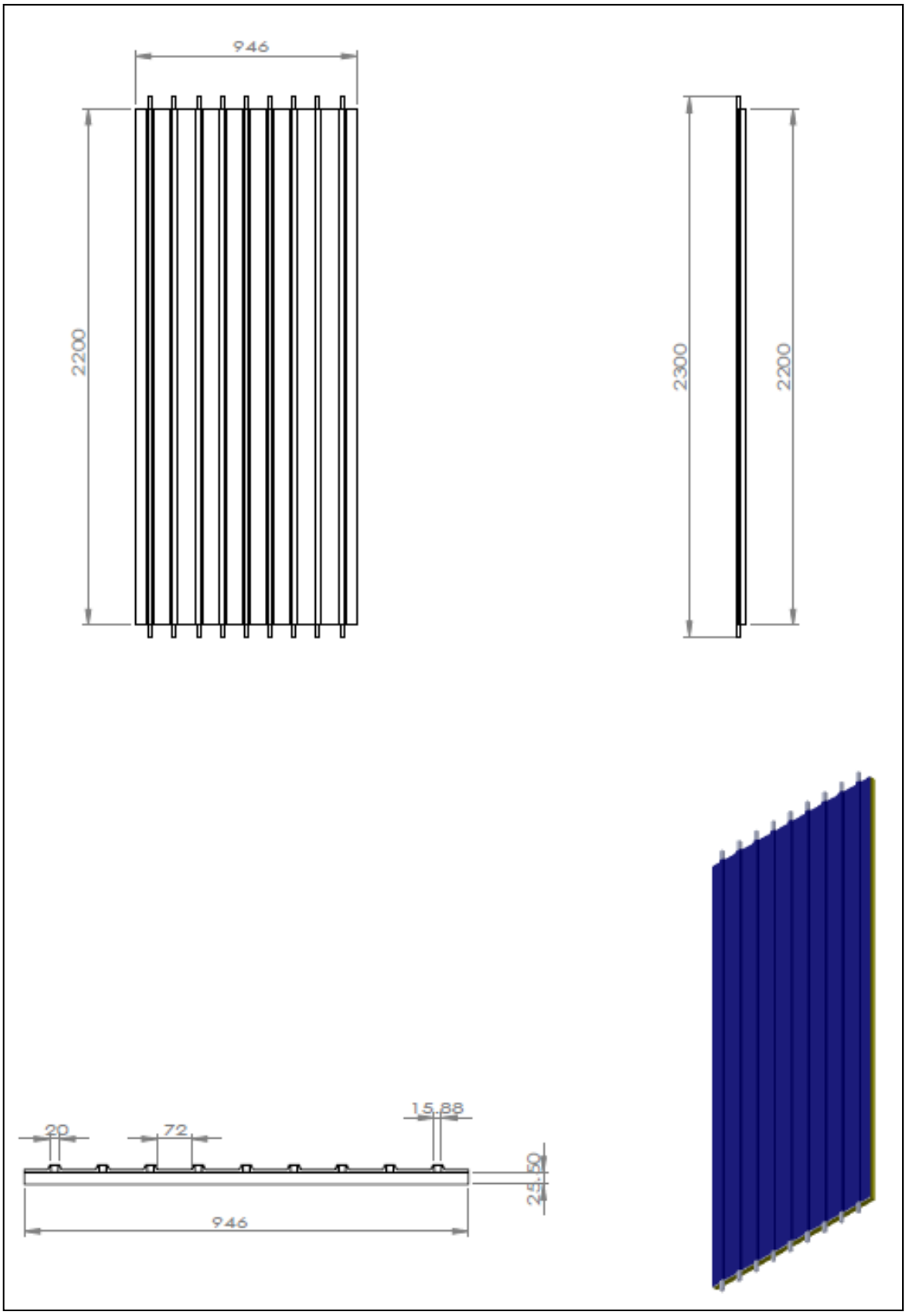
3.2 การออกแบบตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นโลหะ

3.2.1 แผ่นรับรังสีอาทิตย์แบบ CL-825

ในการออกแบบแผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์แบบแผ่นโลหะรุ่น CL-825 จะนำแผ่นโลหะ รุ่น CL-825 จาก บริษัท เลิศลอย เมทัลชีท จำกัด นำมาต่อกันให้มีความกว้าง 946 mm และมีความยาว 2200 mm ใช้ท่ออะลูมิเนียมหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 15.88 mm × 15.88 mm โดยใช้ตัวยึดทำการยึดท่ออะลูมิเนียมกับแผ่นดูดกลืนความร้อนที่ทำด้วยแผ่นโลหะ แล้วยึดตัวยึดกับแผ่นดูดกลืนความร้อนด้วยตะปูยิง (Rivet) จากนั้นทำการหุ้มฉนวนด้านหลังด้วยฉนวนโพลียูรีเทน ซึ่งมีความหนา 25.4 mm โดยมีภาพจำลองในมุมมองไอโซเมตริกในรูปที่ 3.2 และแสดงแปลนรวมทั้งขนาดของแผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์แบบแผ่นโลหะรุ่น CL-825 ในรูปที่ 3.3



