

บทที่ 5

ชุดการทดลอง

เพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้อง (Verification) และความสามารถในการทำนายผลของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ชุดการทดลองที่ใช้ในการศึกษาการกระจายตัวของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากการปล่อยน้ำที่มีอุณหภูมิสูงลงสู่กระแสน้ำจึงถูกสร้างขึ้นพร้อมทั้งนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในงานวิจัย ทั้งนี้มีรายละเอียดของชุดการทดลอง วิธีการทดลอง และผลการทดลองดังต่อไปนี้

5.1 ลักษณะและส่วนประกอบของชุดทดลอง

ลักษณะและส่วนประกอบของชุดการทดลองที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะแสดงได้ในรูปที่ 5.1 โดยมีสัญลักษณ์แสดงส่วนต่างๆ ของชุดการทดลองดังนี้

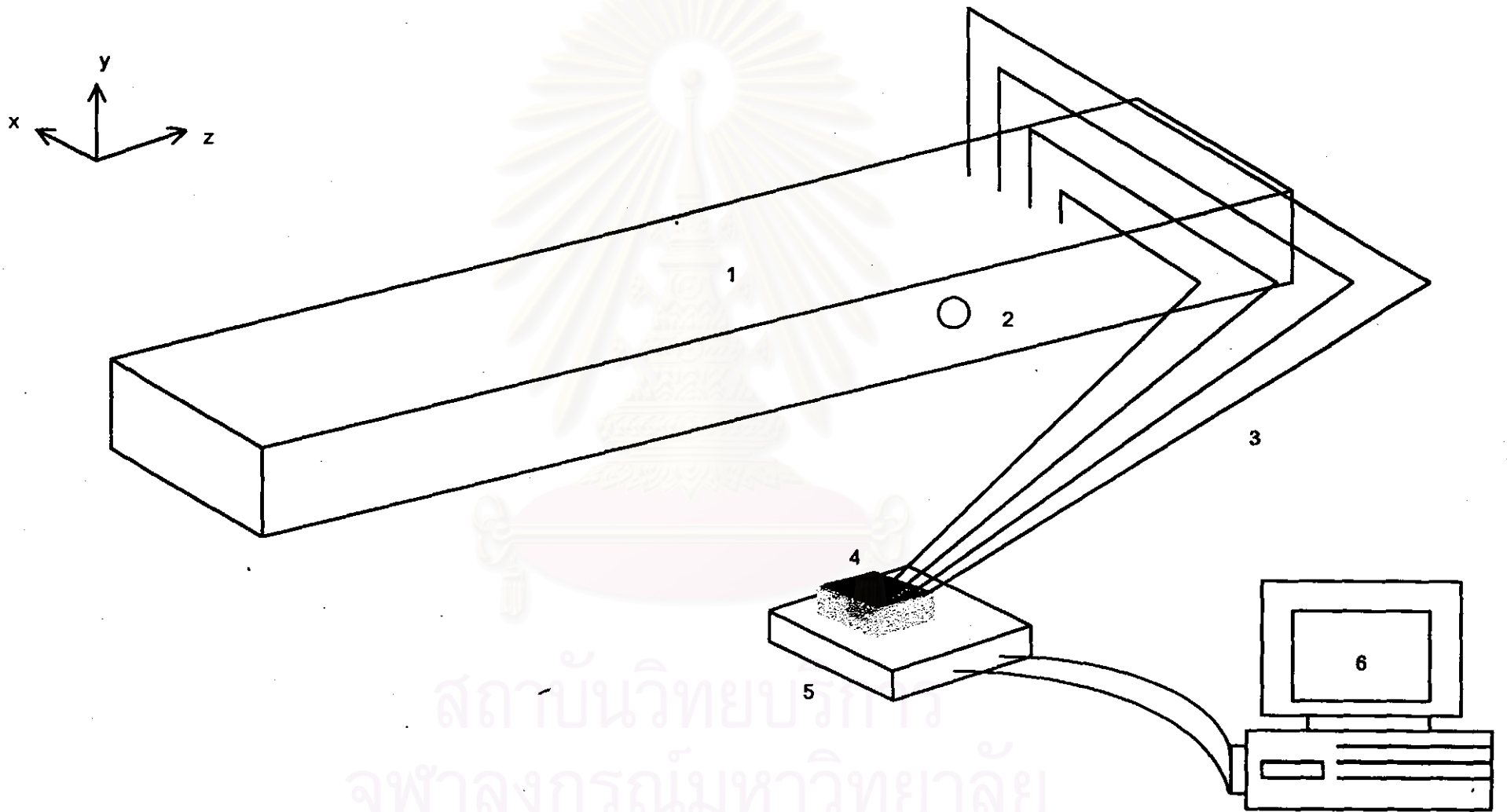
- 1 - ท่อหลักขนาดกว้าง 0.2 เมตร ยาว 3.35 เมตร สูง 0.1 เมตร
- 2 - ท่อข้างเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร
- 3 - เทอร์โมคัปเปิลเปิดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5 มิลลิเมตร
- 4 - เครื่องแปลงสัญญาณอุณหภูมิ (temperature adapter)
- 5 - Data acquisition
- 6 - คอมพิวเตอร์

จากรูปที่ 5.1 จะสามารถแบ่งชุดการทดลองได้เป็น 2 ส่วนที่สำคัญคือ

5.1.1 ท่อหลักและท่อข้าง

ลักษณะของท่อหลักจะเป็นท่อที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีขนาด 0.2 เมตร x 3.35 เมตร x 0.1 เมตร (กว้าง x ยาว x สูง) ประกอบขึ้นจากแผ่นอะคริลิก (Acrylic) ใสความหนา 6 มิลลิเมตร ที่บริเวณด้านทางของท่อหลักจะประกอบด้วยท่อขนาดเล็กจำนวนมากวางเรียงซ้อนกันจนเต็มพื้นที่หน้าตัดของท่อหลักในแนวเดียวกับการไหลของน้ำในท่อหลักเพื่อช่วยลดความปั่นป่วนของน้ำที่เข้ามาและช่วยกระจายน้ำให้ไหลเข้าไปในท่อหลักอย่างสม่ำเสมอ

ที่ตำแหน่ง 1.68 เมตร วัดจากด้านทางของท่อหลักจะมีท่อข้างซึ่งมีลักษณะเป็นท่อทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร ปล่อยน้ำร้อนออกมาผสมกับน้ำที่อยู่ภายในท่อหลักใน

