บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

โครงงานวิจัยนี้ได้แบ่งการวิจัยออกเป็น 2 สถานี คือ 1) สถานีอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ได้ทำการศึกษาหาสมรรถนะ (อัตราการทำความเย็น และ เวลาที่ใช้ในการทำความเย็น) และปัจจัยที่มีผลต่อการระบายความร้อนภาคกลางคืนเพื่อทำน้ำเย็นจากชุดทดสอบ เพื่อนำไปออกแบบและสร้างเครื่องทำน้ำเย็นโดยวิธีระบายความร้อนภาคกลางคืนสำหรับบ่อปลาเทร้าท์ในช่วงฟักไข่ และ 2) สถานีโครงการหลวง ดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ ได้ทำการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นโดยวิธีระบายความร้อนภาคกลางคืนสำหรับบ่อปลาเทร้าท์ยังสถานที่จริง โดยการศึกษาทั้งสองส่วนนี้มีอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยดังต่อไปนี้

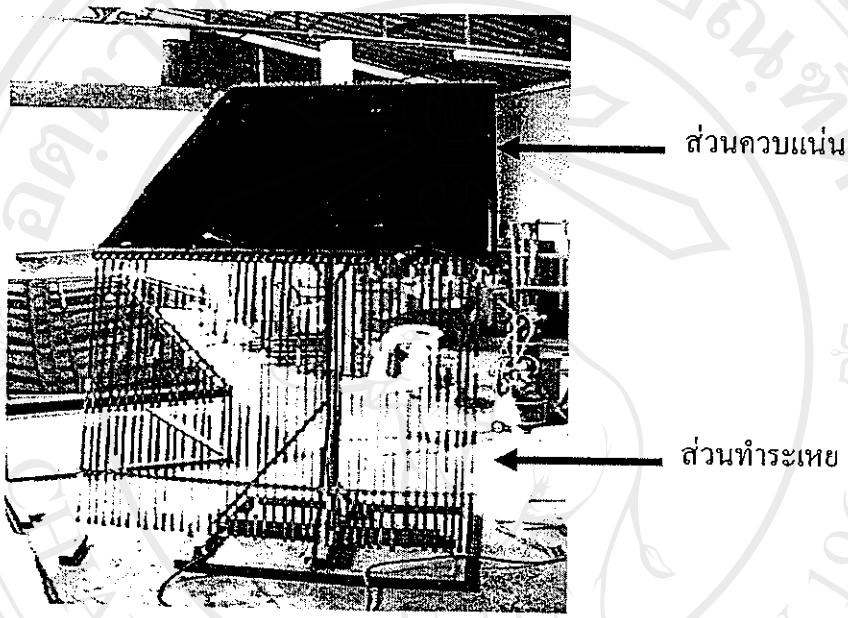
3.1.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ ณ สถานีอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นสำหรับการทดสอบ ประกอบด้วย แผงแผ่รังสี ถังน้ำหุ้มฉนวน ชุดใบพัดสำหรับกวนน้ำ เทอร์โมคัปเปิ้ล ชุดเครื่องมือวัดและบันทึกข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 3.1 สำหรับรายละเอียดด้านขนาดของแผงแผ่รังสี และถังน้ำหุ้มฉนวนสามารถดูได้ในภาคผนวก

รูปที่ 3.1 ชุดอุปกรณ์ทดสอบการทำน้ำเย็นโดยวิธีระบายความร้อนภาคกลางคืน และชุดอุปกรณ์ในการวัดและบันทึกข้อมูล

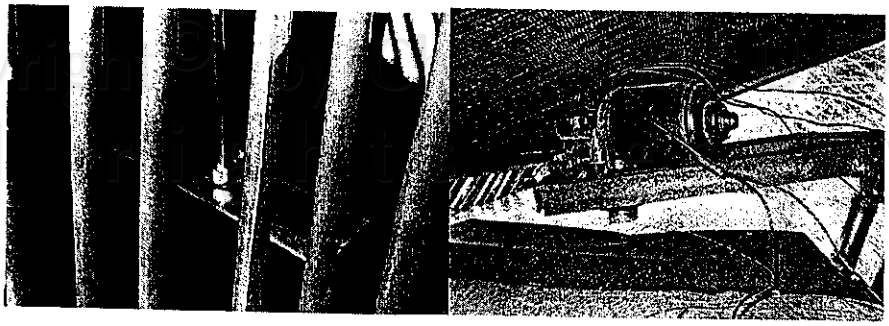
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1.1.1 ชุดแผงแผ่รังสี (Radiator) ประกอบด้วยส่วนทำระเหย (Evaporating Section) และส่วนควบแน่น (Condensing Section) ซึ่งทั้งสองส่วนเป็นท่อทองแดงขนาด 3/8 นิ้วเชื่อมต่อกัน โดยที่ส่วนทำระเหยยาว 1.0 เมตร ตั้งอยู่ในแนวดิ่ง สำหรับส่วนควบแน่นยาว 1.8 เมตร มีพื้นที่ 2 ตารางเมตร เอียงทำมุม 30 องศากับแนวระดับและมีแผ่นครีบติดอยู่เพื่อช่วยระบายความร้อน จำนวนท่อทั้งหมด มี 44 ท่อ ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ชุดแผงแผ่รังสี

