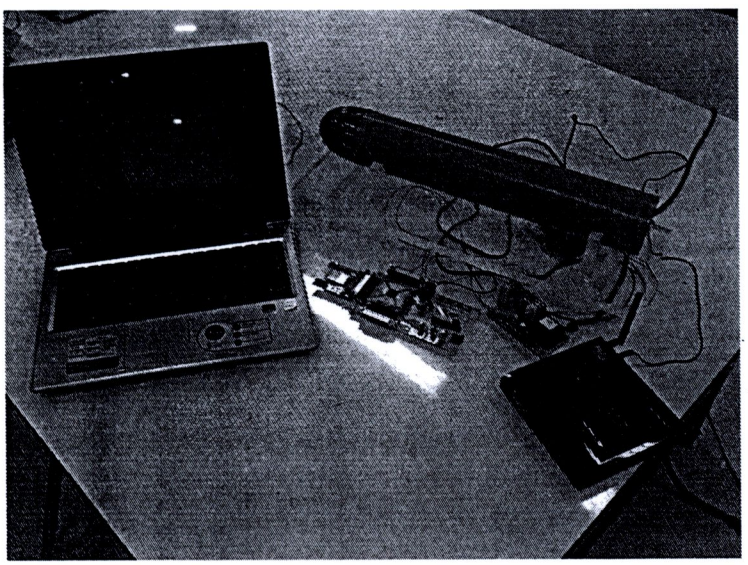
บทที่ 4

ผลการทดลอง

การควบคุมระบบท่อนำความร้อน มีเป้าหมายหลักคือควบคุมอุณหภูมิที่ปลายท่อด้านหนึ่งให้เป็นไปตามค่าที่ต้อง ซึ่งค่าที่ต้องการนี้สามารถเปลี่ยนได้ตามที่ผู้ควบคุมต้องการ ในการทดลองนี้ค่าดังกล่าวจะถูกส่งมาจากโปรแกรมซึ่งกำลังทำงานอยู่บนคอมพิวเตอร์ ผ่านการสื่อสารแบบ Wi-Fi มายังบอร์ดควบคุมซึ่งเป็นระบบฝังตัวขนาดเล็ก บนระบบฝังตัวทำการออกแบบระบบควบคุมแบบวงปิดเอาไว้

4.1 อุปกรณ์สำหรับการทดลอง

อุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการทดลองการควบคุมอุณหภูมิแบบไร้สายซึ่งเป็นการรับค่าอุณหภูมิจากโปรแกรม และส่งผลลัพธ์ ที่ได้ผ่านการสื่อสารแบบ Wi-Fi กลับไปแสดงผลบนคอมพิวเตอร์อีกครั้งหนึ่ง อุปกรณ์ทั้งหมดแสดงในรูปที่ 4.1ในส่วนของโปรแกรมสำหรับส่งค่าอุณหภูมิที่ต้องการ แสดงในรูปที่ 4.2 ข้อมูลที่ได้ยังสามารถนำไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมอื่นๆ ได้อีกด้วย เช่นโปรแกรม MATLAB เป็นต้น