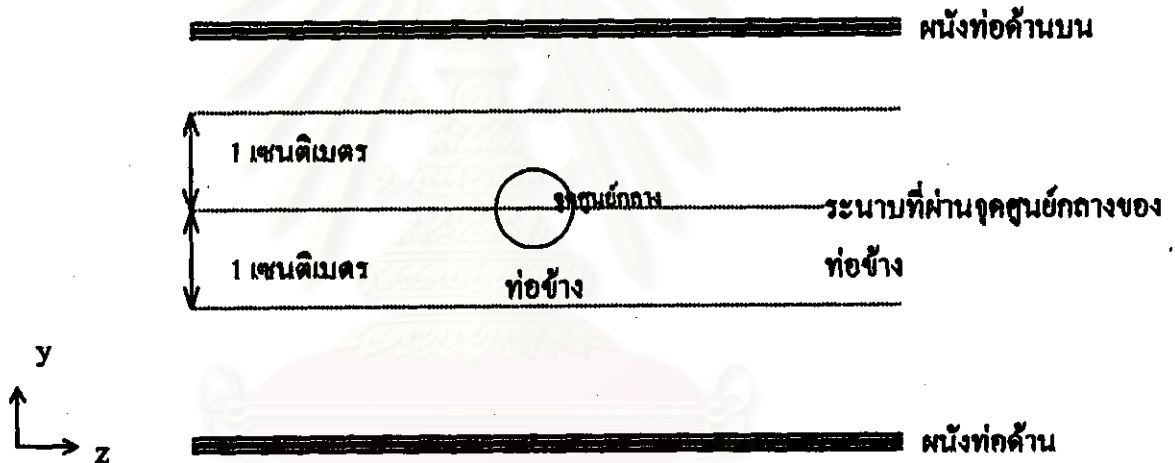


รูปที่ 5.1 ลักษณะและส่วนประกอบของชุดการทดลองที่ใช้ในงานวิจัย

ทิศทางตั้งฉากกับการไหลของน้ำในท่อหลัก โดยที่จุดศูนย์กลางของท่อข้างจะอยู่สูงจากผนังด้านล่างของท่อหลัก 6.8 เซนติเมตร ในการควบคุมอัตราการไหลของน้ำร้อนจะทำการควบคุมโดยใช้วาล์ว

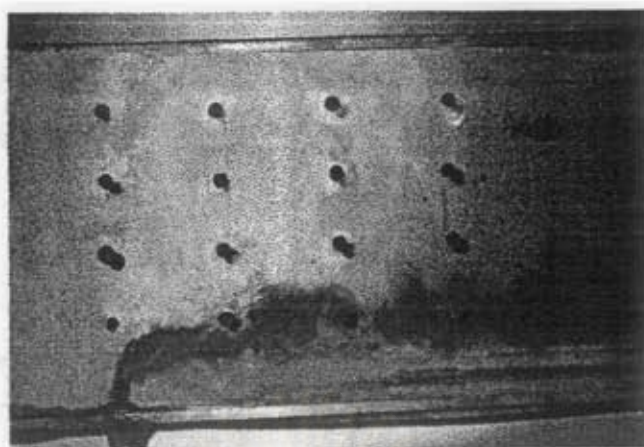
5.1.2 ตำแหน่งและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดการกระจายตัวของอุณหภูมิ

ถัดจากตำแหน่งที่ปล่อยน้ำร้อนจะเป็นบริเวณที่ถูกจัดเตรียมไว้เพื่อทำการวัดการกระจายตัวของอุณหภูมิของน้ำหลังเกิดการผสม ในการวัดการกระจายตัวของอุณหภูมิจะทำการวัดในระนาบตามความลึกของท่อหลักด้วยกัน 3 ระนาบ ซึ่งประกอบด้วย ระนาบที่ผ่านจุดศูนย์กลางของท่อข้าง ระนาบที่อยู่สูงและต่ำกว่าระนาบที่ผ่านจุดศูนย์กลางของท่อข้าง 1 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 ระนาบที่ทำการวัดอุณหภูมิ

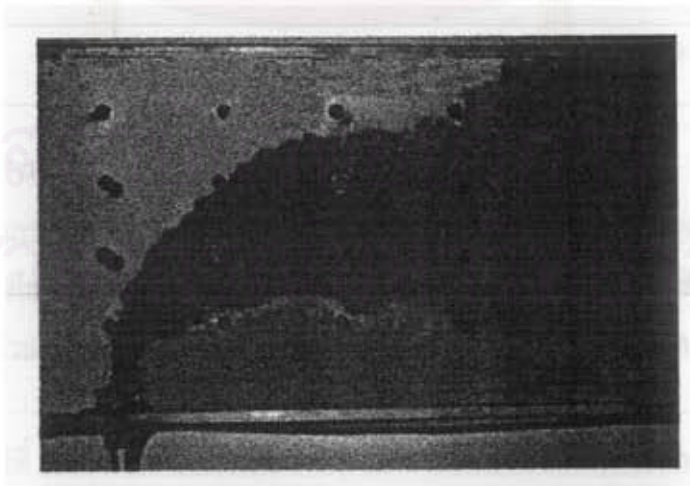
เพื่อให้การวัดอุณหภูมิสำหรับการพิจารณาการกระจายตัวของอุณหภูมิจำเป็นทำได้เหมาะสม ในการกำหนดจุดที่จะทำการวัดอุณหภูมิจึงต้องพิจารณาจากบริเวณที่น้ำร้อนไหลผ่าน ซึ่งทำได้โดยการปล่อยน้ำร้อนที่ผสมกับค้ำทับทิมด้วยอัตราการไหลเท่ากับที่ใช้ในการทดลองลงสู่ท่อหลัก พร้อมทั้งเลือกจุดที่ครอบคลุมบริเวณที่น้ำร้อนไหลผ่าน รูปที่ 5.3a, 5.3b และ 5.3c แสดงให้เห็นพื้นที่ที่ครอบคลุมของการกระจายตัวของน้ำร้อนที่อัตราการไหล 0.013 ลิตร/วินาที 0.028 ลิตร/วินาที และ 0.043 ลิตร/วินาที ตามลำดับ