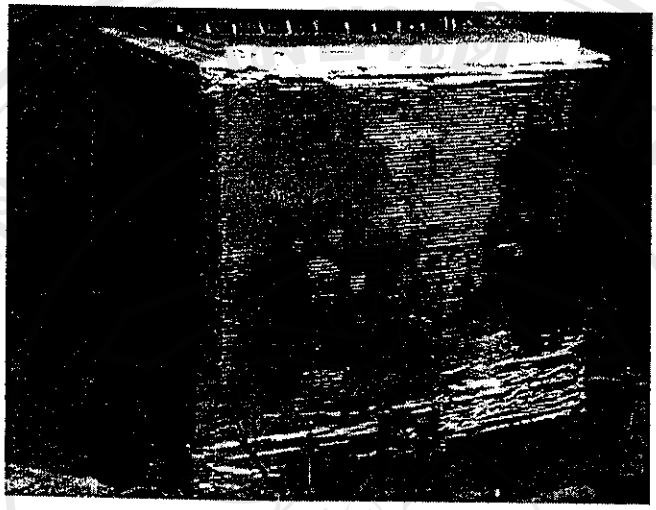
3.1.1.2 ชุดใบพัดสำหรับกวนน้ำ ประกอบด้วย ใบพัดสแตนเลสขนาด กว้าง 3 นิ้ว ยาว 12 นิ้ว แกนสแตนเลสยาว 0.7 เมตร และชุดมอเตอร์ขับ ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ชุดใบพัดกวนน้ำ

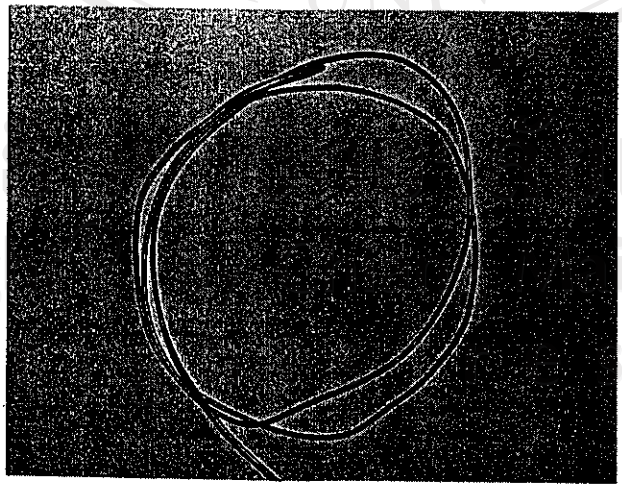
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1.1.3 ถังน้ำหุ้มฉนวน(Cooling Tank) ประกอบด้วยถังน้ำเหล็กหนา 2 มิลลิเมตร ขนาด 1440 ลิตร กว้าง 1.0 เมตร ยาว 1.2 เมตร สูง 1.2 เมตร หุ้มด้วยแผ่น Aeroflex หนา 3 นิ้ว และปิดทับด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟรอยด์สะท้อนความร้อน ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ถังน้ำหุ้มฉนวน

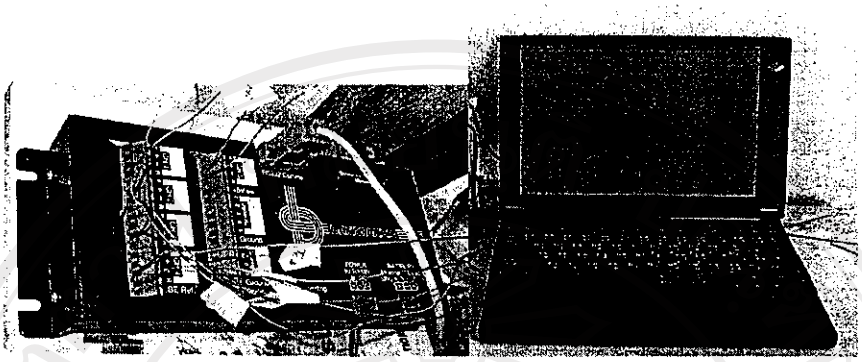
3.1.1.4 เทอร์โมคัปเปิ้ล (Thermocouple type K) แบบหุ้มพลาสติกกันความชื้นใช้งานร่วมกับ Datalogger ในการบันทึกข้อมูล



รูปที่ 3.5 เทอร์โมคัปเปิ้ล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

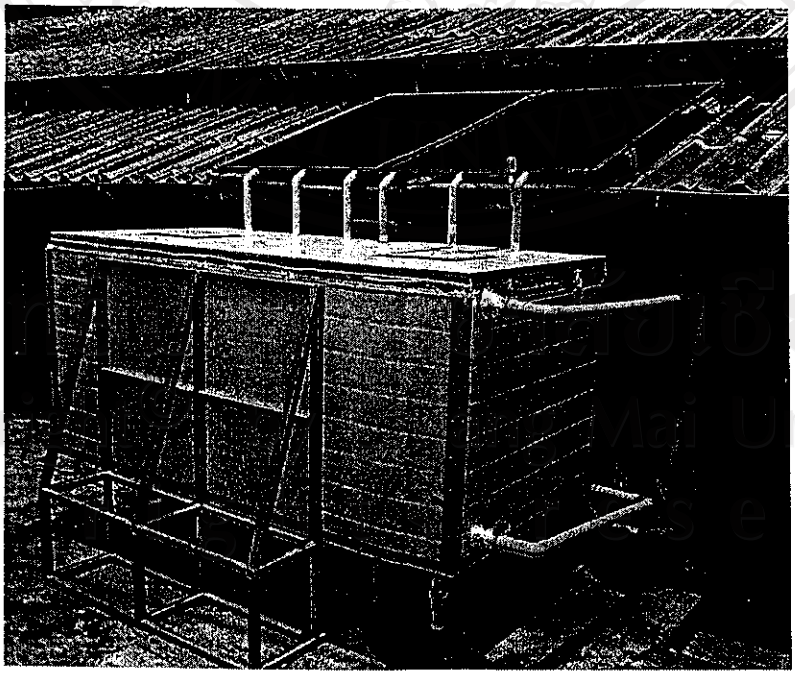
3.1.1.5 ชุดเครื่องมือวัดและบันทึกข้อมูล ประกอบด้วย Data logger ยี่ห้อ Datataker รุ่น DT50 และคอมพิวเตอร์พกพา 1 เครื่อง ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ชุดเครื่องมือวัดและบันทึกข้อมูล