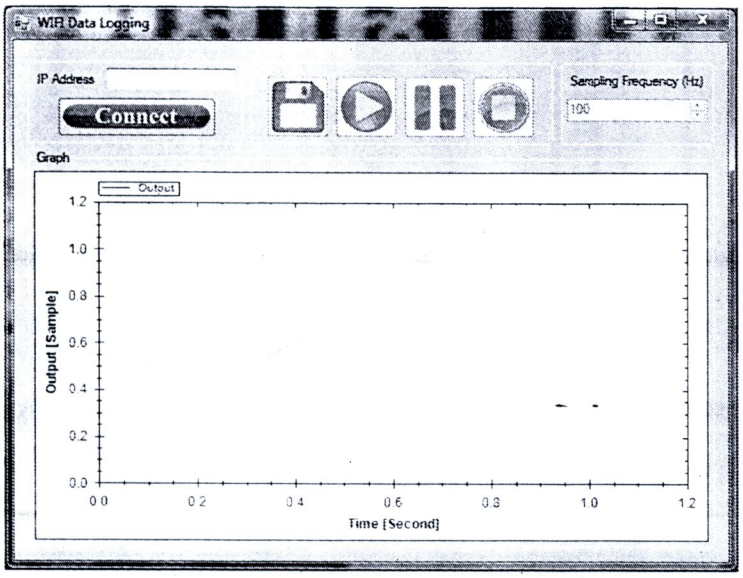


รูปที่ 4.1 ระบบควบคุมอุณหภูมิท่อนำความร้อน

อุปกรณ์ที่จำเป็นประกอบด้วย

1. ระบบท่อนำความร้อน
2. บอร์ดควบคุม

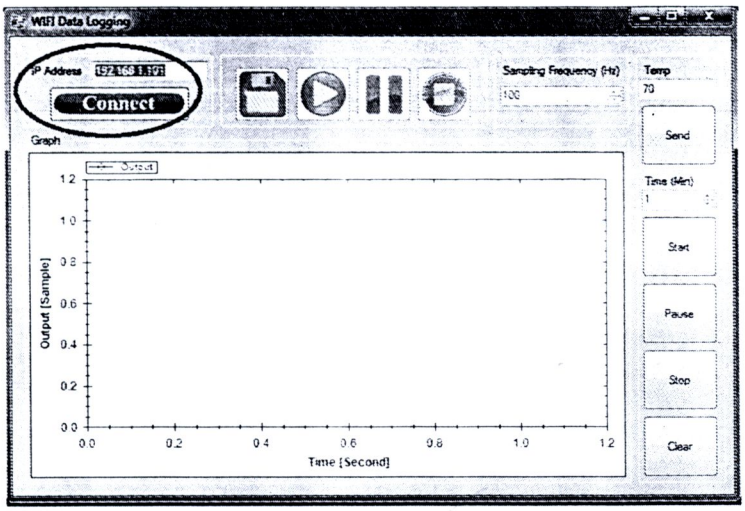
3. อุปกรณ์กระจายสัญญาณเร้าเตอร์
4. คอมพิวเตอร์ติดตั้งโปรแกรมส่งค่าอุณหภูมิและแสดงผลข้อมูล
5. เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ



รูปที่ 4.2 โปรแกรมค่าอุณหภูมิที่ต้องการแบบไร้สาย

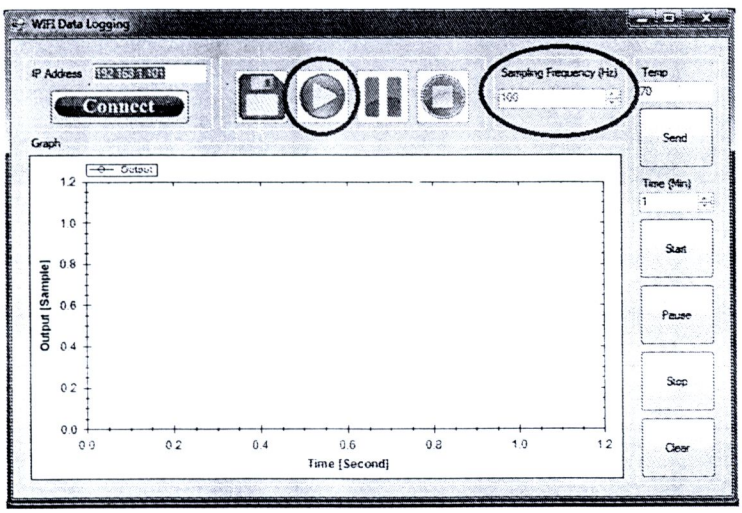
4.2 การควบคุมระบบท่อนำความร้อนด้วยตัวควบคุม On/Off

การสื่อสารแบบโครงข่ายโดยใช้ Wi-Fi จะอาศัยตำแหน่ง IP เป็นตัวเลขอ้างอิง ดังนั้น อุปกรณ์ต่างๆ บนเครือข่ายนี้จะมีตัวเลข IP เป็นของตนเอง การสื่อสารชนิดนี้เป็นแบบ Server และ Client โดยที่บอร์ดควบคุมทำหน้าที่เป็น Server และโปรแกรมทำหน้าที่เป็น Client เมื่อเริ่มต้นการทำงาน อุปกรณ์กระจายตำแหน่ง IP จะแจกจ่ายตำแหน่ง IP ให้กับอุปกรณ์ทุกชิ้นบนเครือ ส่วนของโปรแกรม เมื่อต้องการติดต่อกับบอร์ดควบคุม ผู้ใช้จะต้องกำหนดหมายเลข IP ของบอร์ดควบคุม ดังรูปที่ 4.3 จากนั้นสามารถเริ่มการเชื่อต่อโดยการกดปุ่ม Connect