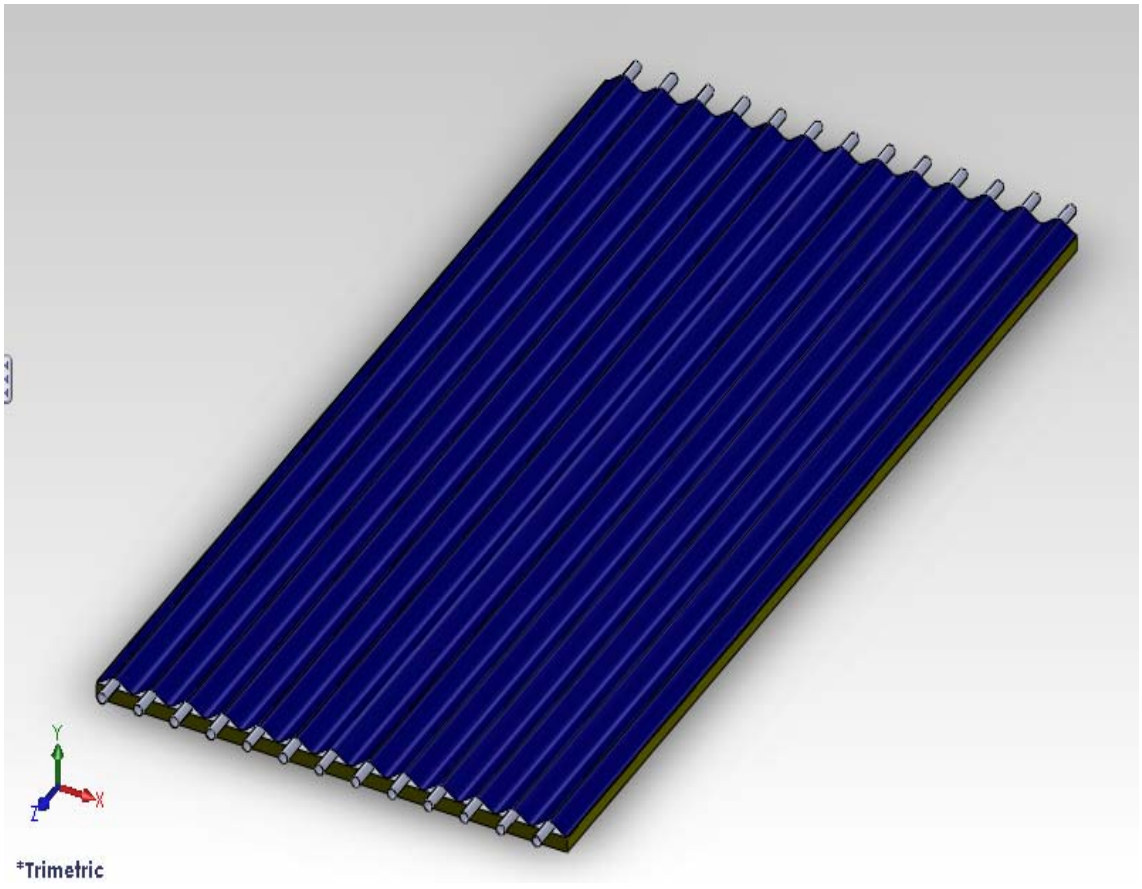
รูปที่ 3.2 ภาพจำลองในมุมมองไอโซเมตริกของแผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์แบบแผ่นโลหะรุ่น CL-825



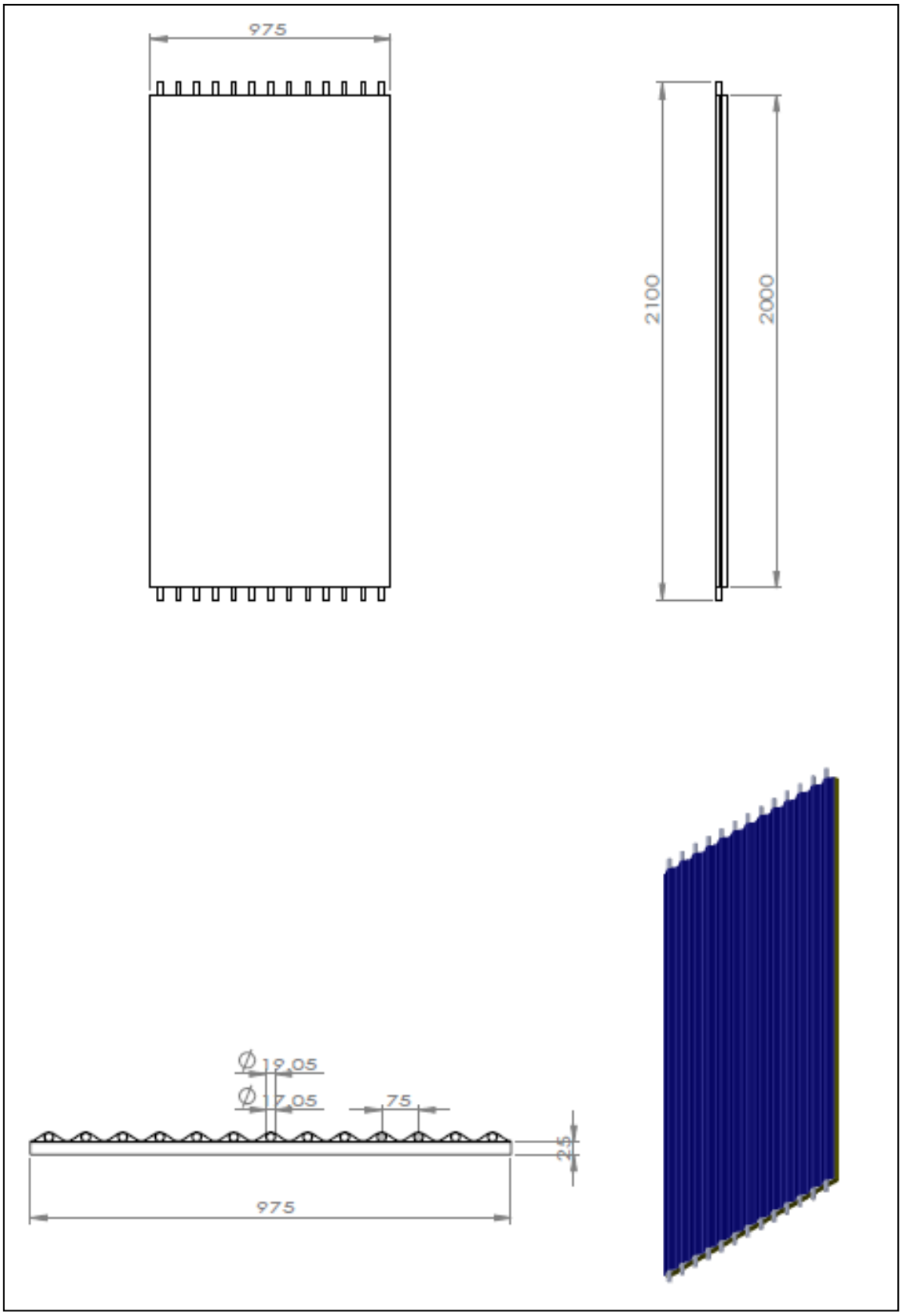
รูปที่ 3.3 แบบแปลนแสดงขนาดของแผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์แบบแผ่นโลหะรุ่น LL-825