3.1.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ ณ สถานีโครงการหลวง ดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่

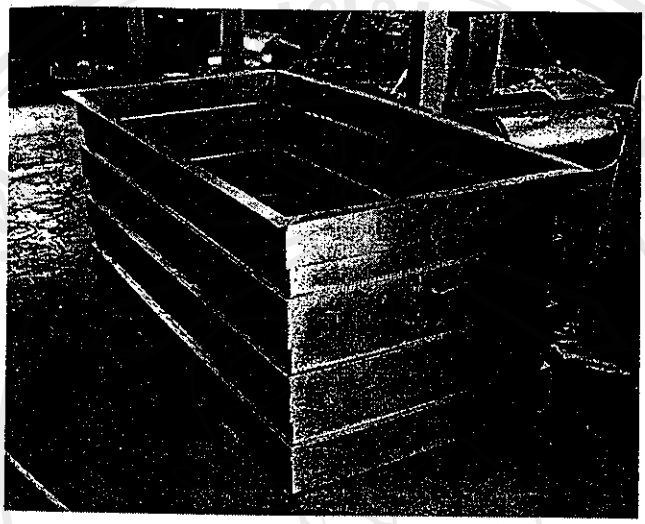
เครื่องทำน้ำเย็นโดยวิธีระบายความร้อนภาคกลางคืนที่สร้างขึ้นสำหรับบ่อปลาเทร้าท์ในช่วงฟักไข่ ดังแสดงในรูปที่ 3.7 ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ คล้ายกับชุดทดสอบ ณ สถานีอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ต่างกันที่ขนาดถังน้ำกับแผงแผ่รังสี ชนิดฉนวน และไม่มีชุดใบพัดสำหรับกวนน้ำ



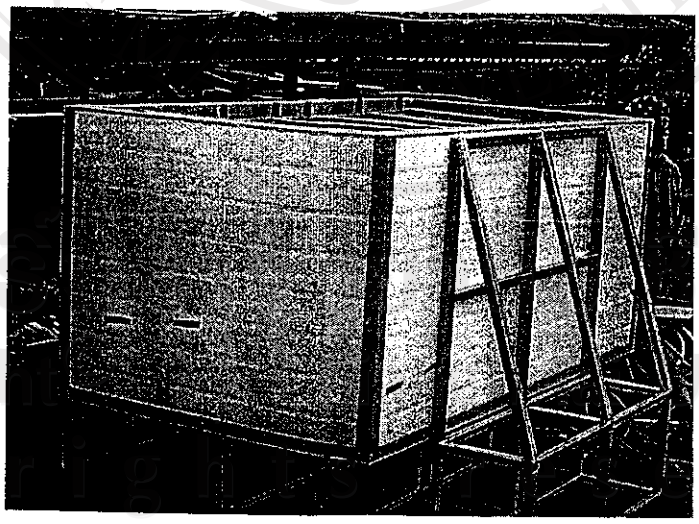
รูปที่ 3.7 เครื่องทำน้ำเย็นโดยวิธีระบายความร้อนภาคกลางคืน สำหรับบ่อปลาเทร้าท์ในช่วงฟักไข่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1.2.1 ถังน้ำหุ้มฉนวน ประกอบด้วยถังน้ำสังกะสีหนา 1 มิลลิเมตร ขนาด 2662 ลิตร กว้าง 1.1 เมตร ยาว 2.2 เมตร สูง 1.1 เมตร ดังรูปที่ 3.8 หุ้มฉนวนด้วยแผ่น Isowall หนา 3 นิ้ว ดังรูปที่ 3.9