รูปที่ 4.3 การแสดงตำแหน่ง IP ของบอร์ดส่งข้อมูล

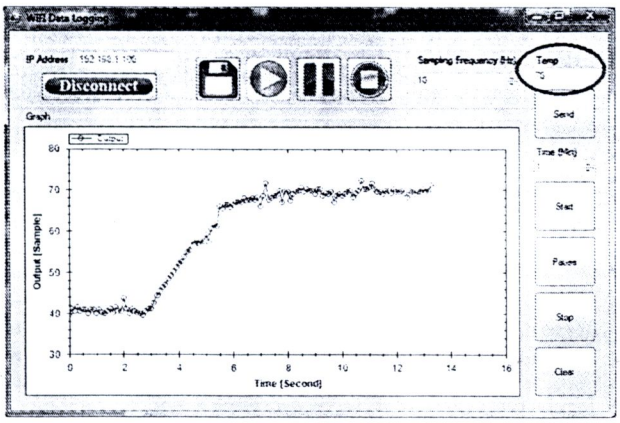
หลังจากทำการเชื่อมต่อโปรแกรมเข้ากับเครือข่ายแล้ว แต่ยังไม่มีข้อมูลใดๆ แสดงบนกราฟ จนกว่าจะกดปุ่มรัน แต่ก่อนรันโปรแกรมเพื่อควบคุมระบบ ควรกำหนดค่าความถี่สุ่มก่อนดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 การรันและการกำหนดความถี่สุ่ม

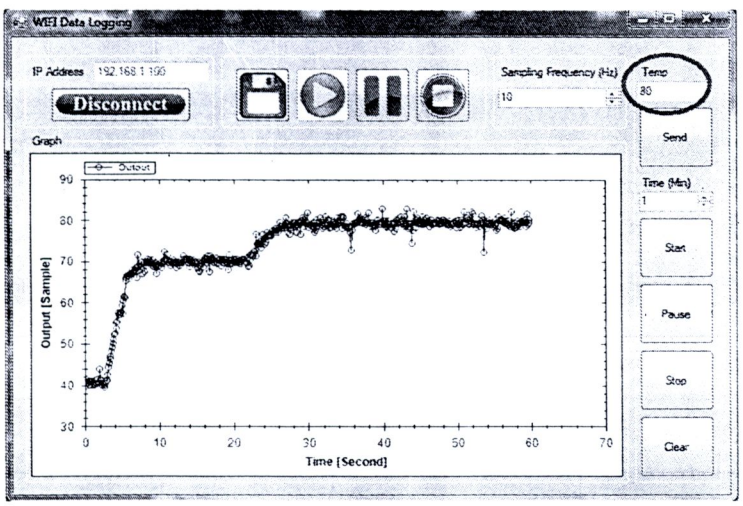
4.2.1 การส่งค่าอุณหภูมิที่ต้องการ

เพื่อทำการควบคุมอุณหภูมิที่ปลายท่อตามที่ต้องการผู้ใช้จะต้องส่งค่าอุณหภูมิที่ต้องการไปให้บอร์ดควบคุม การส่งข้อมูลใช้การสื่อสารแบบ Wi-Fi ช่วงเวลาเริ่มต้นกำหนดค่าอุณหภูมิอยู่ที่ 70 องศา ดังแสดงในรูปที่ 4.5