3.2.2 แผ่นรับรังสีอาทิตย์แบบ CL-750D

ในการออกแบบแผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์แบบแผ่นโลหะรุ่น L-750D จะนำแผ่นโลหะ รุ่น L-750D จาก บริษัท เลิศลอย เมทัลชีท จำกัด นำมาต่อกันให้มีความกว้าง 975 mm และมีความยาว 2100 mm ใช้ท่ออะลูมิเนียมกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 19.05 mm โดยใช้ตัวยึดทำการยึดท่ออะลูมิเนียมกับแผ่นดูดกลืนความร้อนที่ทำด้วยแผ่นโลหะ แล้วยึดตัวยึดกับแผ่นดูดกลืนความร้อนด้วยตะปูยิง (Rivet) จากนั้นทำการหุ้มฉนวนด้านหลังด้วยฉนวนโพลียูรีเทน ซึ่งมีความหนา 25.4 mm โดยมีภาพจำลองในมุมมองไอโซเมตริกในรูปที่ 3.4 และแสดงแปลนรวมทั้งขนาดของแผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์แบบแผ่นโลหะรุ่น CL-750D ในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.4 ภาพจำลองในมุมมองไอโซเมตริกของแผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์แบบแผ่นโลหะรุ่น CL-750D



รูปที่ 3.5 แบบแปลนแสดงขนาดของแผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์แบบแผ่นโลหะรุ่น CL-750D

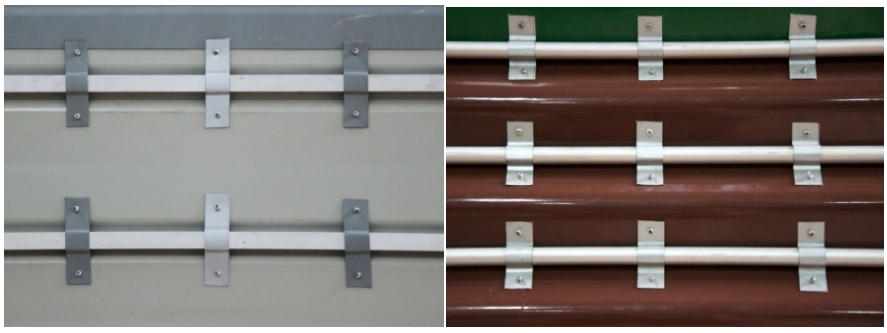
3.3 การสร้างตัวต้นแบบของแผ่นรับรังสีแบบแผ่นโลหะ

1. เตรียมท่อภายในแผ่น โดยใช้ท่ออะลูมิเนียมเป็นท่อภายในแผ่นที่นำความร้อนจากแผ่นดูดกลืนแล้วถ่ายเทไปสู่น้ำที่อยู่ภายในท่อโดย

- แผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์แบบแผ่นโลหะ รุ่น CL-825 จะใช่ท่อหลักเป็นท่ออะลูมิเนียมกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 22.23 mm แล้วใช้ท่อของไหลเป็นท่ออะลูมิเนียมแบบเหลี่ยมขนาด 12.7 ×12.7 mm^2
- แผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์แบบแผ่นโลหะ รุ่น CL750D จะใช่ท่อหลักเป็นท่ออะลูมิเนียมกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 22.23 mm แล้วใช้ท่อของไหลเป็นท่ออะลูมิเนียมแบบกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 19.05 mm

2. ทำการเชื่อมท่ออะลูมิเนียมของแผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์ทั้งสองรุ่น

3. วัดแผ่นโลหะในแต่ละรุ่นแล้วทำการประกอบ โดยใช้ตัวยึดติดที่ทำมาจากเศษของแผ่นโลหะ ทำโดยการดัดให้ได้รูปกับท่อและลอนของแผ่นโลหะในแต่ละรุ่น ให้มีการแนบกับท่อและยึดท่อให้แนบและแน่นกับแผ่นดูดกลืนให้มากที่สุด แล้วทำการยึดติดโดยใช้ตะปูยิง (Rivet) ให้แน่น ซึ่งให้มีระยะห่างของตะปูยิงแต่ละตัวประมาณ 10 cm จากรูปของตัวยึดติดในแต่ละรุ่นของแผ่นดูดกลืน ดูได้จากรูปที่ 3.6 และรูปที่ 3.7, 3.8 แสดงแผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์ที่ผ่านการประกอบกับท่อโดยใช้แผ่นยึดติดเป็นตัวยึดติดแล้ว ทั้งด้านหน้าและด้านหลัง



a.) b.)

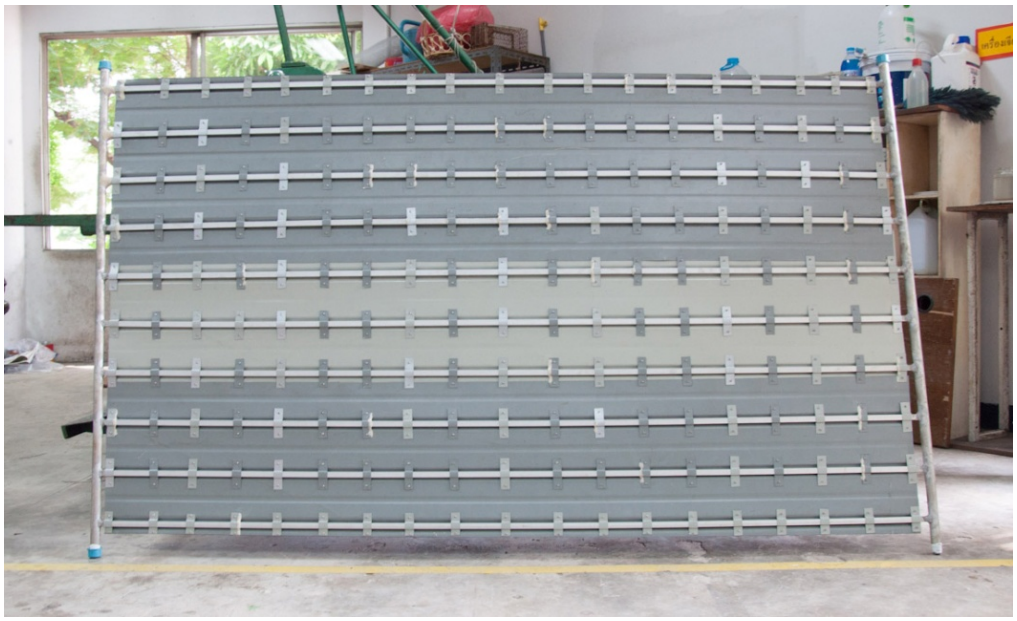
รูปที่ 3.6 ตัวยึดติดที่ทำการยึดติดท่ออะลูมิเนียมเข้ากับแผ่นดูดกลืนความร้อน ของแผ่นดูดกลืนความร้อนในแต่ละรุ่น a.) CL-825 และ b.) CL-750D

a.)