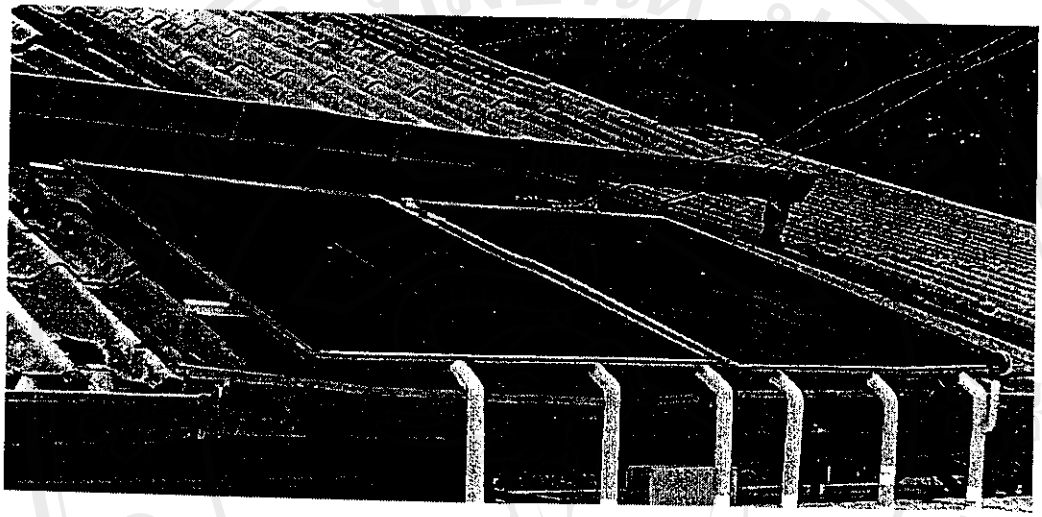
รูปที่ 3.8 ถังน้ำสังกะสี



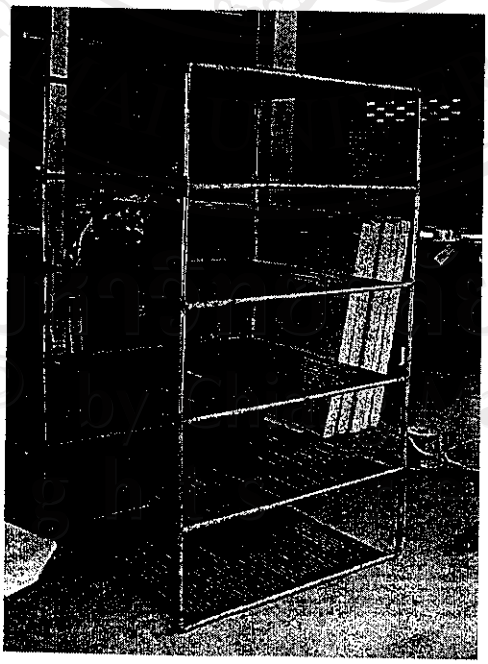
รูปที่ 3.9 ถังน้ำสังกะสีหุ้มฉนวนด้วย Isowall

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1.2.2 ชุดแผงแผ่รังสี (Radiator) ในส่วนควบแน่นประกอบด้วย แผงแผ่รังสีขนาด 2 ตารางเมตร จำนวน 2 แผง ดังแสดงในรูปที่ 3.10 เชื่อมต่อกับส่วนทำระเหยผ่านท่อ Header ซึ่งทำมาจากท่อทองแดงขนาด 7/8 นิ้ว ส่วนทำระเหยมีลักษณะดังรูปที่ 3.11 ซึ่งมีทั้งหมด 6 แถว โดยแต่ละแถวประกอบด้วยท่อทองแดงขนาด 3/8 นิ้ว ยาว 0.95 เมตร จำนวน 44 ท่อ ดังรูปที่ 3.12 เชื่อมต่อกันทั้งหมดด้วยท่อ Header

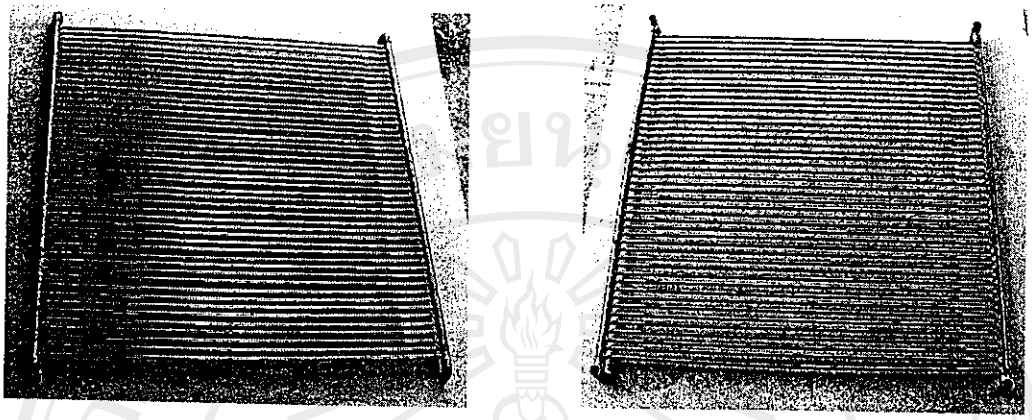


รูปที่ 3.10 แผงแผ่รังสี 2 แผง ติดตั้งบนหลังคา

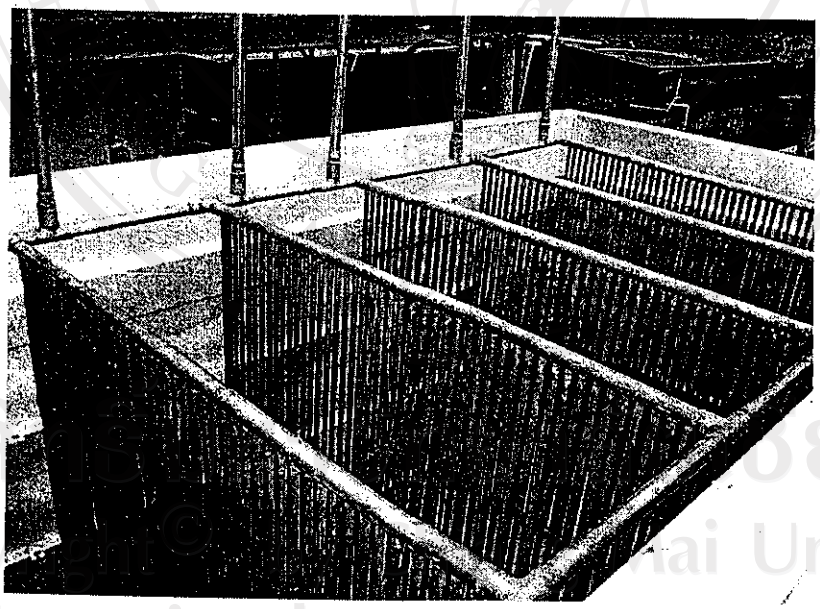


รูปที่ 3.11 ส่วนทำระเหยประกอบด้วยท่อทองแดง 6 แถว
โดยแต่ละแถวมี44 ท่อ เชื่อมต่อกันทั้งหมดด้วย Header