รูปที่ 5.3a การกระจายตัวของน้ำร้อนที่อัตราการไหล 0.013 ลิตร/วินาที

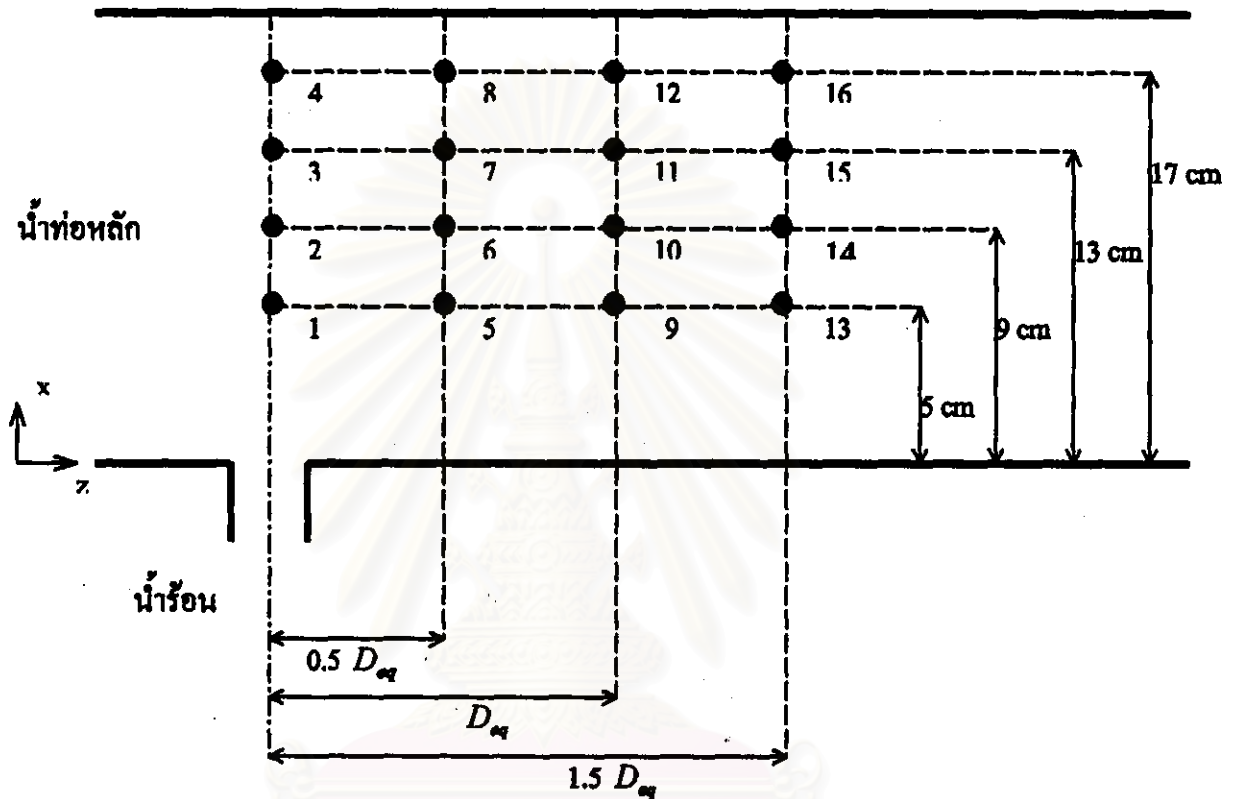


รูปที่ 5.3b การกระจายตัวของน้ำร้อนที่อัตราการไหล 0.028 ลิตร/วินาที



รูปที่ 5.3c การกระจายตัวของน้ำร้อนที่อัตราการไหล 0.043 ลิตร/วินาที

จากรูปแบบการกระจายตัวของน้ำร้อนข้างต้นสามารถกำหนดตำแหน่งที่จะทำการวัดอุณหภูมิได้ดังแสดงในรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 ตำแหน่งที่ทำการวัดอุณหภูมิของชุดการทดลอง

เมื่อ ● แทนตำแหน่งของจุดที่ทำการวัดอุณหภูมิ

- หมายเลข 1-16 แทนตำแหน่งของจุดวัดเพื่อใช้ในการอ้างอิงในการแสดงผลการทดลอง
- D_{eq} คือ เส้นผ่านศูนย์กลางเทียบเท่า (Equivalent diameter) มีค่าเท่ากับสี่เท่าของพื้นที่หน้าตัด ของท่อหารด้วยความยาวของผิวท่อส่วนที่เปียก (ในที่นี้มีค่าเท่ากับ 0.133 เมตร)

จากรูปที่ 5.4 เมื่อพิจารณาในทิศทางตามความยาวของท่อหลัก ตำแหน่งที่ทำการวัดอุณหภูมิ จะอยู่ที่ตำแหน่งห่างจากกึ่งกลางของท่อข้างเป็นระยะทางเท่ากับ 0, 0.5, 1, 1.5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเทียบเท่าของท่อหลักตามลำดับ โดยทำการวัดตำแหน่งละ 4 จุด ซึ่งเมื่อพิจารณาในแต่ละระนาบ

ตามความถี่ของท่อหักจะมีจุดที่วัดอุณหภูมิระนาบละ 16 จุด ดังนั้นในแต่ละการทดลองซึ่งจะทำการวัดอุณหภูมิในทั้ง 3 ระนาบ จึงต้องทำการวัดอุณหภูมิตั้งแต่ 48 จุด

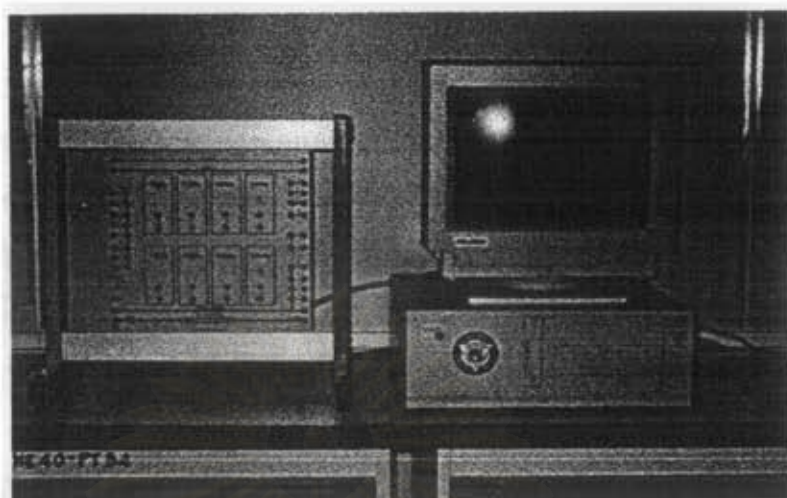
ในการวัดอุณหภูมิจะทำการวัดโดยใช้เทอร์โมคัปเปิลที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5 มม. ดังแสดงลักษณะของเทอร์โมคัปเปิลได้ในรูปที่ 5.5



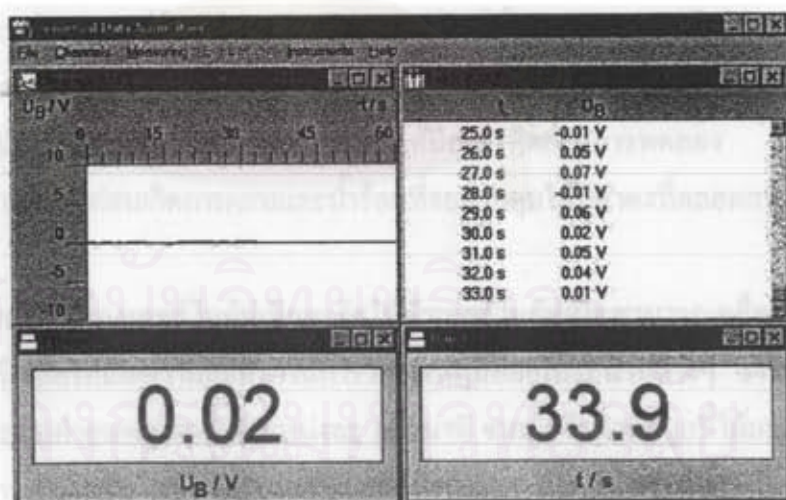
รูปที่ 5.5 ลักษณะของเทอร์โมคัปเปิลที่ใช้ในการทดลอง

ในการวัดอุณหภูมิจะทำการต่อเทอร์โมคัปเปิลเข้ากับชุด Data acquisition (Cassy-C-model) เพื่อรับสัญญาณในรูปแบบของแรงเคลื่อนไฟฟ้า (Voltage) จากตัวเทอร์โมคัปเปิลผ่านทางเครื่องแปลงสัญญาณอุณหภูมิ (Temperature Adapter รุ่น DH-802C ของ DIGICON) แล้วทำการส่งสัญญาณดังกล่าวไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อทำการเก็บข้อมูลในลักษณะ On-line ด้วยโปรแกรม Universal Data acquisition ผ่านทางการ์ดคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต ซึ่งมีอัตราการเก็บข้อมูล 1 ค่าต่อ 1 วินาที

ลักษณะของชุด Data acquisition และ โปรแกรม Universal Data acquisition จะแสดงได้ดังรูปที่ 5.6 และ 5.7 ตามลำดับ



รูปที่ 5.6 ลักษณะของชุด Data acquisition ที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 5.7 โปรแกรม Universal Data acquisition

5.2 การทดลอง

ในการศึกษาจะแบ่งการทดลองออกเป็น 3 กรณี คือ การทดลองในกรณีที่มีน้ำไหลอยู่เต็มท่อหลัก การทดลองในกรณีที่มีน้ำไหลอยู่ไม่เต็มท่อหลัก และการทดลองในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงผลต่างของอุณหภูมิระหว่างน้ำร้อนกับน้ำในท่อหลัก ซึ่งการทดลองในกรณีน้ำไหลไม่เต็มท่อหลักจะทำการลดระดับของน้ำในท่อหลักจากเดิมที่ระดับความสูง 10 เซนติเมตร (ไหลเต็มท่อ) มาเป็นระดับน้ำที่ความสูง 9 เซนติเมตร เพื่อขจัดอิทธิพลของผนังท่อด้านบนต่อการไหลของน้ำในท่อหลัก ในการทดลองจะทำการวัดค่าอุณหภูมิภายในท่อหลักเพื่อศึกษาถึงการกระจายตัวของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในบริเวณจุดต่างๆ ที่ทำการวัดอุณหภูมิเมื่อมีการปล่อยน้ำร้อนเข้ามาผสมจากท่อข้าง โดยในการทำการทดลองในกรณีน้ำไหลเต็มท่อหลักและกรณีน้ำไหลไม่เต็มท่อหลักจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราการไหลของน้ำร้อนเป็น 3 ค่าคือ 0.043 ลิตร/วินาที 0.028 ลิตร/วินาที และ 0.013 ลิตร/วินาที ในขณะที่กำหนดให้ผลต่างของอุณหภูมิระหว่างน้ำร้อนกับน้ำในท่อหลักมีค่าคงที่ประมาณ 20 องศาเซลเซียส ส่วนการทดลองในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงผลต่างของอุณหภูมิระหว่างน้ำร้อนกับน้ำในท่อหลักซึ่งจะทำการทดลองทั้งในกรณีน้ำไหลเต็มท่อหลักและน้ำไหลไม่เต็มท่อหลัก จะทำการเปลี่ยนแปลงผลต่างของอุณหภูมิระหว่างน้ำร้อนกับน้ำในท่อหลักให้มีค่าเท่ากับ 20 องศาเซลเซียส 25 องศาเซลเซียส และ 30 องศาเซลเซียส โดยกำหนดให้อัตราการไหลของน้ำร้อนมีค่าเท่ากับ 0.028 ลิตร/วินาที

ก่อนที่จะทำการวัดอุณหภูมิในแต่ละการทดลองจะปล่อยให้ชุดการทดลองเข้าสู่สภาวะคงที่โดยมีการปล่อยน้ำร้อนออกมาจากท่อข้างอย่างต่อเนื่องด้วยเวลาเฉลี่ยประมาณ 5 นาที จึงเริ่มวัดอุณหภูมิ ซึ่งอัตราการไหลของน้ำที่ท่อหลักและน้ำร้อนจะถูกควบคุมให้มีค่าคงที่ตลอดการทดลอง เช่นเดียวกับอุณหภูมิของน้ำในท่อหลักก่อนเกิดการผสมและน้ำร้อนที่จะควบคุมให้มีค่าคงที่ตลอดการทดลอง

การจัดวางตำแหน่งของเทอร์โมคัปเปิลจะจัดให้ตัวเทอร์โมคัปเปิลสามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงตามความสูงของท่อหลักเพื่อให้เกิดความสะดวกในการวัดอุณหภูมิที่อยู่ในระนาบต่างๆ ซึ่งในการทดลองแต่ละครั้งจะทำการเก็บค่าอุณหภูมิเฉลี่ยตำแหน่งละ 10 วินาที จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้ออกมาหาค่าเฉลี่ยในช่วง 10 วินาทีอีกครั้งหนึ่งและในหนึ่งการทดลองจะทำทั้งหมด 3 ครั้ง เพื่อนำค่าที่ได้ในแต่ละครั้งมาหาค่าเฉลี่ย

สภาวะที่ใช้ในการทดลองในแต่ละกรณีสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 สภาพที่ใช้ในการทดลองในแต่ละกรณี

การทดลองที่	อัตราการไหลของน้ำในท่อหลัก (ลิตร/วินาที)	อัตราการไหลของน้ำร้อน (ลิตร/วินาที)	ความเร็วของน้ำในท่อหลัก (เมตร/วินาที)	ความเร็วของน้ำร้อน (เมตร/วินาที)	อุณหภูมิของน้ำในท่อหลัก (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิของน้ำร้อน (องศาเซลเซียส)	ผลต่างของอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
น้ำไหลเต็มท่อหลัก							
1	2.38	0.043	0.12	0.85	26.6	46.5	19.9
2	2.38	0.028	0.12	0.56	26.6	46.5	19.9
3	2.38	0.013	0.12	0.25	26.6	46.5	19.9
น้ำไหลไม่เต็มท่อหลัก							
1	1.80	0.043	0.1	0.85	27.2	46.8	19.6
2	1.80	0.023	0.1	0.56	27.2	46.8	19.6
3	1.80	0.013	0.1	0.25	27.2	46.8	19.6
เปลี่ยนแปลงผลต่างของอุณหภูมิตั้งแต่น้ำร้อนกับน้ำในท่อหลัก (น้ำไหลเต็มท่อหลัก)							
1	2.38	0.028	0.12	0.56	26.6	46.5	19.9
2	2.38	0.028	0.12	0.56	26.6	51.5	24.9
3	2.38	0.028	0.12	0.56	26.6	56.0	29.4
เปลี่ยนแปลงผลต่างของอุณหภูมิตั้งแต่น้ำร้อนกับน้ำในท่อหลัก (น้ำไหลไม่เต็มท่อหลัก)							
1	1.80	0.023	0.1	0.56	27.2	46.8	19.6
2	1.80	0.023	0.1	0.56	27.2	52.0	24.8
3	1.80	0.023	0.1	0.56	27.2	57.3	30.1