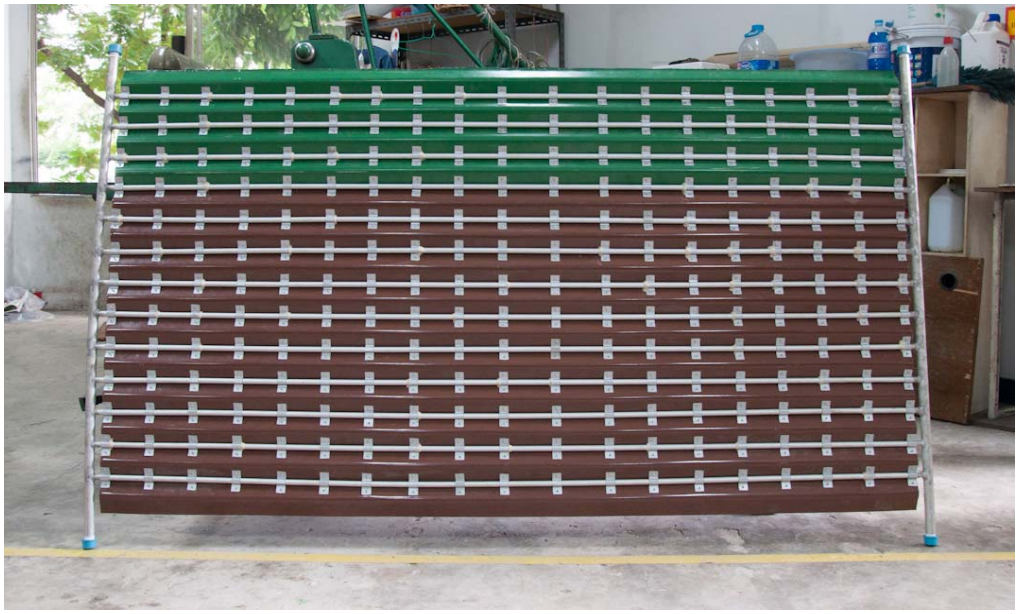
b.)

รูปที่ 3.7 แผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์รุ่นต่างๆ ที่ผ่านการประกอบกับท่ออะลูมิเนียมโดยใช้แผ่นยึดติดเป็นตัวยึดติด ด้านหน้า a.) CL-825 และ b.) CL-750D

a.)



b.)



รูปที่ 3.8 แผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์รุ่นต่างๆ ที่ผ่านการประกอบกับท่ออะลูมิเนียมโดยใช้แผ่นยึดติดเป็นตัวยึดติด ด้านหลัง a.) CL-825 และ b.) CL-750D

เนื่องจากแผ่นที่ได้และลักษณะลอนแตกต่างจากการที่ออกแบบทำให้ขนาดของแผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์รุ่นต่างๆ เกิดการเปลี่ยนแปลงจากที่ออกแบบไว้ โดยมีขนาดดังต่อไปนี้

- แผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์แบบแผ่นโลหะ รุ่น CL-825 มีขนาด 111x190 cm^2
- แผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์แบบแผ่นโลหะ รุ่น CL-750D มีขนาด 108x190 cm^2

4. พ่นสีด้วยสีพ่น โดยทำการพ่นสีรองพื้นก่อนชั้นหนึ่งทั้งด้านหน้าและด้านหลัง แล้วทำการพ่นสีดำด้านทับไปอีกสองชั้น ทั้งด้านหน้าและด้านหลัง ดังรูปที่ 3.9 และ 3.10

รูปที่ 3.9 แผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์ที่ผ่านการพ่นสีด้วยสีรองพื้น

รูปที่ 3.10 แผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์ที่ผ่านการพ่นสีด้วยสีดำด้านทับสีรองพื้น

รูปที่ 3.11 แผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์ที่ผ่านการพ่นสีด้วยสีดำด้านทับสีรองพื้นในระยะใกล้

5. นำแผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์ในรุ่นต่างๆไปทำการพ่นฉนวนพอลิยูรีเทน โดยเป็นพอลิยูรีเทนที่ได้ความอนุเคราะห์มาจาก **บริษัท พี.ยู. โฟม อินซูเลชั่น แอนด์เทรดดิ้ง จำกัด** ความหนาของฉนวนหนาประมาณ 2.5 cm ดังแสดงในรูปที่ 3.13

รูปที่ 3.12 แผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์ที่ผ่านการพ่นฉนวนพอลียูรีเทนที่มีความหนา 25 mm

a.) b.)

รูปที่ 3.13 a.) ความหนาของฉนวนพอลิยูรีเทนขนาดความหนาประมาณ 2.5 mm
b.) ลักษณะของฉนวนพอลิยูรีเทน

3.4 อุปกรณ์และเครื่องมือวัด

3.4.1 ตัวเก็บรังสีอาทิตย์

โดยการทดสอบนี้จะทำการทดสอบแผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์ที่สร้างขึ้นมาเป็นตัวต้นแบบจากหัวข้อที่ 3.3 โดยแผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์จะมีหน้าที่รับความร้อนจากรังสีอาทิตย์ แล้วนำความร้อนที่ถูกดูดกลืนถ่ายเทไปยังท่อภายในแผ่นดูดกลืนและท่อภายในก็จะนำความร้อนไปยังน้ำที่อยู่ภายในท่ออีกต่อหนึ่ง มีพื้นที่รับแสงอาทิตย์ทั้งหมดประมาณ 2 m^2 โดยมี 2 รุ่นดังต่อไปนี้

- แผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์แบบแผ่นโลหะ รุ่น CL-825

รูปที่ 3.14 ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นโลหะ รุ่น CL-825 แบบไม่มีกระจกปิด

รูปที่ 3.15 ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นโลหะ รุ่น CL-825 แบบมีกระจกปิด

- ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นโลหะ รุ่น CL-750D

รูปที่ 3.16 ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นโลหะ รุ่น CL-750D แบบไม่มีกระจกปิด

รูปที่ 3.17 ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นโลหะ รุ่น CL-750D แบบมีกระจกปิด

3.4.2 ถังสะสมความร้อน (Storage Tank)