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



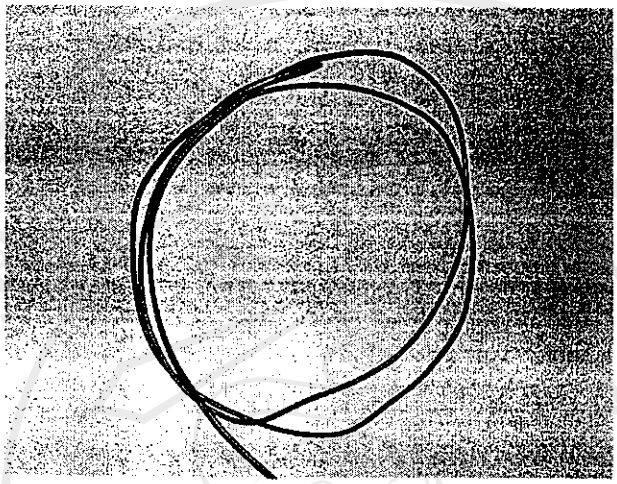
รูปที่ 3.12 ท่อทองแดง 44 ท่อ ในแต่ละแถว เชื่อมต่อเข้าด้วย Header



รูปที่ 3.13 ส่วนทำระเหยหลังจากถูกวางในถังน้ำ

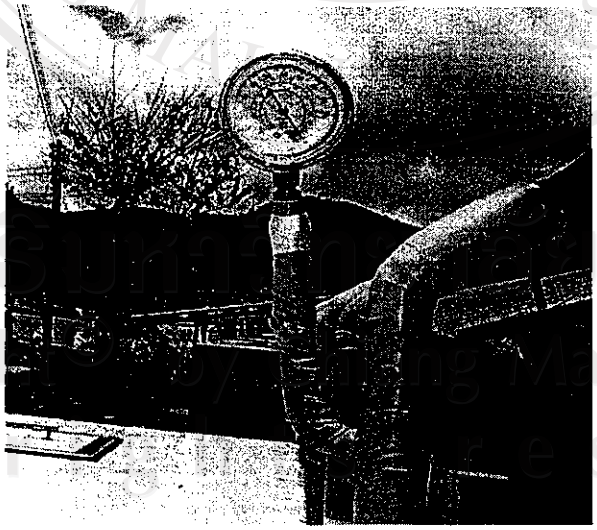
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1.2.3 เทอร์โมคัปเปิ้ล (Thermocouple type K) แบบหุ้มพลาสติกกันความชื้นใช้งานร่วมกับ Datalogger ในการบันทึกข้อมูล



รูปที่ 3.14 เทอร์โมคัปเปิ้ล

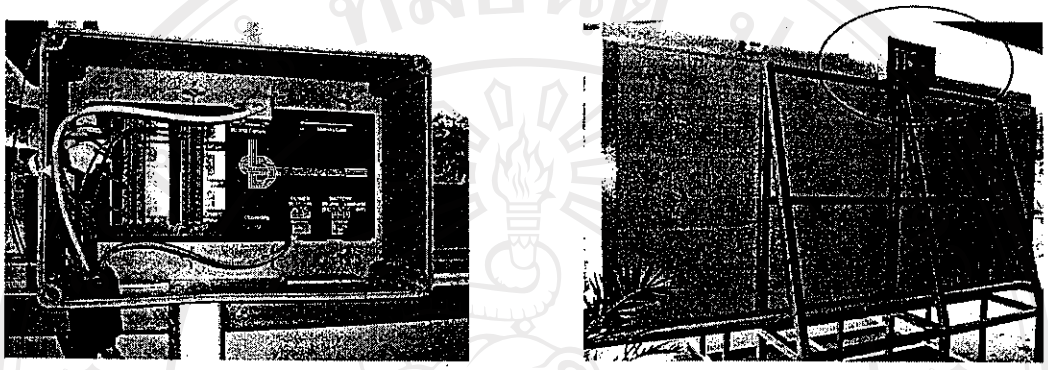
3.1.2.4 เกจวัดความดัน (Pressure Gauge) มีเพื่อตรวจสอบความดันของสารทำงานในท่อทองแดงทั้งระบบ ในกรณีที่มีการรั่วเกิดขึ้นความดันในท่อจะลดลง



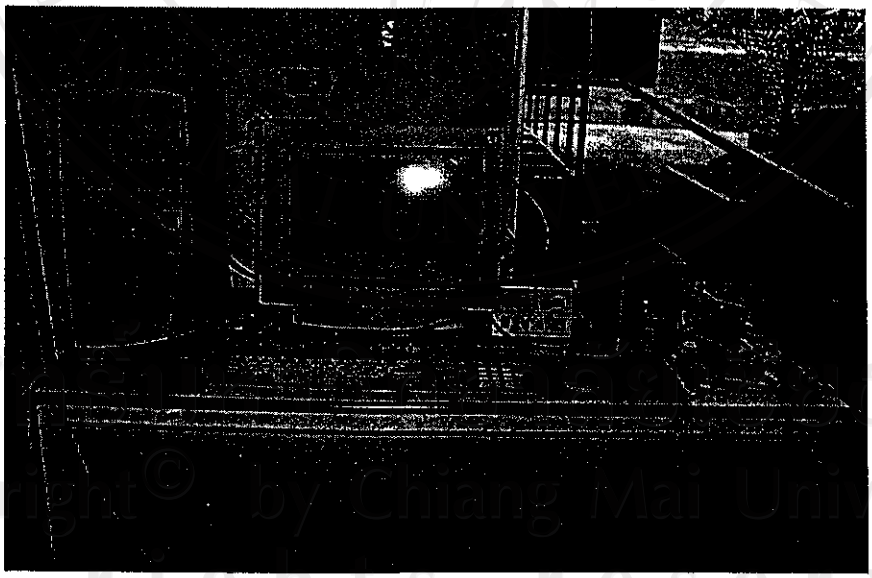
รูปที่ 3.15 เกจวัดความดัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1.2.5 ชุดเครื่องมือวัดและบันทึกข้อมูล ประกอบด้วย Data Logger ยี่ห้อ Datataker รุ่น DT50 ติดตั้งไว้ในตู้ควบคุมข้างถังน้ำ ดังรูปที่ 3.16 และคอมพิวเตอร์พร้อมกับเครื่องสำรองไฟฟ้า (Uninterrupted Power Supply) ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.16 Data Logger และตำแหน่งที่ติดตั้ง