5.3 ผลการทดลอง

ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในช่วง 10 วินาที ในตำแหน่งที่ทำการวัดอุณหภูมิของการทดลองในกรณีน้ำไหลเต็มท่อหลัก กรณีน้ำไหลไม่เต็มท่อหลัก และกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงผลต่างของอุณหภูมิระหว่างน้ำร้อนกับน้ำในท่อหลักในกรณีน้ำไหลเต็มท่อหลักและน้ำไหลไม่เต็มท่อหลัก จะแสดงในตารางที่ 5.2, 5.3, 5.4 และ 5.5 ตามลำดับ โดยตำแหน่งวัดหมายเลข 1 – 16 จะเป็นตำแหน่งเดียวกับตำแหน่งที่แสดงในรูปที่ 5.6 “กลาง” แทนระนาบที่ผ่านจุดศูนย์กลางของท่อข้าง “ล่าง” แทนระนาบที่อยู่ต่ำกว่าระนาบกลาง 1 เซนติเมตร และ “บน” แทนระนาบที่อยู่สูงกว่าระนาบกลาง 1 เซนติเมตร

ตารางที่ 5.2 ผลการทดลองของกรณีน้ำไหลเต็มท่อหลัก

ตำแหน่ง วัด	การทดลองที่ 1			การทดลองที่ 2			การทดลองที่ 3		
	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
	ล่าง	กลาง	บน	ล่าง	กลาง	บน	ล่าง	กลาง	บน
1	26.7	29.2	26.7	26.8	27.3	26.7	26.6	26.6	26.6
2	26.6	26.6	26.6	26.6	26.7	26.6	26.6	26.6	26.6
3	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6
4	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6
5	27.0	27.7	27.2	27.3	27.9	26.9	26.8	27.6	26.7
6	27.8	28.8	27.5	27.1	27.7	26.9	26.6	26.6	26.6
7	27.0	27.9	27.1	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6
8	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6
9	27.0	27.3	27.1	26.7	26.9	26.7	27.0	27.3	27.2
10	27.4	27.5	27.2	27.4	27.6	27.2	26.6	26.6	26.6
11	27.4	28.4	27.2	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6
12	26.8	26.9	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6
13	26.7	26.9	27.0	26.7	26.8	26.6	27.3	27.1	26.9
14	27.0	27.2	27.1	26.9	27.2	26.8	26.6	26.6	26.6
15	27.3	27.3	27.2	26.8	27.0	26.8	26.6	26.6	26.6
16	27.0	27.1	26.9	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6

ตารางที่ 5.3 ผลการทดลองของกรณีน้ำไหลไม่เต็มท่อหลัก

ตำแหน่ง วัด	การทดลองที่ 1			การทดลองที่ 2			การทดลองที่ 3		
	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
	ต่าง	กลาง	บน	ต่าง	กลาง	บน	ต่าง	กลาง	บน
1	27.2	31.3	27.2	27.2	28.1	27.2	27.2	27.2	27.2
2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2
3	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2
4	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2
5	27.3	27.8	27.8	27.8	27.9	27.8	27.6	28.5	27.3
6	28.1	28.2	27.9	28.0	28.2	27.8	27.2	27.2	27.2
7	27.8	28.0	27.3	27.3	27.9	27.2	27.2	27.2	27.2
8	27.4	27.7	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2
9	27.2	27.3	27.2	27.7	27.8	27.6	27.6	28.2	27.5
10	27.4	27.4	27.3	27.9	28.0	27.6	27.2	27.2	27.2
11	27.5	28.0	27.5	27.7	28.1	27.3	27.2	27.2	27.2
12	27.7	27.9	27.3	27.2	27.3	27.2	27.2	27.2	27.2
13	27.2	27.3	27.2	27.3	27.6	27.4	27.4	28.0	27.7
14	27.2	27.4	27.2	27.6	27.8	27.7	27.3	27.5	27.2
15	27.5	27.8	27.4	27.5	27.7	27.4	27.2	27.2	27.2
16	27.6	27.9	27.2	27.4	27.9	27.2	27.2	27.2	27.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.4 ผลการทดลองเมื่อเปลี่ยนผลต่างของอุณหภูมิระหว่างน้ำร้อนกับน้ำในท่อหลักในกรณีน้ำไหลเต็มท่อหลัก

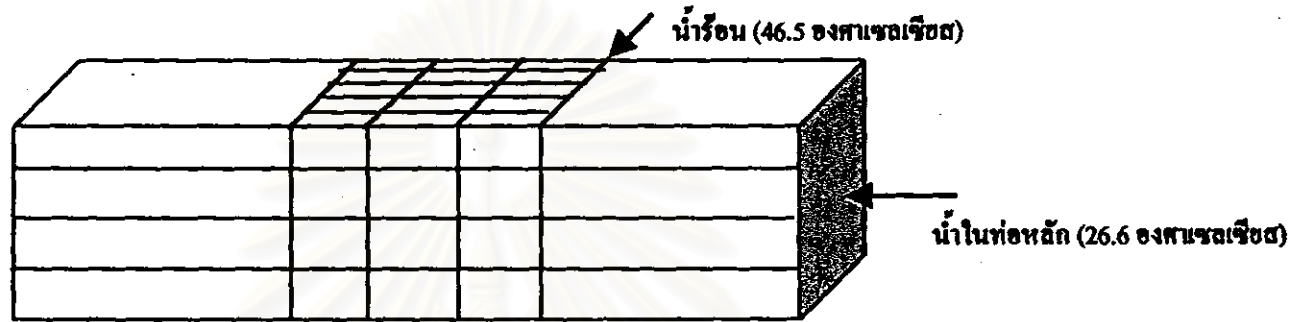
ตำแหน่ง วัด	การทดลองที่ 1			การทดลองที่ 2			การทดลองที่ 3		
	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
	ต่ำ	กลาง	บน	ต่ำ	กลาง	บน	ต่ำ	กลาง	บน
1	26.8	27.3	26.7	26.6	27.3	26.6	26.8	27.3	26.8
2	26.6	26.7	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6
3	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6
4	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6
5	27.3	27.9	26.9	27.5	28.3	27.8	27.6	28.9	27.8
6	27.1	27.7	26.9	27.3	28.2	27.3	27.7	28.7	27.2
7	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6
8	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6
9	26.7	26.9	26.7	27.5	27.5	27.3	27.0	27.2	27.1
10	27.4	27.6	27.2	27.4	28.0	27.7	27.5	28.0	27.5
11	26.6	26.6	26.6	26.8	26.9	26.7	27.0	27.3	27.0
12	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6
13	26.7	26.8	26.6	26.8	27.0	26.9	27.0	27.2	27.1
14	26.9	27.2	26.8	27.2	27.4	27.2	27.6	27.8	27.5
15	26.8	27.0	26.8	27.1	27.0	26.8	27.0	27.1	27.1
16	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.5 ผลการทดลองเมื่อเปลี่ยนผลค่าของอุณหภูมิระหว่างน้ำร้อนกับน้ำในท่อหลักในกรณีน้ำไหลไม่เต็มท่อหลัก

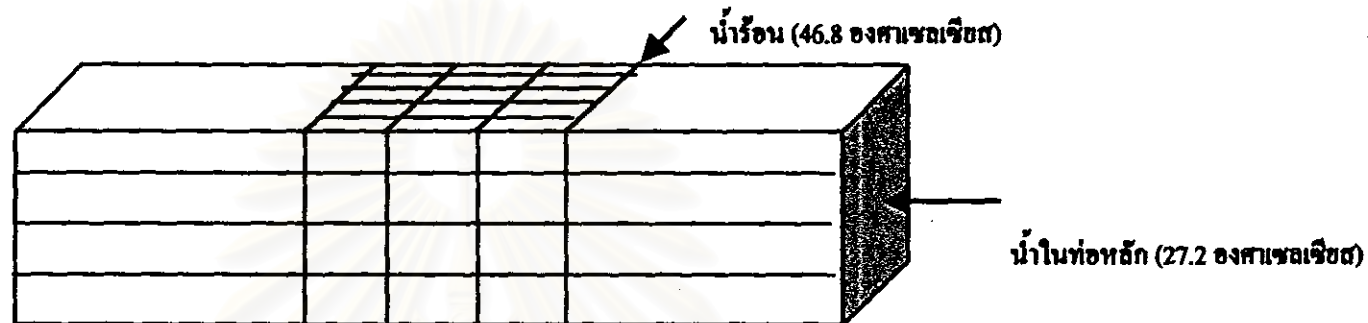
ตำแหน่ง วัด	การทดลองที่ 1			การทดลองที่ 2			การทดลองที่ 3		
	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
	ล่าง	กลาง	บน	ล่าง	กลาง	บน	ล่าง	กลาง	บน
1	27.2	28.1	27.2	27.2	28.5	27.2	27.2	28.8	27.2
2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2
3	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2
4	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2
5	27.8	27.9	27.8	28.2	28.2	28.0	28.2	28.9	28.3
6	28.0	28.2	27.8	28.1	28.7	27.9	28.5	29.5	28.5
7	27.3	27.9	27.2	27.3	28.0	27.2	27.4	28.3	27.2
8	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2
9	27.7	27.8	27.6	28.0	28.0	27.8	28.1	28.5	28.2
10	27.9	28.0	27.6	27.8	28.5	28.2	28.4	28.7	28.2
11	27.7	28.1	27.3	27.9	28.2	27.3	28.3	28.2	27.3
12	27.2	27.3	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2
13	27.3	27.6	27.4	27.6	27.6	27.5	27.2	27.5	27.6
14	27.6	27.8	27.7	27.7	28.1	27.8	28.0	28.0	27.7
15	27.5	27.7	27.4	27.6	28.0	27.4	28.0	28.3	27.4
16	27.4	27.9	27.2	27.6	27.8	27.2	27.5	28.1	27.2

สำหรับลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิจะแสดงในรูปแบบของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิเดิมของน้ำในท่อหลักในตำแหน่งที่ทำการวัด 1-16 โดยจะมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ในการแสดงผลจะแยกในแต่ละระนาบคือ ระนาบล่าง ระนาบกลาง และระนาบบน ของในแต่ละการทดลอง ดังแสดงได้ในรูปที่ 5.8, 5.9, 5.10 และ 5.11 ซึ่งเป็นผลที่ได้ในกรณีน้ำไหลเต็มท่อหลัก กรณีน้ำไหลไม่เต็มท่อหลัก และกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงผลค่าของอุณหภูมิระหว่างน้ำร้อนกับน้ำในท่อหลักในกรณีน้ำไหลเต็มท่อหลักและน้ำไหลไม่เต็มท่อหลัก ตามลำดับ



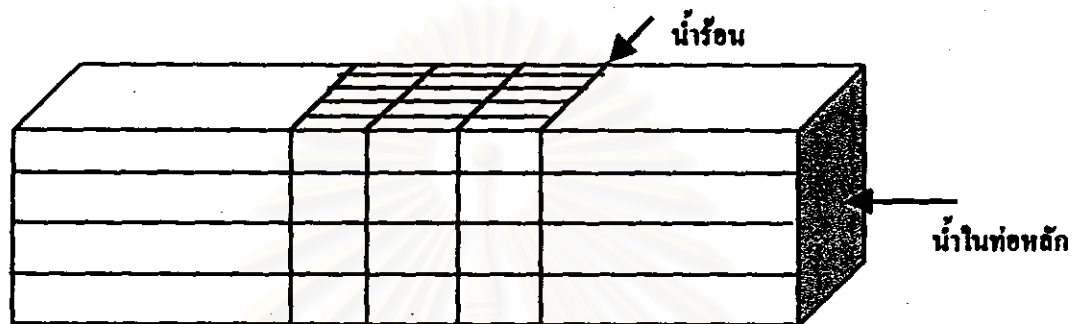
การทดลองที่ 1	↓	การทดลองที่ 2	↓	การทดลองที่ 3																																																										
<table border="1"> <tr><td>ระนาบล่าง</td><td>0.1</td><td>0.4</td><td>0.4</td><td>0.1</td></tr> <tr><td></td><td>0.4</td><td>0.8</td><td>1.2</td><td>0</td></tr> <tr><td></td><td>0.7</td><td>0.8</td><td>0.4</td><td>0</td></tr> <tr><td></td><td>0.4</td><td>0.2</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	ระนาบล่าง	0.1	0.4	0.4	0.1		0.4	0.8	1.2	0		0.7	0.8	0.4	0		0.4	0.2	0	0	<table border="1"> <tr><td>ระนาบกลาง</td><td>0.3</td><td>0.7</td><td>1.1</td><td>2.6</td></tr> <tr><td></td><td>0.6</td><td>0.9</td><td>2.2</td><td>0</td></tr> <tr><td></td><td>0.7</td><td>1.8</td><td>1.3</td><td>0</td></tr> <tr><td></td><td>0.5</td><td>0.3</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	ระนาบกลาง	0.3	0.7	1.1	2.6		0.6	0.9	2.2	0		0.7	1.8	1.3	0		0.5	0.3	0	0	<table border="1"> <tr><td>ระนาบบน</td><td>0.4</td><td>0.5</td><td>0.6</td><td>0.1</td></tr> <tr><td></td><td>0.5</td><td>0.6</td><td>0.9</td><td>0</td></tr> <tr><td></td><td>0.6</td><td>0.6</td><td>0.5</td><td>0</td></tr> <tr><td></td><td>0.3</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	ระนาบบน	0.4	0.5	0.6	0.1		0.5	0.6	0.9	0		0.6	0.6	0.5	0		0.3	0	0	0
ระนาบล่าง	0.1	0.4	0.4	0.1																																																										
	0.4	0.8	1.2	0																																																										
	0.7	0.8	0.4	0																																																										
	0.4	0.2	0	0																																																										
ระนาบกลาง	0.3	0.7	1.1	2.6																																																										
	0.6	0.9	2.2	0																																																										
	0.7	1.8	1.3	0																																																										
	0.5	0.3	0	0																																																										
ระนาบบน	0.4	0.5	0.6	0.1																																																										
	0.5	0.6	0.9	0																																																										
	0.6	0.6	0.5	0																																																										
	0.3	0	0	0																																																										
<table border="1"> <tr><td>ระนาบล่าง</td><td>0.1</td><td>0.1</td><td>0.7</td><td>0.2</td></tr> <tr><td></td><td>0.3</td><td>0.8</td><td>0.5</td><td>0</td></tr> <tr><td></td><td>0.2</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td></td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	ระนาบล่าง	0.1	0.1	0.7	0.2		0.3	0.8	0.5	0		0.2	0	0	0		0	0	0	0	<table border="1"> <tr><td>ระนาบกลาง</td><td>0.2</td><td>0.3</td><td>1.3</td><td>0.7</td></tr> <tr><td></td><td>0.6</td><td>1</td><td>1.1</td><td>0.1</td></tr> <tr><td></td><td>0.4</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td></td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	ระนาบกลาง	0.2	0.3	1.3	0.7		0.6	1	1.1	0.1		0.4	0	0	0		0	0	0	0	<table border="1"> <tr><td>ระนาบบน</td><td>0</td><td>0.1</td><td>0.3</td><td>0.1</td></tr> <tr><td></td><td>0.2</td><td>0.6</td><td>0.3</td><td>0</td></tr> <tr><td></td><td>0.2</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td></td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	ระนาบบน	0	0.1	0.3	0.1		0.2	0.6	0.3	0		0.2	0	0	0		0	0	0	0
ระนาบล่าง	0.1	0.1	0.7	0.2																																																										
	0.3	0.8	0.5	0																																																										
	0.2	0	0	0																																																										
	0	0	0	0																																																										
ระนาบกลาง	0.2	0.3	1.3	0.7																																																										
	0.6	1	1.1	0.1																																																										
	0.4	0	0	0																																																										
	0	0	0	0																																																										
ระนาบบน	0	0.1	0.3	0.1																																																										
	0.2	0.6	0.3	0																																																										
	0.2	0	0	0																																																										
	0	0	0	0																																																										
<table border="1"> <tr><td>ระนาบล่าง</td><td>0.7</td><td>0.4</td><td>0.2</td><td>0</td></tr> <tr><td></td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td></td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td></td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	ระนาบล่าง	0.7	0.4	0.2	0		0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	<table border="1"> <tr><td>ระนาบกลาง</td><td>0.5</td><td>0.7</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td></td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td></td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td></td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	ระนาบกลาง	0.5	0.7	1	0		0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	<table border="1"> <tr><td>ระนาบบน</td><td>0.3</td><td>0.6</td><td>0.1</td><td>0</td></tr> <tr><td></td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td></td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td></td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	ระนาบบน	0.3	0.6	0.1	0		0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0
ระนาบล่าง	0.7	0.4	0.2	0																																																										
	0	0	0	0																																																										
	0	0	0	0																																																										
	0	0	0	0																																																										
ระนาบกลาง	0.5	0.7	1	0																																																										
	0	0	0	0																																																										
	0	0	0	0																																																										
	0	0	0	0																																																										
ระนาบบน	0.3	0.6	0.1	0																																																										
	0	0	0	0																																																										
	0	0	0	0																																																										
	0	0	0	0																																																										

รูปที่ 5.8 การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในบริเวณที่ทำการวัดผลของกรณีน้ำไหลเต็มท่อเหล็ก



การทดลองที่ 1				การทดลองที่ 2				การทดลองที่ 3						
ระนาบล่าง	0	0	0.1	0	ระนาบกลาง	0.1	0.1	0.6	4.1	ระนาบบน	0	0	0.6	0
	0	0.2	0.9	0		0.2	0.2	1	0		0	0.1	0.7	0
	0.3	0.3	0.6	0		0.6	0.8	0.8	0		0.2	0.3	0.1	0
	0.4	0.5	0.2	0		0.7	0.7	0.5	0		0	0.1	0	0
ระนาบล่าง	0.1	0.5	0.6	0	ระนาบกลาง	0.4	0.6	0.7	0.9	ระนาบบน	0.2	0.4	0.6	0
	0.4	0.7	0.8	0		0.6	0.8	1	0		0.5	0.4	0.6	0
	0.3	0.5	0.1	0		0.5	0.9	0.7	0		0.2	0.1	0	0
	0.2	0	0	0		0.7	0.1	0	0		0	0	0	0
ระนาบล่าง	0.2	0.4	0.4	0	ระนาบกลาง	0.8	1	1.3	0	ระนาบบน	0.5	0.3	0.1	0
	0.1	0	0	0		0.3	0	0	0		0	0	0	0
	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0
	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0

รูปที่ 5.9 การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในบริเวณที่ทำการวัดผลของกรณีน้ำไหลไม่เต็มท่อหลัก



การทดลองที่ 1

ระนาบล่าง	0.1	0.1	0.7	0.2	ระนาบกลาง	0.2	0.3	1.3	0.7	ระนาบบน	0	0.1	0.3	0.1
	0.3	0.8	0.5	0		0.6	1	1.1	0.1		0.2	0.6	0.3	0
	0.2	0	0	0		0.4	0	0	0		0.2	0	0	0
	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0

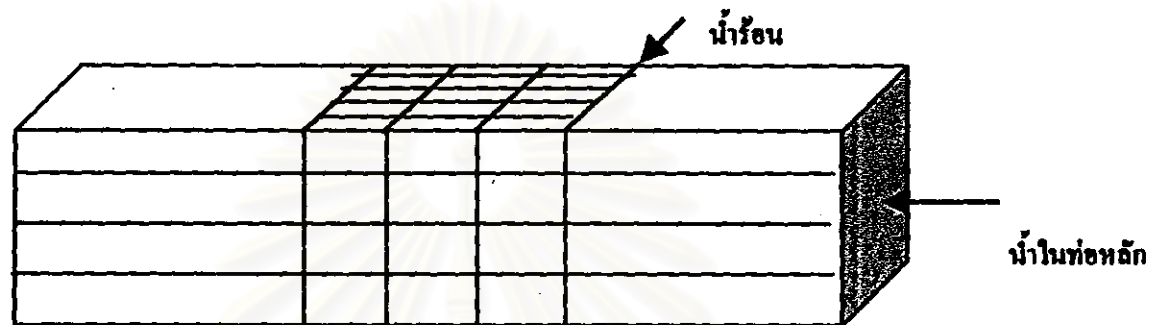
การทดลองที่ 2

ระนาบล่าง	0.2	0.9	0.9	0	ระนาบกลาง	0.4	0.9	1.7	0.7	ระนาบบน	0.3	0.7	1.2	0
	0.6	0.8	0.7	0		0.8	1.4	1.6	0		0.6	1.1	0.7	0
	0.5	0.2	0	0		0.4	0.3	0	0		0.2	0.1	0	0
	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0

การทดลองที่ 3

ระนาบล่าง	0.4	0.4	1	0.2	ระนาบกลาง	0.6	0.6	2.3	0.7	ระนาบบน	0.5	0.5	1.2	0.2
	1	0.9	1.1	0		1.2	1.4	2.1	0		0.9	0.9	0.6	0
	0.4	0.4	0	0		0.5	0.7	0	0		0.5	0.4	0	0
	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0

รูปที่ 5.10 การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในบริเวณที่ทำการวัดผลเมื่อทำการเปลี่ยนผลต่างของอุณหภูมิระหว่างน้ำร้อนกับน้ำในท่อหัก ในกรณีน้ำไหลเต็มท่อหัก



การทดลองที่ 1				การทดลองที่ 2				การทดลองที่ 3							
ระนาบล่าง	0.1	0.5	0.6	0	ระนาบกลาง	0.4	0.6	0.7	0.9	0	ระนาบบน	0.2	0.4	0.6	0
	0.4	0.7	0.8	0		0.6	0.8	1	0			0.5	0.4	0.6	0
	0.3	0.5	0.1	0		0.5	0.9	0.7	0			0.2	0.1	0	0
	0.2	0	0	0		0.7	0.1	0	0			0	0	0	0
ระนาบล่าง	0.4	0.8	1	0	ระนาบกลาง	0.4	0.8	1	1.3	0	ระนาบบน	0.3	0.6	0.8	0
	0.5	0.6	0.9	0		0.9	1.3	1.5	0			0.6	1	0.7	0
	0.4	0.7	0.1	0		0.8	1	0.8	0			0.2	0.1	0	0
	0.4	0	0	0		0.6	0	0	0			0	0	0	0
ระนาบล่าง	0	0.9	1	0	ระนาบกลาง	0.3	1.3	1.7	1.6	0	ระนาบบน	0.4	1	1.1	0
	0.8	1.2	1.3	0		0.8	1.5	2.3	0			0.5	1	1.3	0
	0.8	1.1	0.2	0		1.1	1	1.1	0			0.2	0.1	0	0
	0.3	0	0	0		0.9	0	0	0			0	0	0	0

รูปที่ 5.11 การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในบริเวณที่ทำการวัดผลเมื่อทำการเปลี่ยนผลต่างของอุณหภูมิระหว่างน้ำร้อนกับน้ำในท่อเหล็ก ในกรณีน้ำไหลไม่เต็มท่อเหล็ก

เมื่อพิจารณาจากลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในระนาบบน ระนาบกลาง และระนาบต่ำ ของการทดลองในกรณีน้ำไหลเต็มท่อหลักและกรณีน้ำไหลไม่เต็มท่อหลัก ดังแสดงในรูปที่ 5.8 และ 5.9 ตามลำดับ พบว่าเมื่ออัตราการปล่อยน้ำร้อนมีค่าเพิ่มขึ้นการกระจายตัวของอุณหภูมิในบริเวณที่ทำการวัดอุณหภูมิจะมีบริเวณที่กว้างขึ้น ดังจะเห็นได้จากตำแหน่งที่มีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในกรณีที่ใช้อัตราการปล่อยน้ำร้อนเท่ากับ 0.043 ลิตร/วินาที จะมีจำนวนมากที่สุด ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากการกำหนดให้พื้นที่ที่ใช้ในการปล่อยน้ำร้อนของท่อข้างมีค่าคงที่ ทำให้เมื่อทำการเพิ่มอัตราการปล่อยน้ำร้อนความเร็วที่ใช้ในการปล่อยน้ำร้อนก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นน้ำร้อนจึงสามารถเคลื่อนที่ไปได้ไกลและกว้างขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของอัตราการปล่อยน้ำร้อนยังมีผลทำให้การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ ณ จุดต่างๆ ในบริเวณตำแหน่งห่างจากจุดศูนย์กลางของท่อข้างเป็นระยะทาง 0 และ 1 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเทียบเท่าในทั้ง 3 การทดลองทั้งในกรณีน้ำไหลเต็มท่อหลักและกรณีน้ำไหลไม่เต็มท่อหลักมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ดังจะเห็นได้จากในการทดลองที่ใช้อัตราการปล่อยน้ำร้อนเท่ากับ 0.043 ลิตร/วินาที การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่วัดได้ในบริเวณดังกล่าวจะมีค่ามากที่สุดเมื่อเทียบกับการทดลองที่ใช้อัตราการปล่อยน้ำร้อนเท่ากับ 0.028 ลิตร/วินาที และ 0.013 ลิตร/วินาที

เมื่อพิจารณาการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของน้ำในท่อหลักในตำแหน่งที่ทำการวัดอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในระนาบบน ระนาบกลาง และระนาบต่ำ ของการทดลองเปลี่ยนแปลงผลต่างของอุณหภูมิระหว่างน้ำร้อนกับน้ำในท่อหลักในกรณีน้ำไหลไม่เต็มท่อหลักและน้ำไหลไม่เต็มท่อ ดังแสดงในรูปที่ 5.10 และ 5.11 ตามลำดับ พบว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของน้ำในท่อหลักจะมีค่ามากขึ้นเมื่อทำการเพิ่มผลต่างของอุณหภูมิระหว่างน้ำร้อนกับน้ำในท่อหลัก ทั้งนี้เพราะในการเพิ่มผลต่างของอุณหภูมิระหว่างน้ำร้อนกับน้ำในท่อหลักจะทำการกำหนดให้อุณหภูมิของน้ำในท่อหลักมีค่าคงที่ ดังนั้นในการเพิ่มผลต่างของอุณหภูมิระหว่างน้ำร้อนกับน้ำในท่อหลักจึงเป็นการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำร้อน ทำให้เมื่อน้ำร้อนที่เข้าไปผสมกับน้ำในท่อหลักมีอุณหภูมิสูงขึ้นการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของน้ำในท่อหลักจึงมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะในบริเวณตำแหน่งห่างจากจุดศูนย์กลางของท่อข้างเป็นระยะทาง 0 และ 1 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเทียบเท่า