ถังสะสมความร้อนทำหน้าที่สะสมความร้อนที่ได้จากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ แล้วส่งต่อน้ำไปยังตัวเก็บรังสีอาทิตย์เป็นระบบปิด ซึ่งทำให้เกิดกระบวนการเทอร์โมไซฟอน โดยทำมาจากอะลูมิเนียมและมีฉนวนอยู่ด้านในถัง มีขนาด 150 L มีความยาวของถังเท่ากับ 110 cm เส้นผ่านศูนย์กลางยาว 56 cm ตั้งสูงจากพื้นเท่ากับ 125 cm ใช้สำหรับการทดสอบตามาตรฐาน ISO-9459-2 เท่านั้น

รูปที่ 3.18 ถังสะสมความร้อน

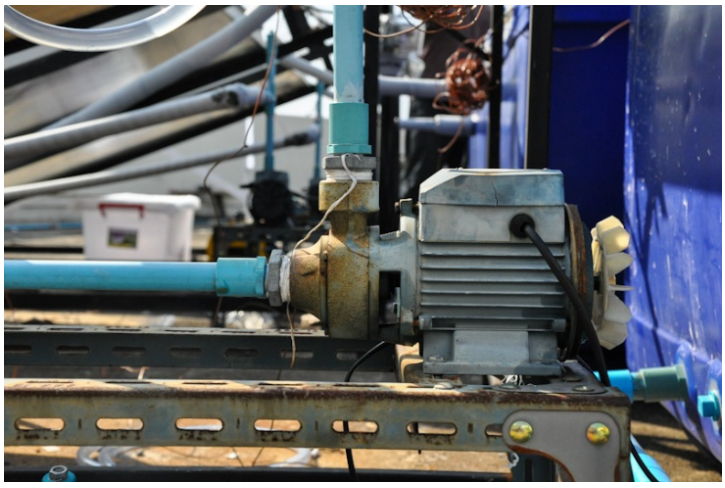
3.4.3 ถังพักน้ำ

ทำหน้าที่พักน้ำเย็นเอาไว้เพื่อทำการไล่น้ำที่ค้างอยู่ในแผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์

รูปที่ 3.19 ถังพักน้ำ

3.4.4 ปั๊มน้ำ

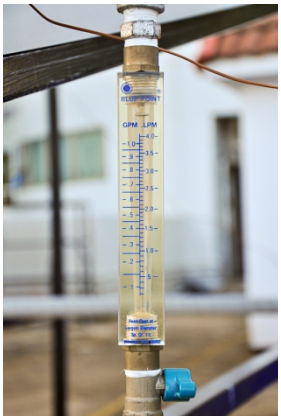
ปั๊มน้ำยี่ห้อ Fujika ขนาด 0.5 HP (375 W) ปั๊มน้ำได้ความสูงเท่ากับ 26 m อัตราการไหลสูงสุดเท่ากับ 30 L/min ทำหน้าที่ปั๊มน้ำจากถังพักน้ำเข้าสู่ระบบทำน้ำร้อน ในช่วงที่ทำการทดสอบแล้ว โดยจะทำการขับน้ำร้อนที่ค้างอยู่ในแผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์และถังพักน้ำร้อนให้หมดไปจนกว่าอุณหภูมิน้ำเข้าและน้ำออกจะเท่ากัน และเท่ากับอุณหภูมิน้ำในถังพัก เพื่อที่จะทำให้พร้อมสำหรับการทดสอบในรอบต่อไป



รูปที่ 3.20 ปั๊มน้ำ

3.4.5 เครื่องวัดแรงดันน้ำ (Flow meter)

เครื่องวัดแรงดันน้ำจะทำการวัดแรงดันน้ำที่จากปั๊มน้ำเข้าสู่ถังสะสมความร้อน โดยจะใช้ในระหว่างการขับน้ำร้อนที่ค้างอยู่ในระบบ โดยในการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 9806-1 จะใช้ เครื่องวัดแรงดันน้ำที่วัดแรงดันน้ำได้สูงสุด 4 Liter/min และการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 9459-2 จะใช้เครื่องวัดแรงดันน้ำได้สูงสุด 18 Liter/min



รูปที่ 3.21 เครื่องวัดแรงดันน้ำ

3.4.6 เครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ (Data Logger)

เครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ ยี่ห้อ YOKOGAWA รหัสรุ่น DX2040-2-4-2 มีช่องสัญญาณ 30 ช่องสัญญาณ ค่าความคลาดเคลื่อน ±1% ความละเอียดในการวัด 0.1 ° เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าแล้วทำการบันทึกค่าที่วัดได้ลงในเครื่อง ตามช่วงเวลาที่เรากำหนดไว้ เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และ ความดัน เป็นต้น ซึ่งเราสามารถนำข้อมูลที่บันทึกไว้ โดยบันทึกผ่านเมมโมรี่การ์ด แล้วนำออกมาแสดงผลในรูปของกราฟ หรือตารางได้

รูปที่ 3.22 เครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ

3.4.7 สายเทอร์โมคัปเปิล

สายเทอร์โมคัปเปิลมีหน้าที่รับข้อมูลและส่งข้อมูลที่ได้ไปยังเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ ซึ่งการทดสอบนี้ใช้เทอร์โมคัปเปิลแบบ T มีค่าความเคลื่อนในการวัดเป็น ±1 % วัดอุณหภูมิอย่างต่อเนื่องได้จากช่วง –185 – 300 ℃ และวัดอุณหภูมิแบบช่วงสั้นๆ ได้จากช่วง –250 – 400 ℃

รูปที่ 3.23 สายเทอร์โมคัปเปิลแบบ T

3.4.8 เครื่องมือวัดค่ารังสีอาทิตย์ (Pyranometer)

เครื่องมือวัดค่ารังสีอาทิตย์หรือไพราโนมิเตอร์เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดรังสีรวม ประกอบด้วยตัวรับแสง (Light detector or Receiver) ที่เป็นเทอร์โมไพล์ (Thermopile) หลายชุดต่ออนุกรมกัน ซึ่งตัวรับแสงบรรจุอยู่ใต้โดมควอทซ์ หรือแก้วในรูปครึ่งทรงกลม ซึ่งในการทดลองนี้ใช้ไพราโนมิเตอร์ยี่ห้อ KIPP and ZONEN ชนิด CM11 มีค่า Sensitivity = 5.191×10^{-6} V/Wgm^{-2} ใช้วัดความเข้มรังสีอาทิตย์โดยแปลงค่าที่วัดได้ในรูปของแรงดันไฟฟ้ามีหน่วยเป็นโวลต์ (mV) จากนั้นส่งสัญญาณไปยังเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติโดยผ่านสายเทอร์โมคัปเปิล

รูปที่ 3.24 เครื่องมือวัดค่ารังสีอาทิตย์

3.4.9 เครื่องระบายความร้อนจากน้ำร้อน

ใช้กรอบของคอนเดนเซอร์ที่ใช้กับเครื่องปรับอากาศตามบ้านทั่วไป โดยภายในจะประกอบไปด้วยคอยล์เย็น และพัดลมไล่อากาศ เพื่อทำการลดอุณหภูมิที่ได้จากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ เพื่อให้อุณหภูมิน้ำเย็นลงก่อนที่จะวนเข้าสู่ระบบอีกครั้งหนึ่ง จะใช้ทำการทดสอบเฉพาะการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 9806-1 เท่านั้น

รูปที่ 3.25 เครื่องระบายความร้อนจากน้ำร้อน

3.4.10 ถังทำน้ำร้อน

ถังน้ำร้อนจะทำหน้าผลิตน้ำร้อนโดยเครื่องทำความร้อนสองตัวขนาด 3,000 W และ 1,000 W มีขนาดของถัง 250 Liter จะรับน้ำจากเครื่องระบายความร้อนจากน้ำร้อน แล้วทำการต้มน้ำให้ได้อุณหภูมิตามที่กำหนด แล้วทำการสูบน้ำด้วยปั๊มขึ้นไปยังถังพักน้ำสำหรับไหลเข้าไปในระบบ ใช้สำหรับทำการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 9806-1 เท่านั้น

รูปที่ 3.26 ถังทำน้ำร้อน

3.4.11 ถังพักน้ำสำหรับไหล

ทำหน้าที่เก็บน้ำที่อุณหภูมิเริ่มต้นของการทดสอบแล้วทำการปล่อยน้ำลงมาตามแรงโน้มถ่วงลงไปสู่ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ และทำให้ระบบอยู่ในสภาวะคงตัวก่อนนำน้ำเข้าระบบ ใช้สำหรับทำการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 9806-1 เท่านั้น

รูปที่ 3.27 ถังพักน้ำสำหรับไหล

3.5 วิธีการทดสอบ

3.5.1 วิธีการทดสอบตัวเก็บรังสีอาทิตย์ตามมาตรฐาน ISO 9806-1

เป็นการทดสอบหาประสิทธิภาพของแผ่นรับรังสีอาทิตย์ มีวิธีการทดสอบดังต่อไปนี้

3.5.1.1 สภาวะการทดสอบ

1. เครื่องมือวัดค่ารังสีอาทิตย์ต้องเข้าสู่สภาวะสมดุลด้วยการวางกลางแจ้งเป็นเวลาอย่างน้อย 30 min ก่อนการเก็บข้อมูล
2. รังสีอาทิตย์เฉลี่ยบนพื้นที่รับแสงของตัวเก็บรังสีมีค่าอย่างน้อย 800 W/m^2
3. ค่าความเร็วลมเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2 – 4 m/s
4. อัตราการไหลของสารทำงานอยู่ประมาณ 0.02 $kg/s \times m^2$ ของพื้นที่รวมของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ หรือประมาณ 1.2 $Liters/min \cdot m^2$ เมื่อตัวเก็บรังสีอาทิตย์มีพื้นที่รับแสงประมาณ 2 m^2 ดังนั้นค่าอัตราการไหลจะอยู่ที่ประมาณ 2.4 Liters/min มีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน $\pm$1% ในขณะทำการทดสอบ และไม่เกิน $\pm$10% ระหว่างจุดข้อมูลใหม่

3.5.1.2 ขั้นตอนการทดสอบ

1. ทดสอบในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส และมีค่าความเข้มข้นของรังสีอาทิตย์ในขณะทำการทดสอบต้องไม่น้อยกว่า 800 W/m^2 โดยทำการติดตั้งตัววัดค่ารังสีอาทิตย์ให้มีมุมเอียงเท่ากับเส้นรุ้งของสถานที่นั้นๆ และหันหน้าไปทางทิศใต้

2. ทำการทดสอบตั้งแต่เวลา 9:00 น. โดยเริ่มป้อนน้ำเข้าสู่ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ในอัตราการไหลคงที่ (2.4 $Liters/min \cdot m^2$ ในกรณีที่มีพื้นที่แผ่น 2 m^2)

3. ปรับอุณหภูมิน้ำขาเข้าของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ให้คงที่เท่ากับอุณหภูมิแวดล้อม โดยอาจจะใช้เครื่องทำน้ำร้อน และต้องควบคุมให้อุณหภูมิน้ำที่เข้าตัวเก็บรังสีอาทิตย์มีค่าคงที่ตลอดการทดสอบ

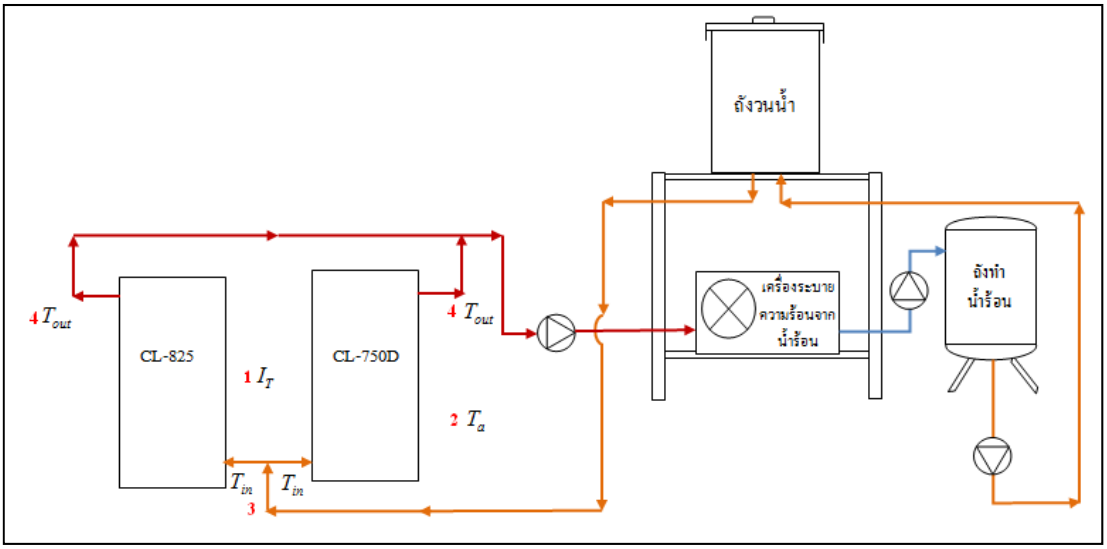
4. ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงานของตัวเก็บรังสีอาทิตย์จำเป็นต้องเป็นข้อมูลที่ตัวเก็บรังสีอยู่ในสภาวะคงตัว ดังนั้นการทดสอบจะต้องรอให้ระบบอยู่ในสภาวะคงตัวก่อนประมาณ 15 min โดยในช่วงดังกล่าวค่ารังสีอาทิตย์ต้องไม่เปลี่ยนแปลงเกิน ± 50 W/m^2 จากค่าความเข้มของรังสีอาทิตย์ไม่น้อยกว่า 800 W/m^2