รูปที่ 3.17 คอมพิวเตอร์บันทึกข้อมูลและเครื่องสำรองไฟฟ้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2 วิธีดำเนินการทดสอบ

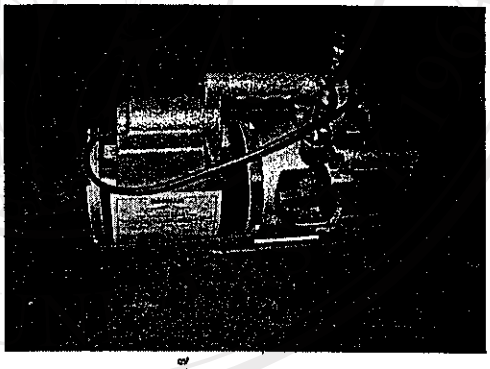
โครงการวิจัยนี้แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 สถานีดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น โดย สถานีอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ทำการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะ และปัจจัยที่มีผลต่อการทำน้ำเย็นโดยวิธีระบายความร้อนภาคกลางคืน สำหรับสถานีโครงการหลวง ดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ ทำการทดสอบสมรรถนะของเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นและติดตั้งยังสถานที่จริง รายละเอียดในการทดสอบมีดังต่อไปนี้

3.2.1 การทดสอบ ณ สถานีอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

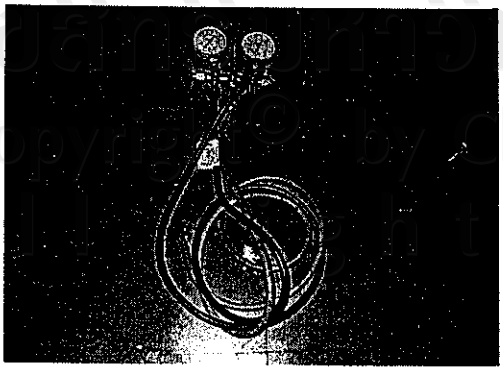
3.2.1.1 เติมสารทำงานR134-a ปริมาณ 80% ของปริมาตรส่วนทำระเหย หรือ ประมาณ 40% ของปริมาตรทั้งหมดโดยคำนวณได้จากสมการ (2.14) และ (2.15)

3.2.1.2 เมื่อได้ปริมาตรสารที่ต้องการแล้ว ให้คำนวณแปลี่ยนเป็นมวล โดยเปิดหาค่า V_f จากตาราง R134a (Cengel, 1998) ณ ที่อุณหภูมิ $0^{o}C$ นำมาหารกับปริมาตรสาร ก็จะได้ มวลของสารที่จะต้องเติม

(ก) ถังน้ำยา R134a



(ข) ปั๊มสุญญากาศ



(ค) เกจเติมน้ำยา

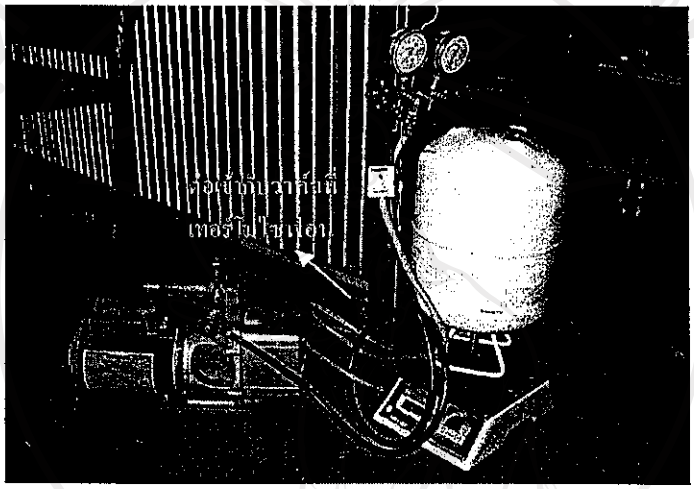
(ง) เครื่องชั่งละเอียด

รูปที่ 3.18 อุปกรณ์ในการเติมสารทำงาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

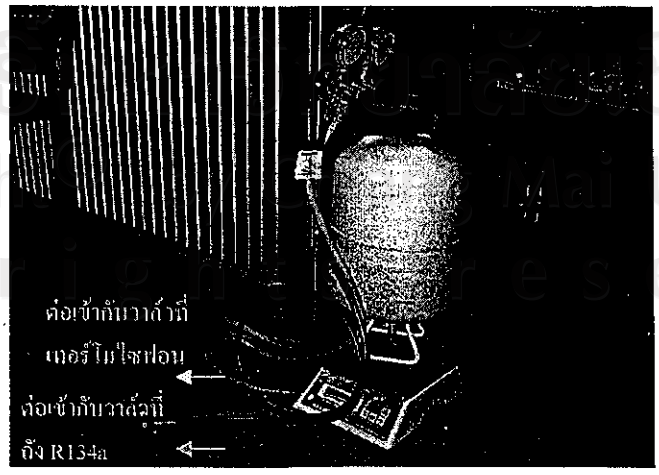
3.2.1.3 อุปกรณ์ในการเติมสารทำงานแสดงในรูปที่ 3.18 ประกอบด้วย ถังน้ำยา R134a บรรจุน้ำยาเต็ม ปั๊มสุญญากาศ(Vacuum Pump) เกจเติมน้ำยา(Manifold Gauge) และเครื่องชั่งละเอียด