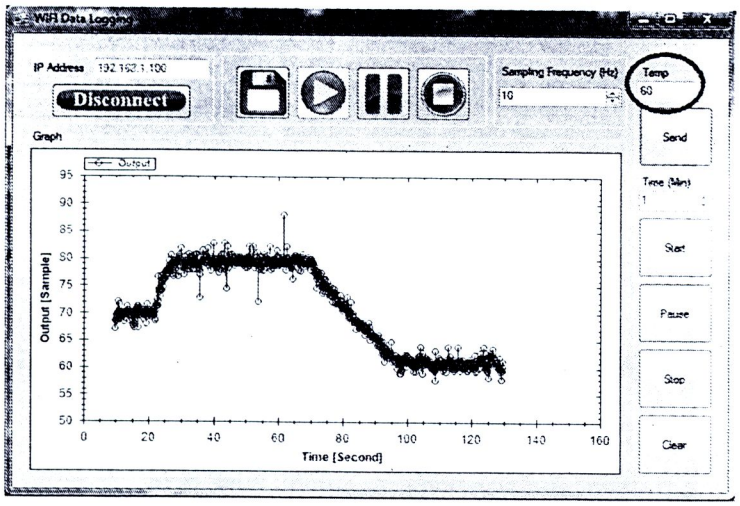
รูปที่ 4.5 ค่าอุณหภูมิที่ต้องการ 70 องศา

ขณะทำการทดลองอุณหภูมิมีค่า 40 องศา เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 3 วินาที ทำการส่งค่าอุณหภูมิที่ต้องการไป 70 องศา ตัวควบคุม ใช้เวลาประมาณ 3 วินาทีก็สามารถ ควบคุมให้อุณหภูมิที่ปลายท่อมีค่าที่ต้องการได้ จากนั้นส่งอุณหภูมิที่ต้องการใหม่เป็น 80 องศา ระบบวงปิดสามารถติดตามค่าดังกล่าวได้ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ค่าอุณหภูมิที่ต้องการ 80 องศา

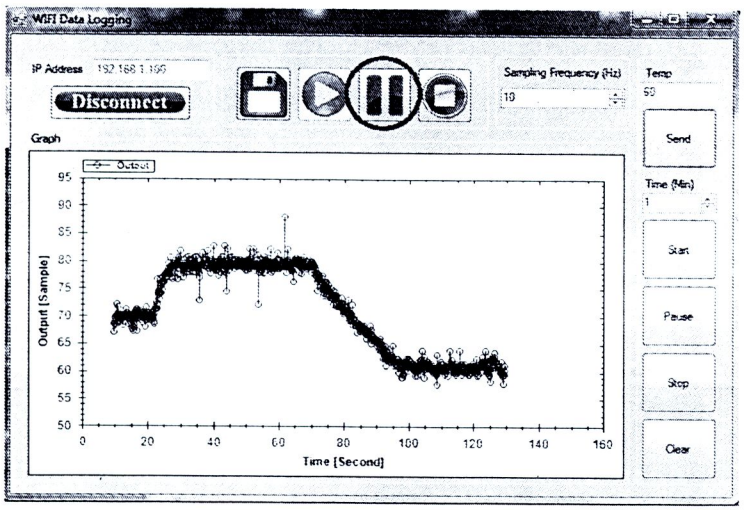
ค่าอุณหภูมิที่ต้องการสามารถเปลี่ยนเป็นค่าอื่น ๆ เช่น กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 60 องศา เนื่องจากค่าใหม่มีค่าน้อยกว่า ดังนั้นเมื่อทำการส่งค่านี้ไป บอร์ดควบคุมจะหยุดจ่ายแรงดันให้กับขดลวดทำความร้อน ทำให้อุณหภูมิลดลง ซึ่งใช้เวลาประมาณ 30 วินาที ก่อนที่บอร์ดควบคุมทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้าอีกครั้งหนึ่ง เพื่อรักษาอุณหภูมิที่ 60 องศา ที่ตำแหน่งนี้เห็นได้ชัดเจนถึงการแกว่งของสัญญาณขาออก ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของตัวควบคุมแบบ On/Off นั้นเอง



รูปที่ 4.6 ค่าอุณหภูมิที่ต้องการ 80 องศา

4.2.2 การบันทึกข้อมูล

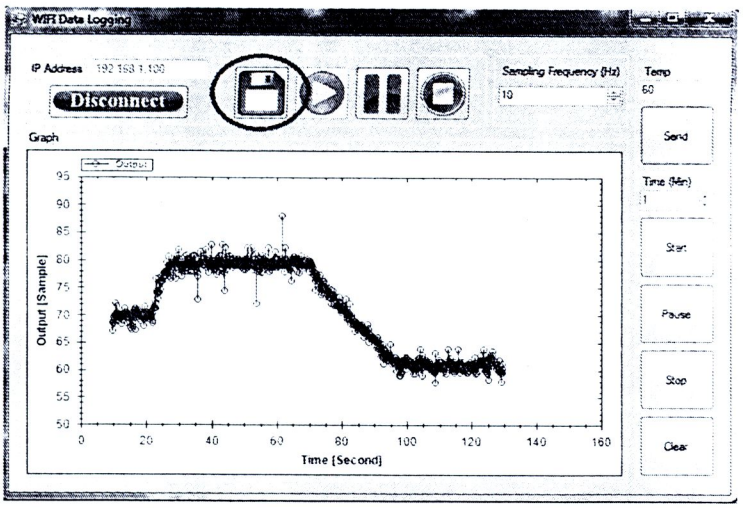
เพื่อให้ข้อมูลที่แสดงบนโปรแกรมควบคุมแบบไร้สายมีประโยชน์มากยิ่งขึ้น ข้อมูลดังกล่าวสามารถถูกบันทึกเป็นลักษณะของไฟล์ได้



รูปที่ 4.7 การหยุดแสดงข้อมูลชั่วคราว

โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการหยุดแสดงข้อมูลชั่วคราว โดยการกดปุ่ม Pause
2. ทำการบันทึกข้อมูล โดยการกดปุ่ม Save กำหนดชื่อไฟล์และกด Ok



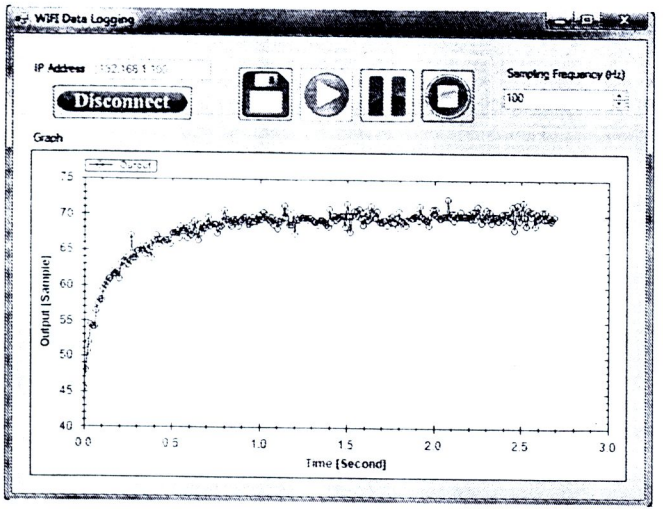
รูปที่ 4.7 การบันทึกข้อมูล

4.3 การควบคุมระบบท่อนำความร้อนด้วยตัวควบคุม PI

การการทดลองการอุณหภูมิของระบบท่อนำความร้อนด้วยตัวควบคุม PI นี้ใช้วิธีการกำหนด ค่าในบอร์ดระบบฝังตัว และส่งค่าอุณหภูมิ ไปแสดงยังโปรแกรมผ่านการสื่อสารแบบ Wi-Fi การควบคุมระบบด้วยตัวควบ PI นั้นต่างจากการควบคุมระบบด้วยตัวควบคุม On/Off เพราะต้องมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ให้กับตัวควบคุม และต้องอธิบายระบบด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อนำแบบจำลองดังกล่าวไปออกแบบตัวควบคุม

4.3.1 การออกแบบตัวควบคุม PI

ขั้นตอนแรกในการออกแบบระบบควบคุมคือการอธิบายระบบด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ซึ่งในโครงงานวิจัยนี้ ทำการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยวิธีโดยวิธีการทดลองกล่าวคือการป้อนสัญญาณขาเข้าเป็นค่าคงที่ขนาด 110 โวลท์ จากนั้นทำการวัดค่าอุณหภูมิที่ปลายด้านหนึ่งของท่อนำความร้อน และส่งค่าที่ได้ไปแสดงผลที่โปรแกรมดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.7 ค่าอุณหภูมิจากการทดลองวงเปิด

โดยอาศัยข้อมูลที่วัดได้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ปลายท่อ และแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับขดลวดกำเนิดความร้อน สามารถคำนวณได้โดย

$$G(s) = \frac{0.623}{59.47s^2 + 22.75s + 1}$$

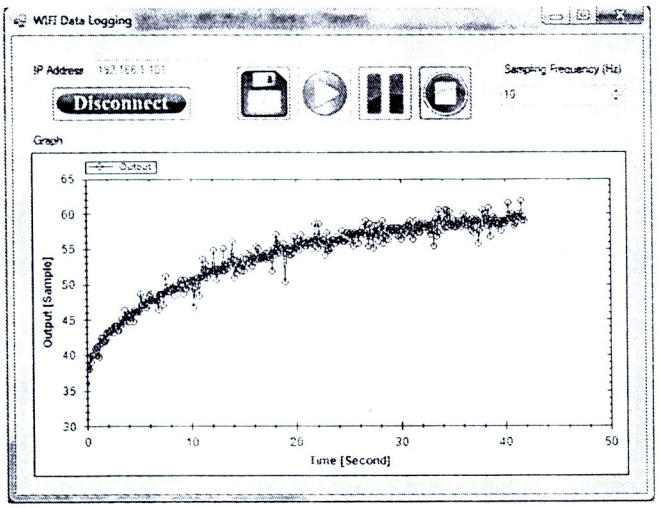
จากรูปผลตอบสนองอาจใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์อันดับหนึ่งได้ แต่เพื่อให้แบบจำลองถูกต้องมากขึ้นในโครงงานวิจัยนี้เลือกใช้อันดับสอง จากนั้นทำการออกแบบตัวควบคุม PI ดังนี้

$$K(s) = 2.3593\frac{s + 0.08816}{s}$$

ในการนำตัวควบคุม PI ที่ได้นี้ไปเขียนเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อบรรจุลงบนระบบฝังตัวนั้น สำการดังกล่าวต้องถูกแปลงเป็นสมการผลต่างก่อน

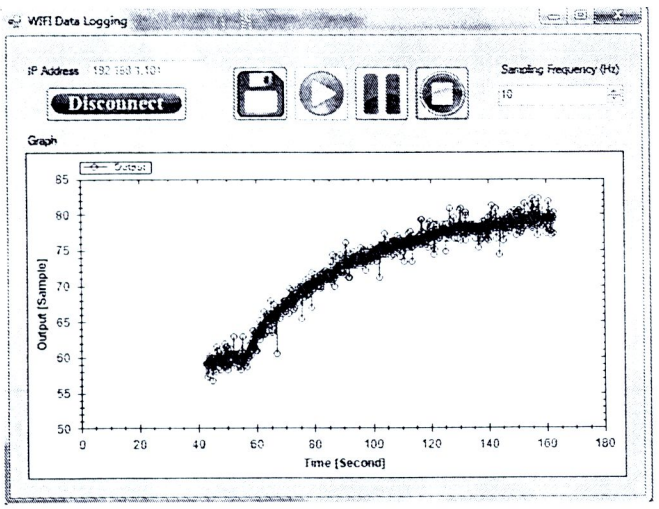
$$u(n) = u(n-1) + 2.37e(n) - 2.349e(n-1)$$

ผลของการควบคุมระบบด้วยตัวควบคุม PI แสดงในรูปที่ 4.8 โดยกำหนดให้อุณหภูมิที่ต้องการอยู่ที่ 60 องศา ระบบใช้เวลา 40 วินาที ถึงจะไปถึงระดับที่ต้องการทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบตัวควบคุม PI ด้วย



รูปที่ 4.8 ค่าอุณหภูมิสำหรับอุณหภูมิที่ต้องการ 60 องศา

จากนั้นทดลองเปลี่ยนค่าอุณหภูมิที่ต้องการเป็น 80 องศา ซึ่งระบบควบคุมวงปิดก็สามารถติดตามค่าดังกล่าวได้อย่างดีเช่นกัน



รูปที่ 4.9 ค่าอุณหภูมิสำหรับอุณหภูมิที่ต้องการ 80 องศา

4.4 สรุป

จากทดลองควบคุมระบบด้วยตัวควบคุม On/Off และตัวควบคุม PI เห็นได้อย่าชัดเจนว่า วิธีการที่นำเสนอนั้น สามารถควบคุมระบบผ่านการสื่อสารแบบไร้สายชนิด Wi-Fi ได้เป็นอย่างดี รวมถึงการนำค่าอุณหภูมิกลับมาแสดงบนโปรแกรม ซึ่งเป็นการป้อนกลับข้อมูลที่มีประโยชน์มาก