5. หลังจากระบบเป็นไปดังข้อที่ (4.) จึงเริ่มจดบันทึกที่จุดวัดค่าต่างๆ โดยบันทึกทุกๆ 10 sec

6. ในการทดสอบต้องปรับอุณหภูมิน้ำขาเข้าของตัวเก็บรังสีอาทิตย์อีก 3 ค่า รวมทั้งหมดเป็น 4 ค่า ซึ่งค่าอุณหภูมิน้ำขาเข้าของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ใช้ในการทดสอบสมควรอยู่ระหว่างอุณหภูมิแวดล้อมไปจนถึงอุณหภูมิทำงานสูงสุดของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ประมาณ 70 °C และค่าที่ใช้นั้นควรมีระยะห่างระหว่างอุณหภูมิที่เท่ากัน ซึ่งในการทดสอบงานวิจัยชิ้นนี้จะใช้ที่ค่า 40, 50, 60 และ 70 °C

7. สำหรับค่าอุณหภูมิน้ำขาเข้าแต่ละค่าจะต้องทำการทดสอบตามที่กล่าวมาข้างต้นไม่น้อยกว่า 4 ครั้ง เพื่อให้ได้ค่าที่นำมาวิเคราะห์ทั้งหมด 16 ค่า

3.5.1.3 การวัดและตำแหน่งในการติดตั้งจุดวัด



รูปที่ 3.28 หลักการทำงานของการทดสอบหาค่าประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์และตำแหน่งการวัดค่าต่างๆ

ตารางที่ 3.1 แสดงสิ่งที่วัดและตำแหน่งที่ทำการวัดค่าต่างๆในระบบดังรูปที่ 3.28

ตำแหน่งที่	สิ่งที่วัด	สัญลักษณ์	หน่วย
1	ค่ารังสีอาทิตย์	I_T	W/m^2
2	อุณหภูมิบรรยากาศ	T_a	°C
3	อุณหภูมิน้ำเข้าถังตัวเก็บรังสีอาทิตย์	T_{in}	°C
4	อุณหภูมิน้ำออกตัวเก็บรังสีอาทิตย์	T_{out}	°C

3.5.1.4 พารามิเตอร์ในการทดสอบ

1. พารามิเตอร์ที่ควบคุมในการทดลอง

- ใช้แผ่นรับรังสีแบบแผ่นราบ พื้นที่รับแสง 2 m^2 เอียง 14 ° และหันไปทางทิศใต้
- ค่ารังสีอาทิตย์ตลอดระยะเวลาในการทดลอง ควรไม่น้อยไปกว่า 800 W/m^2 ($\pm$50)
- ทำการทดสอบในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส ไม่มีเมฆบัง ตอนใกล้เที่ยง (10.00 – 14.00 น.)
- ต้องควบคุมอุณหภูมิน้ำที่เข้าตัวเก็บรังสีอาทิตย์มีค่าคงที่อย่างน้อย 15 นาที ก่อนเก็บข้อมูลเพื่อให้ระบบอยู่ในสถานะคงตัว
- การทดสอบจะต้องคลอบคลุมอุณหภูมิของน้ำที่เข้าตัวเก็บรังสีอาทิตย์หลายค่า
- ใช้อัตราการไหลเวียนของน้ำในระบบเพื่อหาค่าพลังงานที่อัตราการไหล 0.02 $kg/s\times m^2$
- ค่าของอุณหภูมิที่ยอมรับได้ มีความคลาดเคลื่อน $\pm$1 °C
- การทดสอบจะต้องทดสอบด้วยการไหลหมุนเวียนแบบบังคับ (Forced circulation)

2. พารามิเตอร์สำคัญที่เปลี่ยนแปลงในการทดลอง

- การเปลี่ยนแปลงของรังสีอาทิตย์ในช่วงการทดสอบ
- ความเร็วลมระหว่างการทดสอบ
- การเปลี่ยนแปลงของพลังงานงาน ที่อัตราการไหลของน้ำในระบบเพื่อหาประสิทธิภาพ 0.02 $kg/s\times m^2$

รูปที่ 3.29 รูปการทดสอบหาประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ตามมาตรฐาน IS0 9806-1

3.5.2 วิธีการทดสอระบบทำน้ำร้อนพลังงานรังสีอาทิตย์ตามมาตรฐาน ISO 9459-2

เป็นการทดสอบหาประสิทธิภาพของระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ มีวิธีการทดสอบดังต่อไปนี้

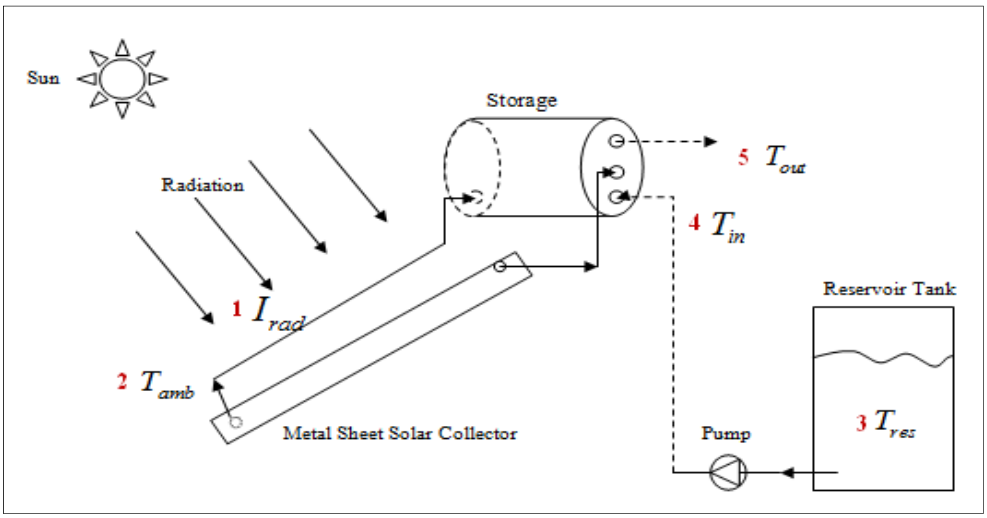
3.5.2.1 สภาวะการทดสอบ

1. การทดสอบต้องทดสอบในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส ซึ่งมีค่าความเข้มของรังสีอาทิตย์ประมาณ 8 – 25 MJ/m^2
2. ระหว่างการทดสอบจะต้องไม่มีเงามาเกิดบนตัวเก็บรังสีอาทิตย์

3.5.2.2 ขั้นตอนการทดสอบ

1. ก่อนการทดสอบในแต่ละวัน ควรนำสิ่งที่กำบังไปปิดไว้ที่ตัวเก็บรังสีอาทิตย์เพื่อให้ไม่โดนรังสีอาทิตย์ และปรับสภาวะเริ่มต้นของระบบ โดยการหมุนเวียนน้ำเย็นที่อุณหภูมิที่กำหนดตาม T_{main} ให้ไหลเวียนภายในระบบ อย่างน้อย 15 min เพื่อทำให้อุณหภูมิภายในระบบสม่ำเสมอกันทั้งหมดและไม่มีการแยกชั้นของอุณหภูมิน้ำในถังกักเก็บความร้อน เมื่ออุณหภูมิของน้ำในระบบคงที่สม่ำเสมอเท่ากันทั้งระบบแล้ว ให้หยุดการหมุนเวียนของน้ำและปล่อยให้เกิดเป็นระบบเทอร์โมไซฟอน
2. ทำการทดสอบตั้งแต่เวลา 06.00 – 18.00 น. หรือ 6 ชั่วโมงก่อนและหลังเวลาเที่ยงสุริยะ รวมเป็นเวลาทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง โดยให้ระบบทำงานตามปกติ โดยงานวิจัยชิ้นนี้จะทำการทดสอบในระบบเทอร์โมไซฟอน (Thermosyphon)
3. ในช่วงการทดสอบ จดบันทึกค่าต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทุกๆ ชั่วโมง
4. หลังจากการทดสอบ ควรหาสิ่งกำบังมาบังตัวเก็บรังสีอาทิตย์เพื่อป้องกันไม่ให้รังสีอาทิตย์มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของระบบ หลังจากนั้นระบายน้ำออกจากถังเก็บน้ำโดยให้อัตราการไหลคงที่ 600 Liters/Hr และในเวลาเดียวกันควรมีการป้อนน้ำเย็นซึ่งมีอุณหภูมิคงที่เท่ากับ T_{main} ที่ป้อนในช่วงเช้า

3.5.2.3 การวัดและตำแหน่งในการติดตั้งจุดวัด



รูปที่ 3.30 หลักการทำงานระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์และตำแหน่งการวัดค่าต่างๆ

ตารางที่ 3.2 สิ่งที่วัดและตำแหน่งที่ทำการวัดค่าต่างๆในระบบดังรูปที่ 3.30

ตำแหน่งที่	สิ่งที่วัด	สัญลักษณ์	หน่วย
1	ค่ารังสีอาทิตย์	I_{rad}	MJ
2	อุณหภูมิบรรยากาศ	T_{amb}	°C
3	อุณหภูมิถังพักน้ำ	T_{res}	°C
4	อุณหภูมิน้ำเข้าถังสะสมความร้อน	T_{in}	°C
5	อุณหภูมิน้ำเข้าถังสะสมความร้อน	T_{out}	°C

3.5.2.4 พารามิเตอร์ในการทดสอบ

1. พารามิเตอร์ที่ควบคุมในการทดลอง

- ใช้แผ่นรับรังสีแบบแผ่นราบ พื้นที่รับแสง 2 m^2 เอียง 14 ° และหันไปทางทิศใต้
- ค่าเฉลี่ยรังสีอาทิตย์ตลอดระยะเวลาในการทดลอง 12 ชั่วโมง อยู่ในช่วง 8 – 25 MJ/m^2
- ปริมาตรน้ำในถังสะสมความร้อนเท่ากับ 150 Liters
- การทำงานระบบหมุนเวียนของไหลในระบบเป็นแบบเทอร์โมไซฟอน (Thermosyphon Systeme)
- ใช้อัตราการไหลเวียนของน้ำในระบบเพื่อหาค่าพลังงานที่อัตราการไหล 10 Liters/min
- ใช้การไหลเวียนในระบบเพื่อหาประสิทธิภาพ โดยใช้ปริมาณน้ำเท่ากับ 450 Liters (3 เท่าของความจุของถังสะสมความร้อน)

- ค่าของอุณหภูมิที่ยอมรับได้ มีความคลาดเคลื่อน ±1 ℃

2. พารามิเตอร์สำคัญที่เปลี่ยนแปลงในการทดลอง

- การเปลี่ยนแปลงของรังสีแสงอาทิตย์ตลอดทั้งวัน

- การเปลี่ยนแปลงของพลังงานงาน ที่อัตราการไหลของน้ำในระบบเพื่อหาประสิทธิภาพ 10 Liters/min

รูปที่ 3.31 การทดสอบระบบทำน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ตามมาตรฐาน ISO 9459-2 (ด้านหน้า)

รูปที่ 3.32 การทดสอบระบบทำน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ตามมาตรฐาน ISO 9459-2 (ด้านข้าง)

3.6 สถานที่เก็บข้อมูล

งานวิจัยชิ้นนี้ใช้อิทธิพลของความเข้มของพลังงานรังสีอาทิตย์ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานรังสีอาทิตย์ ตามมาตรฐาน ISO 9806-1 และ ISO 9459-2 ได้ทำการทดลอง ณ บริเวณชั้นดาดฟ้าของอาคารคณะพลังงาน, สิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ละติจูดที่ 13.65 ° ลองติจูดที่ 100.49 ° โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองทั้งหมดนี้ได้ทำการติดตั้งและหันหน้าไปทางทิศใต้