3.2.1.4 ทำการเติมโดย ตั้งถังR134a กลับหัวลงบนเครื่องชั่งละเอียดเพื่อให้ของเหลวสัมผัสกับวาล์ว ต่อสายด้านหนึ่งของเกจเติมน้ำยาเข้ากับถังR134a (สายเส้นนี้ทำการหุ้มฉนวน) ปิดวาล์วไว้ ส่วนอีกสายหนึ่งต่อเข้ากับปั๊มสุญญากาศ ดังแสดงในรูปที่ 3.19 ทำการดูดประมาณ 15 นาที เพื่อทำให้ภายในท่อเทอร์โมไซฟอนเป็นสุญญากาศ



รูปที่ 3.19 ลักษณะอุปกรณ์ในการทำให้เทอร์โมไซฟอนเป็นสุญญากาศ

3.2.1.5 เมื่อทำการดูดเสร็จแล้วปิดวาล์ว แล้วเปิดวาล์วด้านถังR134a เพื่อให้สารทำงานไหลเข้าสู่เทอร์โมไซฟอน ในขณะนี้ให้ดูตัวเลขที่ตาชั่ง ถ้าสารในถังมีมวลลดลงได้ตามที่ต้องการให้ปิดวาล์วและเริ่มทำซ้ำในท่ออื่นๆต่อไป



รูปที่ 3.20 ลักษณะอุปกรณ์ในเติมน้ำยาให้เทอร์โมไซฟอน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.1.6 เมื่อเติมสารทำงานเสร็จแล้ว ทำการติดตั้งแผงแผ่รังสีลงในถังน้ำ แล้วทำการปิดฝาและหุ้มฉนวนด้านบน

3.2.1.7 ทำการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิ้ลในส่วนที่ต้องการวัดอุณหภูมิ ซึ่งก็คือ

ก) ส่วนทำระเหย ทำการติดตั้ง 4 จุด

ข) ส่วนควบแน่น ทำการติดตั้ง 4 จุดเช่นกัน

ค) อุณหภูมิน้ำ ทำการติดตั้ง 2 จุด คือ ที่ 0.25 เมตร และ 0.75 เมตร จากด้านล่างของถัง

ง) อุณหภูมิอากาศแวดล้อม ทำการติดตั้ง 1 จุด ที่บริเวณใต้แผงแผ่รังสี

3.2.1.8 นำเทอร์โมคัปเปิ้ลทุกเส้นต่อเข้าเครื่องบันทึกข้อมูล

3.2.1.9 เชื่อมต่อเครื่องบันทึกข้อมูลเพื่อส่งถ่ายและแสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์

3.2.1.10 เติมน้ำให้เต็มถัง และปิดฝาถัง

3.2.1.11 เปิดเครื่องบันทึกข้อมูล เพื่อเริ่มทำการบันทึกผล

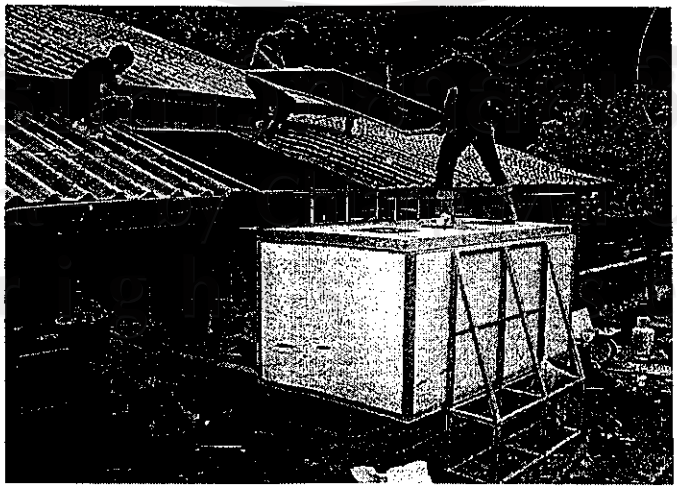
3.2.1.12 เดินเครื่องมอเตอร์ใบพัดเพื่อทำการกวนน้ำใน 20.00น. 24.00น. และ 6.00น. ของทุกวันที่ทำการทดสอบ เป็นเวลาช่วงละ 10 นาที

3.2.2 การทดสอบ ณ สถานีโครงการหลวง ดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่

3.2.2.1 ทำการประกอบส่วนทำระเหย และถังน้ำหุ้มฉนวน

3.2.2.2 ติดตั้งถังน้ำหุ้มฉนวน ณ สถานีประมงบนที่สูง โครงการหลวง ดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่

3.2.2.3 ติดตั้งส่วนทำระเหยในถังทำน้ำเย็น และแผงแผ่รังสีบนหลังคา ดังรูปที่ 3.21 เสร็จแล้วเชื่อมต่อกันด้วยท่อ Header และปิดฝาถัง



รูปที่ 3.21 ขณะทำการติดตั้งแผงแผ่รังสี และถังทำน้ำเย็น ณ สถานีประมงบนที่สูง โครงการหลวง ดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.2.4 ทำการเติมสารทำงาน โดยปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 3.2.1.1 ถึง 3.2.1.5 ยกเว้นเวลาในการทำให้ท่อเทอร์โมไซฟอนเป็นสุญญากาศจะเพิ่มเป็น 2 ชั่วโมง เพราะว่าส่วนทำระเหยเป็นระบบเชื่อมต่อกันทั้งหมด จึงทำการดูดสุญญากาศ และเติมสารทำงานเพียงครั้งเดียว

3.2.2.5 ทำการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิ้ลในส่วนที่ต้องการวัดอุณหภูมิ ซึ่งก็คือ

ก) ส่วนทำระเหย ทำการติดตั้ง 4 จุด

ข) ส่วนควบแน่น ทำการติดตั้ง 2 จุด

ค) อุณหภูมิน้ำ ทำการติดตั้ง 2 จุด คือ ที่ 0.25 เมตร และ 0.75 เมตร จากด้านล่างของถัง

ง) อุณหภูมิอากาศแวดล้อม ทำการติดตั้ง 1 จุด ที่บริเวณใต้หลังคา

3.2.2.6 นำเทอร์โมคัปเปิ้ลทุกเส้นต่อเข้าเครื่องบันทึกข้อมูล

3.2.2.7 เชื่อมต่อเครื่องบันทึกข้อมูลเพื่อส่งถ่ายและแสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์

3.2.2.8 เปิดวาล์วน้ำป้อนเติมน้ำให้เต็มถัง เสร็จแล้วปิดวาล์ว (ในขณะที่ระบบกำลังทำงาน น้ำป้อนจะส่งผ่านสู่บ่อปลาเทร้าท์พ่อพันธุ์แม่พันทางท่อ By pass)

3.2.2.9 เปิดเครื่องบันทึกข้อมูล เพื่อเริ่มทำการบันทึกผล

3.3 แนวทางวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบ

นำข้อมูลที่ทำการทดสอบจากระบบทำน้ำเย็นโดยวิธีระบายความร้อนภาคกลางคืนทั้งสองสถานีมาวิเคราะห์ดังนี้

3.3.1 แนวทางวิเคราะห์ข้อมูล ณ สถานีอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

3.3.1.1 ทำการวิเคราะห์หาค่าอุณหภูมิน้ำหลังออกจากถังทำน้ำเย็น(T_{cs}) โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ตามแผนผังในรูปที่ 2.3 ซึ่งถ้าหากว่า T_{cs}(Actual) มีค่ามากกว่า T_{cs}(Need) จะต้องใช้ระบบทำน้ำเย็นแบบอัดไอ (Chiller) ช่วยในการทำน้ำเย็น

3.3.1.2 นำข้อมูลอุณหภูมิของน้ำในถังทำน้ำเย็น อุณหภูมิอากาศแวดล้อม และเวลาที่ใช้ในการทำความเย็น มาวิเคราะห์หาอัตราความร้อนที่ถ่ายเทออกจากน้ำในถังทำน้ำเย็น(Q_u)

3.3.1.3 นำข้อมูลอุณหภูมิอากาศแวดล้อม และความชื้นสัมพัทธ์ มาวิเคราะห์หาอุณหภูมิท้องฟ้า

3.3.1.4 นำข้อมูลอุณหภูมิส่วนควบแน่น (T_c) และอุณหภูมิท้องฟ้าที่ได้จากการคำนวณตามแบบจำลองคณิตศาสตร์ มาคำนวณหาอัตราการแผ่รังสีความร้อนสู่ท้องฟ้า

3.3.1.5 นำอัตราการแผ่รังสีความร้อนสู่ท้องฟ้า และอัตราความร้อนที่ถ่ายเทออกจากน้ำในถังทำน้ำเย็นมาวิเคราะห์หา อัตราการพาความร้อนสู่อากาศแวดล้อม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.3.1.6 วิเคราะห์หาขนาดถังทำน้ำเย็น และพื้นที่แผงแผ่รังสีสำหรับบ่อเลี้ยงปลาเทร้าท์พ่อพันธุ์แม่พันธุ์ โดยพิจารณาจากอัตราความร้อนที่ถ่ายเทออกจากน้ำในถังทำน้ำเย็นต่อขนาดพื้นที่ของแผงแผ่รังสีในการทดสอบ และการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์โดยเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการคืนทุน(Payback Period)

3.3.2 แนวทางวิเคราะห์ข้อมูล ณ สถานีโครงการหลวง ดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่

3.3.2.1 นำข้อมูลอุณหภูมิของน้ำในถังทำน้ำเย็น อุณหภูมิอากาศแวดล้อม และเวลาที่ใช้ในการทำความเย็น มาวิเคราะห์หาอัตราความร้อนที่ถ่ายเทออกจากน้ำในถังทำน้ำเย็น

3.3.2.2 นำข้อมูลอุณหภูมิอากาศแวดล้อม และความชื้นสัมพัทธ์ มาวิเคราะห์หาอุณหภูมิท้องฟ้า

3.3.2.3 นำข้อมูลอุณหภูมิส่วนควบแน่น และอุณหภูมิท้องฟ้าที่ได้จากการคำนวณตามแบบจำลองคณิตศาสตร์ มาคำนวณหาอัตราการแผ่รังสีความร้อนสู่ท้องฟ้า

3.3.2.4 เปรียบเทียบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อุณหภูมิท้องฟ้า ของ Bliss, Swimbank และ Martin ว่าแบบใดเหมาะสมกับสภาพอากาศในการทดสอบที่สุด

3.3.2.5 นำอัตราการแผ่รังสีความร้อนสู่ท้องฟ้า และอัตราความร้อนที่ถ่ายเทออกจากน้ำในถังทำน้ำเย็นมาวิเคราะห์หา อัตราการพาความร้อนสู่อากาศแวดล้อม

3.3.2.6 ทำการวิเคราะห์หาพลังงานที่ประหยัดได้ทั้งปี โดยใช้ข้อมูลอากาศและน้ำทั้งปีของสถานีประมงบนที่สูง โครงการหลวง ดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ คำนวณการทำน้ำเย็นเป็นรอบ (Turn)

3.3.2.7 วิเคราะห์หาราคาพลังงานที่ประหยัดได้ทั้งปี โดยเปรียบเทียบกับพลังงานที่ใช้ในการเดินเครื่องทำน้ำเย็นแบบอัดไอ (Chiller)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved