# บทที่ 3
# อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะอธิบายถึง วิธีการดำเนินงานเพื่อการจำลองและการทดลอง โดยมีรายละเอียดแบ่งออกป็น 4 ส่วน คือ การย่อส่วนซึ่งใช้สำหรับย่อส่วนขนาดของการลุกลามจริงเพื่อให้ได้ขนาดที่สามารถนำมาใช้สำหรับแบบจำลองและการทดลอง แบบจำลองเป็นวิธีการเพื่ออธิบายการถ่ายเทความร้อนเพื่อใช้วิเคราะห์ผลของลมที่มีต่อการลุกลามของไฟ การทดลองของการลุกลามของไฟภายในอุโมงค์ลมเพื่อใช้เปรียบเทียบความแม่นยำของแบบจำลอง และเงื่อนไขแบบจำลองและการทดลองเพื่อศึกษาผลของลมที่มีต่อการลุกลามของไฟภายใต้เงื่อนไขเชื้อเพลิงติดไฟได้ยาก โดยมีรายละเอียดดังนี้

## 3.1 การย่อส่วนโดยวิธี Froude number Scaling

การย่อส่วนหมายถึงวิธีการ Scaling ในการย่อขนาดจากของจริงเพื่อนำมาใช้ในแบบจำลองและการทดลอง โดยวิธีที่ใช้นิยมใช้ ได้แก่ Froude modeling, Analog techniques และ Pressure modeling แต่เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้เน้นศึกษาการถ่ายเทความร้อนของการแผ่รังสีและการพาความร้อน ดังนั้นจึงเลือกใช้วิธี Froude number scaling (Fr) ในการย่อส่วนเพื่อรักษาอัตราส่วนระหว่างพลังงานจลน์ในแนวราบกับพลังงานศักย์ สำหรับการย่อส่วนไฟที่เกิดขึ้นในป่าเป็นไฟในขนาดที่สามารถทำการทดลองในห้องปฏิบัติการณ์ได้ โดยจะได้ขนาดของความเร็วลมที่ใช้ในแบบจำลอง และทำการหาค่าของ View factor ซึ่งเป็นการหาความยาวและความกว้างของการถ่ายเทความร้อน โดยจะต้องเป็นระยะที่ทำให้การถ่ายเทความร้อนมีค่าประมาณ 80% ขึ้นไป เนื่องจากค่าที่ได้จากการคำนวณมา วาดกราฟทำให้ทราบถึงแนวโน้มของความชันที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อค่าความร้อนมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นค่าความร้อนที่ประมาณ 80% จึงเป็นค่าที่ยอมรับได้ในการหาความยาวและความกว้างของเชื้อเพลิง และทำการทดลองหา ลักษณะของการลุกลามของไฟ อุณหภูมิของไฟ ณ ตำแหน่งที่วัดและความสูงของเปลวไฟ ส่วนในการหาค่าความร้อนของแหล่งความร้อนและค่าความร้อนของการถ่ายเทความร้อนที่ได้จากการแผ่รังสีและการพาความร้อนสามารถหาได้โดยการใช้แบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเป็นเครื่องมือในการวัดค่าความร้อนที่ได้จากไฟสู่เชื้อเพลิง แล้วทำการวัดอุณหภูมิของเปลวไฟ ลักษณะการลุกลามของไฟ และ ความสูงของเปลวไฟ เพื่อนำมาใช้ในการเปรียบเทียบความแม่นยำกับผลของการทดลองได้สามารถทำได้ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$Fr = \frac{U^2}{g.H} \tag{15}$$

โดย g คือ แรงโน้มถ่วงของโลกมีค่าเท่ากับ 9.81 เมตรต่อวินาทีกำลังสอง, U คือ ค่าความเร็วลมจริงประมาณ 0.8 เมตรต่อวินที และ H คือ ค่าความสูงของไฟประมาณ 1 เมตร และความหนาของเชื้อเพลิงประมาณ 0.15 เมตร ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการเก็บข้อมูลจริงภายในป่า โดยในการทดลองได้กำหนดให้ความสูงของเปลวไฟเท่ากับ 0.3 เมตร ดังนั้นแทนค่าในสมการจะได้ว่า

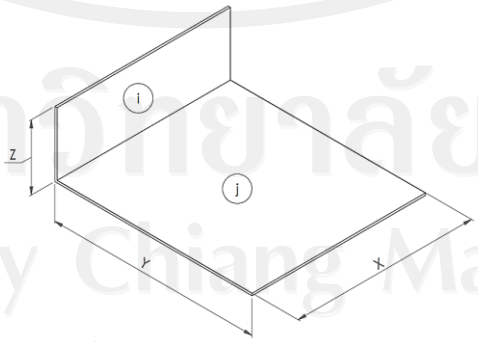
$$Fr = \left(\frac{U^2}{g.H}\right)_{Field} = \left(\frac{U^2}{g.H}\right)_{Lab}$$

$$Fr = \left(\frac{(0.8)^2}{9.81\times(1)}\right)_{Field} = \left(\frac{U^2}{9.81\times(0.3)}\right)_{Lab}$$

$$U_{Lab} = 0.438 \text{ เมตรต่อวินาที}$$

จากการคำนวณจะได้ความเร็วลมที่ใช้ในการทดลองเท่ากับ 0.45 เมตรต่อวินาที

เนื่องจากปัจจัยที่ทำให้การลุกลามของไฟมีสองอย่างคือ การพาและการแผ่รังสีความร้อน ซึ่งจากการศึกษาพบว่า การแผ่รังสีความร้อนเป็นปัจจัยหลักของการถ่ายเทความร้อน ซึ่งการแผ่รังสีความร้อนจะขึ้นอยู่กับค่า View factor ดังนั้น ในการหาค่าความยาวและความกว้างของถาดเชื้อเพลิงจึงนำสมการของ View factor แบบ 3 มิติ มาคำนวณหาขนาดของถาดเชื้อเพลิงโดยพิจารณากราฟแนวโน้มของค่า View factor ที่ได้จากการคำนวณ ซึ่งจะทำให้ได้ความกว้างและความยาวของถาดเชื้อเพลิง โดยกำหนดให้การแผ่รังสีความร้อนมายังเชื้อเพลิงจะต้องมีค่ามากกว่า 80% ของค่าความร้อนที่มาจากไฟที่มีหน้าไฟกว้างเป็นระยะอนันต์ ซึ่งลักษณะของถาดเชื้อเพลิงมีลักษณะดังรูปที่ 3




รูปที่ 3 : ภาพของถาดเชื้อเพลิง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในการคำนวณกำหนดให้ค่าความสูงของเปลวไฟ (z) มีค่าเท่ากับ 0.3 เมตร และทำการคำนวณ หาค่าสัดส่วนของ ความกว้างของถาดเชื้อเพลิง (x) ได้ทำการใช้สมการของ View factor ของการแผ่รังสีความร้อนเพื่อดูความร้อนที่สามารถปล่อยออกมาต่อขนาดความกว้างถาดเชื้อเพลิงซึ่งใช้กรณีของ (Perpendicular Rectangles with a Common Edge) โดยมีสมการดังนี้ [15]

$$F_{ij}=\frac{1}{\pi.W}\left(\begin{array}{l} W.\tan^{-1}\left(\frac{1}{w}\right)+H.\tan^{-1}\left(\frac{1}{H}\right)-\left(H^2+W^2\right)^{1/2}.\tan^{-1}\left(\frac{1}{\left(H^2+W^2\right)^{1/2}}\right) \\ +\frac{1}{4}\ln\left\{\left(\frac{\left(1+W^2\right)\left(1+H^2\right)}{1+W^2+H^2}\left[\frac{W^2\left(1+W^2+H^2\right)}{\left(1+W^2\right)\left(W^2+H^2\right)}\right]^{W^2}\right)\right. \\ \left.\times\left[\frac{H^2\left(1+H^2+W^2\right)}{\left(1+H^2\right)\left(H^2+W^2\right)}\right]^{H^2}\right\} \end{array}\right) \quad (16)$$

โดยที่ค่า $W=\frac{y}{x}, H=\frac{z}{x}$ ซึ่งค่า x คือความกว้าง y คือความยาวของถาดเชื้อเพลิง z คือความสูงของเปลวไฟ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.3 เมตร

ดังนั้น จากการคำนวณของ View factor ทำให้ทราบได้ว่าขนาดที่เหมาะสมสำหรับขนาดของเชื้อเพลิงได้ของความกว้างและความยาวไม่ต่ำกว่า 0.38 เมตร และ 0.33 เมตร ตามลำดับ โดยค่าที่ใช้ในการทดลองมีค่าเท่ากับ 0.4 เมตร × 1.2 เมตร และมีความหนาเท่ากับ 0.05 เมตร ซึ่งการย่อส่วนจะทำให้ได้ขนาดของแบบจำลองและการทดลองเพื่อใช้หาค่าการถ่ายเทความร้อนที่ต้องการ โดยมีรายละเอียดของแบบจำลองดังนี้

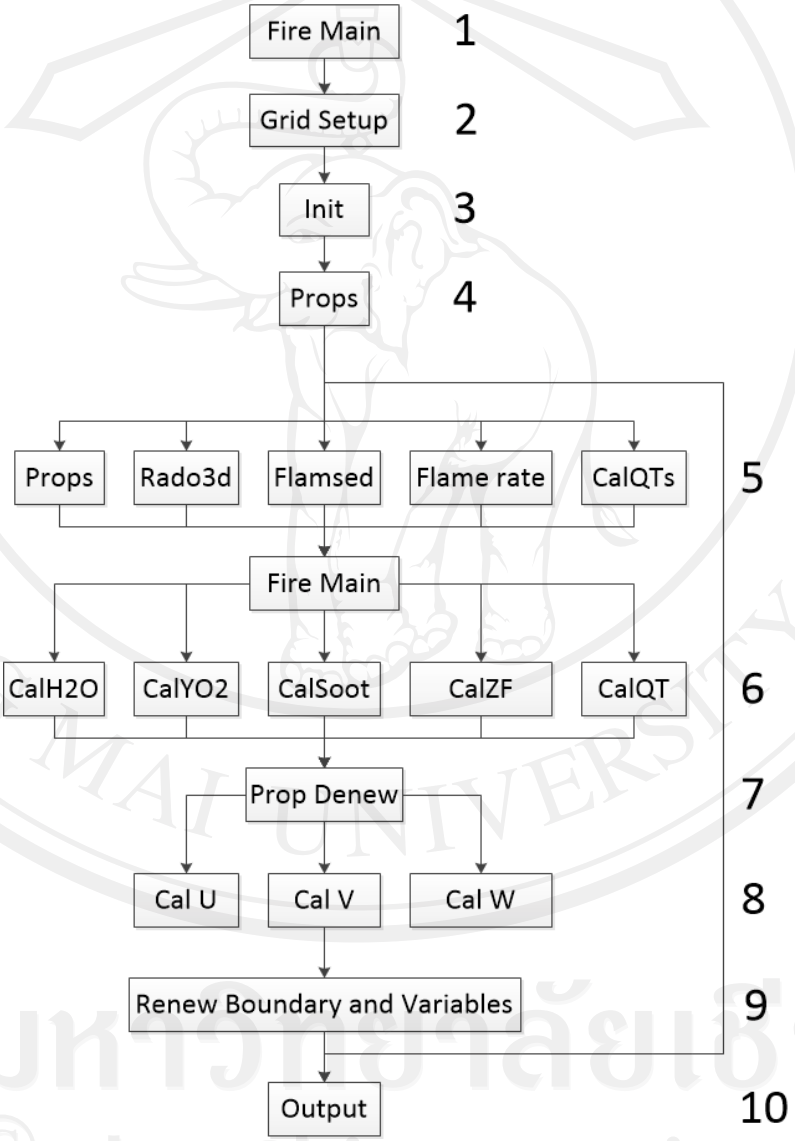
### 3.2 ค่า Courant Number

ค่า Courant Number หมายถึงค่าที่ใช้กำหนดการคำนวณค่าของการไหล ในแต่ละกริด โดยลักษณะของการไหลแบบคงที่ (Steady State) ค่าของ Courant จะมีค่าอยู่ที่ 1 แต่เนื่องจากในช่วงเริ่มต้นของการไหล ค่าความเร็วของของไหลจะมีค่าที่เพิ่มขึ้นเกือบ 10 เท่าของความเร็วเริ่มต้น ซึ่งเรียกว่า การไหลเป็นแบบทรานเซียนต์ (Transient State) จะมีค่าของ Courant อยู่ระหว่าง 0.1 – 0.5 เพื่อที่จะคำนวณการไหลของของไหลแบบทรานเซียนต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

### 3.3 วิธีการจำลอง (Numerical Method)

การจำลอง หมายถึง การใช้แบบจำลองมาใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการวัดค่าการถ่ายเทความร้อนที่มีความซับซ้อนและมีค่าใช้จ่ายน้อย โดยแบบจำลองในงานวิจัยได้ใช้คอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยประมวลผล Intel Xeon E5649 ความเร็ว 2.53 จิกะเฮิรทซ์ หน่วยความจำ (RAM) 16 จิกะไบต์ ซึ่งใช้เวลาในการคำนวณแต่ละเงื่อนไขประมาณ 181 ชั่วโมง โดยหลักการการจำลองนั้นจะแสดงให้เห็น ดังรูปที่ 4

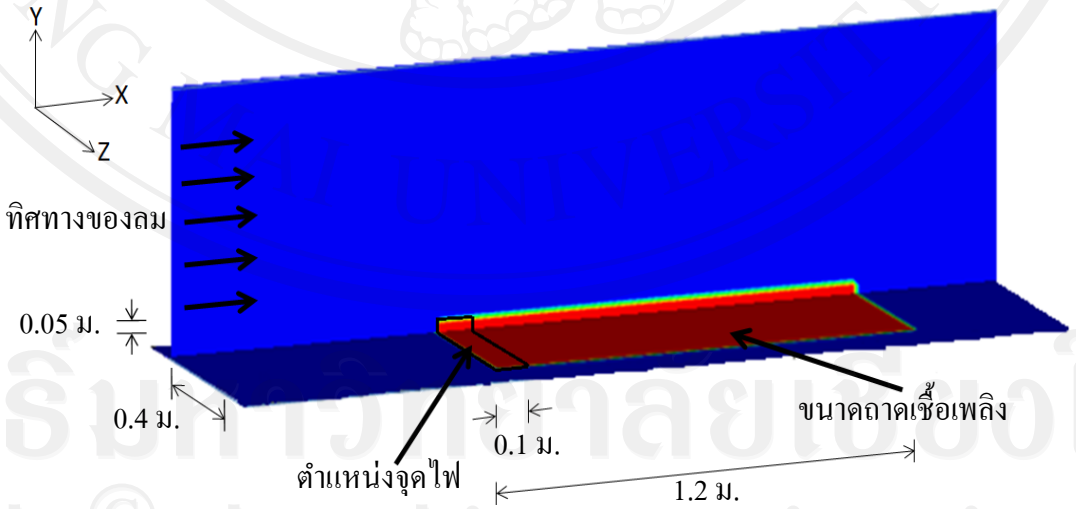



รูปที่ 4 : แผนผังของแบบจำลอง

ซึ่งตำแหน่งที่ 1 คือชื่อ โปรแกรมของแบบจำลอง ตำแหน่งที่ 2 คือ กระบวนการการสร้างกริดสำหรับแบบจำลอง ตำแหน่งที่ 3 คือ การกำหนดเงื่อนไขเริ่มต้น ตำแหน่งที่ 4 คือกำหนด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คุณสมบัติของเชื้อเพลิง ตำแหน่งที่ 5 คือส่วนของการคำนวณหาค่าความร้อนของการแผ่รังสีความร้อน ลักษณะของไฟ อัตราการลุกลามของไฟ และอุณหภูมิของเชื้อเพลิง ตำแหน่งที่ 6 คือการคำนวณหาปริมาณก๊าซของ ไอน้ำ อ๊อกซิเจน เขม่าควันและอุณหภูมิของเปลวไฟ ตำแหน่งที่ 7 คือการกำหนดค่าคุณสมบัติใหม่ของเชื้อเพลิงสำหรับหารคำนวณครั้งต่อไป ตำแหน่งที่ 8 คือการคำนวณความเร็วในสามมิติ ตำแหน่งที่ 9 คือการกำหนดขอบเขตแบบจำลองในการคำนวณครั้งต่อไป และตำแหน่งที่ 10 คือผลลัพท์จากแบบจำลอง โดยในแบบจำลองได้สมมุติให้เชื้อเพลิงมีพื้นที่เท่ากับ 0.4 เมตร × 1.2 เมตร และมีความหนาเท่ากับ 0.05 เมตร บนถาดเชื้อเพลิงที่วางอยู่บนพื้นที่ราบที่ไม่มีความชัน โดยเชื้อเพลิงแห้งทั่วไปจะมีความชื้นในแต่ละเดือนไม่เท่ากันซึ่งจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ โดยที่อุณหภูมิของอากาศเฉลี่ย 29.8– 31.2 องศาเซลเซียส และความความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 51.0% – 65.3% (ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือช่วงเดือนเมษายน 2556- พฤษภาคม 2556) ทำให้ทราบว่าเชื้อเพลิงแห้งจะมีความชื้นอยู่ในช่วง 9.1 – 11.6% มาตราฐานแห้ง ซึ่งหาได้จาก Wood Equilibrium Moisture Content (EMC) และจากการคำนวณการย่อส่วนพบว่าความเร็วที่ใช้ในการทดลองมีค่าเท่ากับ 0.438 เมตรต่อวินาที หรือประมาณ 0.45 เมตรต่อวินาที (ใช้เลขนัยสำคัญ 2 ตำแหน่งเป็นตัวกำหนดค่าประมาณ) ดังนั้น จึงกำหนดความเร็วลมที่ศึกษาเท่ากับ 0, 0.15, 0.3 และ 0.45 เมตรต่อวินาที ให้ทิศทางของลมมีทิศเดียวกับไฟและย้อนทิศทางของไฟ และตำแหน่งจุดไฟอยู่ที่ขนาด 0.1-0.5 เมตร × 0.1 เมตร × 0.05 เมตร ดังรูปที่ 5

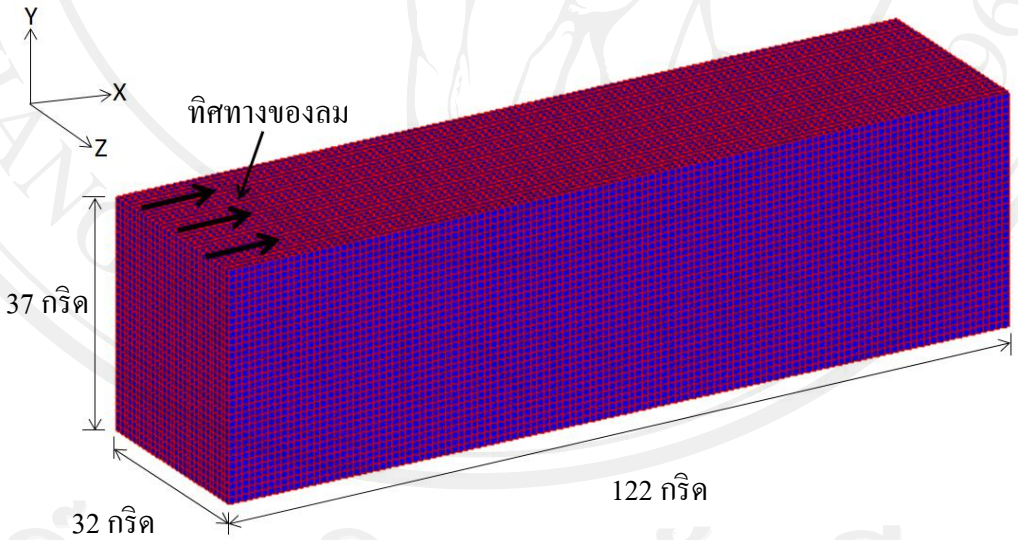



รูปที่ 5 : ตำแหน่งและขนาดของแบบจำลอง

โดยจะทำการวัดค่าความร้อนของเปลวไฟ อัตราการลุกลามของไฟ อุณหภูมิของเชื้อเพลิง และวัดข้อมูลการรับพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงจะอยู่ที่พื้นที่หน้าตัดแนวดิ่งของเชื้อเพลิงที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระยะ 0.04 เมตร จากขอบด้านซ้ายของเชื้อเพลิง เพื่อทำการวัดค่าอุณหภูมิของเปลวไฟ การแผ่รังสี และการพาความร้อน การคำนวณได้กำหนดให้โดเมนมีขนาดกว้าง 0.6 เมตร ยาว 1.2 เมตร และสูง 0.6 เมตร โดยใช้ขอบเขตแบบเปิด (Open Boundary) ซึ่งมีเงื่อนไขคืออัตราการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติต่างๆเป็นแบบคงที่โดยที่บริเวณขอบเขต (Zero Gradient) สำหรับขอบเขตทุกด้านยกเว้นขอบเขตด้านล่าง เชื้อเพลิงที่ใช้มีคุณสมบัติเทียบเคียงกับคุณสมบัติของใบไม้แห้งในป่าเต็งรัง โดยได้กำหนดอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของเชื้อเพลิงเท่ากับ 4500 หนึ่งต่อเมตร ความชื้นเชื้อเพลิงเท่ากับ 67% มาตรฐานแห้ง ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของเชื้อเพลิงเท่ากับ 0.22 มิลลิเมตร และได้กำหนดให้เชื้อเพลิงหนา 0.05 เมตร วางอยู่บนถาดขนาดกว้าง 0.4 เมตร และยาว 1.2 เมตร โดยสร้างกริดสามมิติจำนวน 60 × 30 × 30 กริด และผลที่ได้จากแบบจำลองจะใช้ขนาดของกริด (Grid Independence) เพื่อเปรียบเทียบขนาดโดเมนที่เท่ากันแต่มีจำนวนไม่เท่ากันระหว่าง 63,488 (62 × 32 × 32 กริด) และ 144,448 (122 × 37 × 32 กริด) และค่าของเลข Courant number ที่ใช้ในการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.10 โดยจำนวนกริดที่มากกว่ามีช่วงของการลุกลามแบบไม่คงตัว (Unsteady flow) ซึ่งเป็นระยะที่ทำให้การลุกลามเริ่มเข้าสู่การลุกลามแบบคงตัว ดังรูปที่ 6

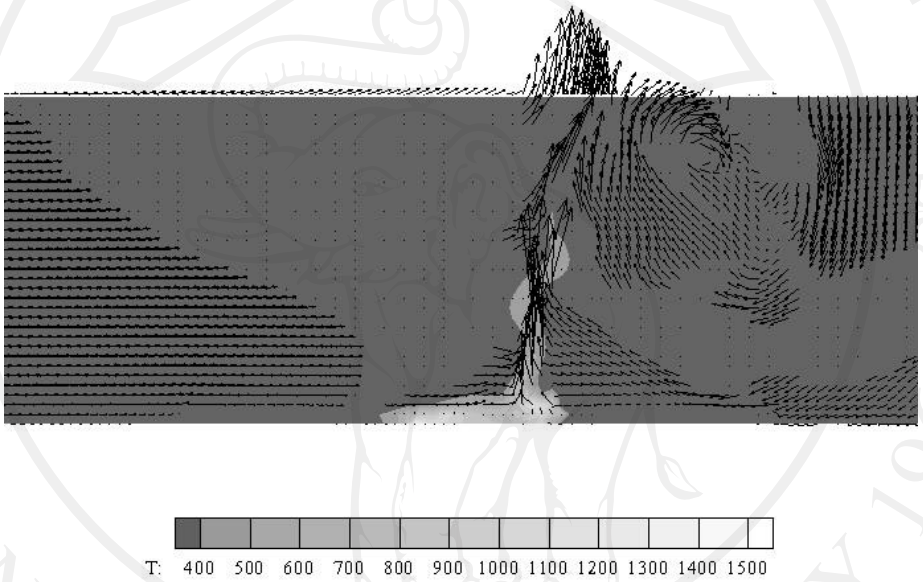



รูปที่ 6 : ขนาดโดเมนของแบบจำลอง

ส่วนในการหาค่าความร้อนของการแผ่รังสีและการพาความร้อนนั้นทำได้ยากและมีราคาแพงจึงได้มีการใช้แบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเพื่อช่วยในการคำนวณค่าความร้อนต่างๆ สำหรับการเก็บข้อมูลการถ่ายเทความร้อนของแบบจำลองจะทำการกำหนดตำแหน่งเพื่อวัดค่าการถ่ายเทความร้อนของไฟ ซึ่งค่าความร้อนของการแผ่รังสีความร้อนได้ใช้วิธีการ Discrete Ordinates (DO) แบบสามมิติ โดยจะกำหนดตำแน่งการวัดอยู่ที่กึ่งกลางของเชื้อเพลิง เนื่องจาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เป็นตำแหน่งที่การลุกลามของไฟมีความคงที่ซึ่งทำให้ค่าความร้อนที่วัดได้นั้นมีความถูกต้องและแม่นยำ เพื่อนำมาวิเคราะห์ถึงสัดส่วนความร้อนที่เชื้อเพลิงได้รับต่อค่าความร้อนที่มาจากไฟทั้งหมด จึงทำให้ทราบถึงสัดส่วนที่เหมาะสมที่สามารถทำให้ไฟจุดติดหรือไม่ติด และยังวัดค่าต่าง ๆ ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของเชื้อเพลิงที่ไฟลุกลามถึง เช่น ความสูงของเปลวไฟ ณ ตำแหน่งสูงสุดของเปลวไฟ อัตราการลุกลามของไฟและอุณหภูมิของเปลวไฟ โดยภาพแบบจำลองแสดงดังรูปที่ 7

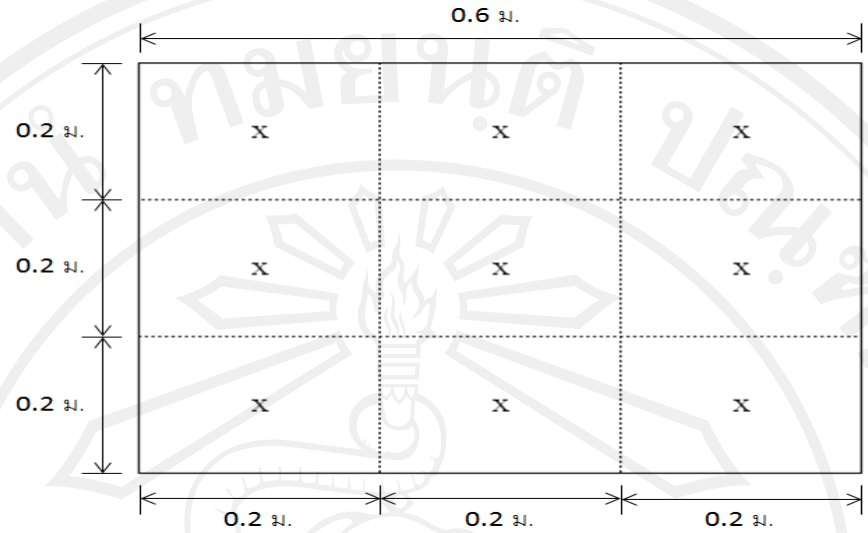



รูปที่ 7 : ภาพแบบจำลองของการลุกลามของไฟที่มีทิศเดียวกับลม

**3.4 วิธีการทดลอง**

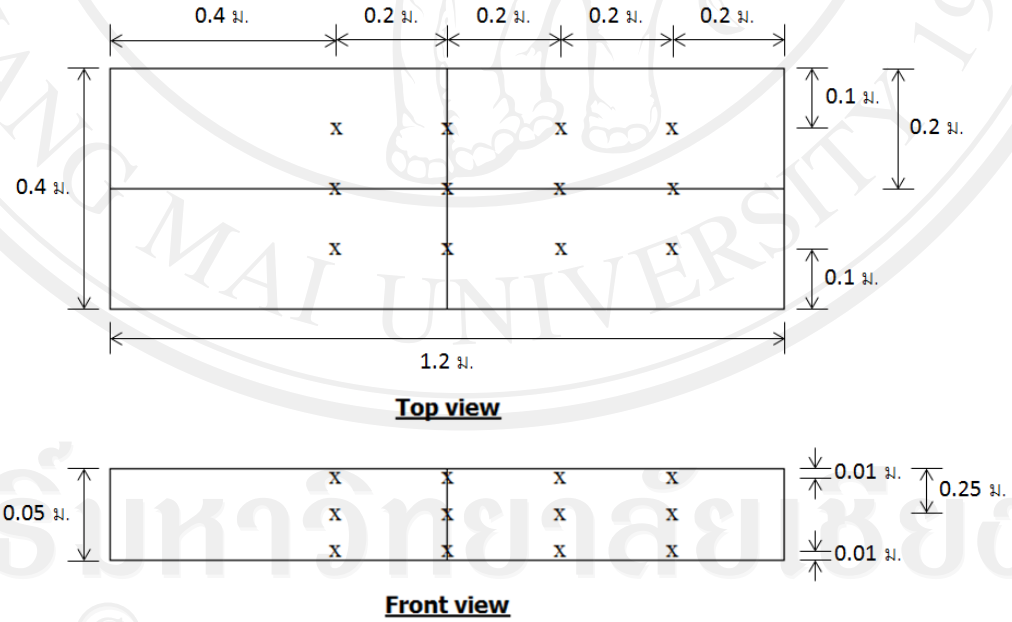
การทดลอง หมายถึง การควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ให้มีความคล้ายคลึงกับแบบจำลองเพื่อนำผลมาเปรียบเทียบความแม่นยำของแบบจำลอง โดยมีตัวแปรที่ควบคุม อาทิ เช่น ความเร็วลม ขนาด ความชื้นและชนิดของเชื้อเพลิงให้มีความคล้ายคลึงกับแบบจำลอง ซึ่งการวัดความเร็วลมจะทำโดยการบันทึกค่าความเร็วลมโดยใช้เครื่องวัดความเร็วลมแบบ Hot wire anemometer ที่ตำแหน่งต่างๆ ตามความยาวของถาดเชื้อเพลิงทั้งหมด 3 ตำแหน่งคือ จุดเริ่มต้นถาดเชื้อเพลิง จุดกึ่งกลางถาดเชื้อเพลิง และจุดท้ายถาดเชื้อเพลิง แต่ละตำแหน่งจะทำการบันทึกที่พิกัดต่างๆ ในระนาบภาคตัดขวางความเร็วลมเดียวกันทั้งหมด 9 จุด ในแต่ละจุดบันทึกเป็นระยะเวลา 1 นาที เพื่อนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยและตรวจสอบความสม่ำเสมอและราบเรียบของการไหล ดังแสดงในรูปที่ 8

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved




รูปที่ 8 : ตำแหน่งการวัดความเร็วลมด้วย Hot Wire Anemometer ในแต่ละภาคตัดขวาง

การบันทึกอุณหภูมิในดินวัดจะทำโดยใช้ Data logger บันทึกค่าอุณหภูมิที่อ่านได้จากหัววัดอุณหภูมิ (Thermocouple) แบบ Type K ขนาด 0.32 มิลลิเมตร (28 AWG) ซึ่งติดตั้งกระจายตามตำแหน่งต่างๆ ของถาดเชื้อเพลิง ทั้งหมด 12 ตำแหน่ง แต่ละตำแหน่งจะวัดที่ความลึก 3 ระดับ คือ 1, 2.5 และ 4 เซนติเมตรจากผิวบน รวมทั้งหมด 36 จุด ดังแสดงในรูปที่ 9



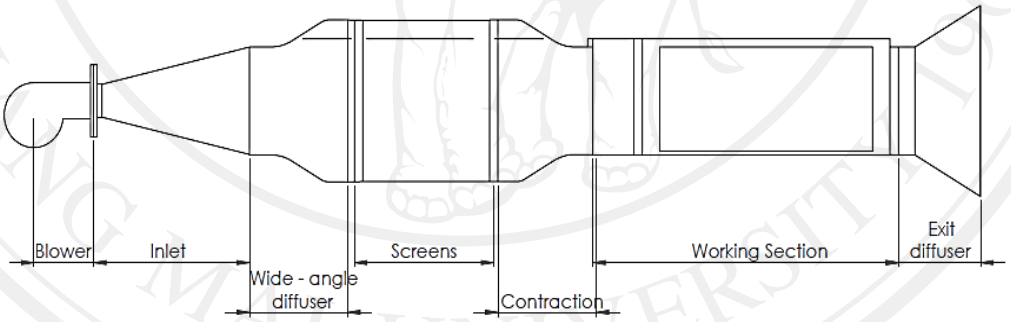

รูปที่ 9 : ตำแหน่งของหัววัดอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆของถาดเชื้อเพลิง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

### 3.4.1 ส่วนประกอบของอุโมงค์ลมมีรายละเอียดดังนี้

อุโมงค์ลมเป็นเครื่องมือที่สร้างการไหลของอากาศที่สามารถควบคุมการไหลทั้งความเร็วและระดับความปั่นป่วนของการไหล โดยความต้องการพื้นฐานอย่างหนึ่งในการออกแบบสร้างอุโมงค์ลมก็คือ ต้องการบังคับให้การไหลมีความราบเรียบ ( Laminar ) โดยมีบริเวณหรือขอบเขตการไหลที่สม่ำเสมอ (Uniform) มีความปั่นป่วน ( Turbulence ) และการควงตัว ( Swirl ) น้อยที่สุด

การจัดรูปแบบทั่วไปของอุโมงค์ลมในลักษณะที่ง่ายที่สุดนั้นจะประกอบไปด้วยพัดลม (Blower) เพื่อทำให้อากาศไหลผ่านส่วนที่ต้องการควบคุมการไหล (Working Section) ซึ่งส่วนต้นลมที่รับอากาศเข้ามาสู่ Working Section นี้จะผ่านส่วนควบคุมความปั่นป่วนของการไหล (Flow Conditioner Section or Screens) ซึ่งประกอบด้วย รังผึ้ง (Honeycomb) บังคับทิศทางของลมให้มีลักษณะทิศทางเดียวกันและบังคับให้ลมสม่ำเสมอ เพื่อทำให้ลมมีลักษณะการไหลแบบราบเรียบมากขึ้น, Setting Chamber เป็นส่วนทั้งหมดของการทำให้ลมมีลักษณะการไหลแบบราบเรียบ และมีส่วนท้ายลมหลัง Working Section จะมีส่วนที่ใช้ป้องกันลมหวนเรียกว่า ดิฟฟิวเซอร์ขาออก (Exit Diffuser) ดังรูปที่ 10

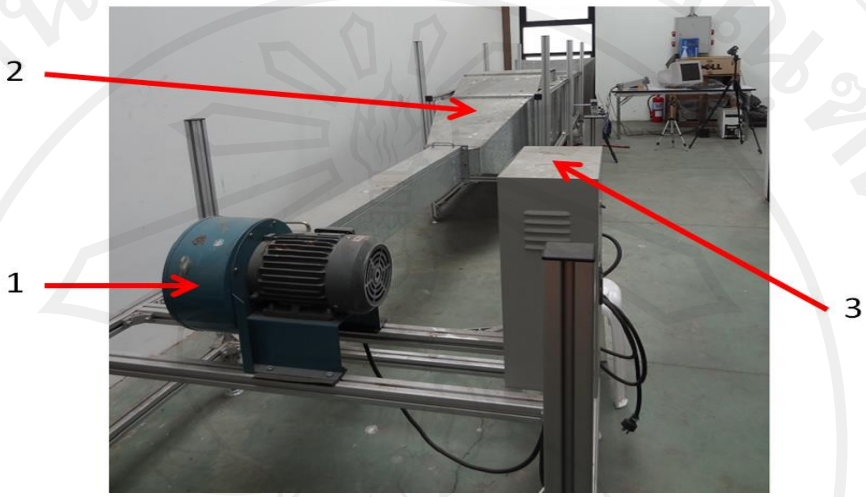



รูปที่ 10 : ส่วนประกอบพื้นฐานของอุโมงค์ลม

โดยส่วนประกอบหลัก ของอุโมงค์ลมที่ใช้ในการทดลองจริง มีทั้งหมด 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นเครื่องส่งลม (Blower) รุ่น Venz มีขนาดมอเตอร์เท่ากับ 2 แรงม้า (HP) ใช้ไฟ 3 เฟส กำหนดความเร็วลมที่ใช้ทดลองอยู่ที่ 0.15, 0.3 และ 0.45 เมตรต่อวินาที และเนื่องจากกระแสลมที่ได้จากเครื่องส่งลมยังมีลักษณะแบบปั่นป่วน จึงจำเป็นต้องมีการควบคุมให้กระแสลมมีลักษณะราบเรียบ (Laminar Flow) คือ การทำให้ความเร็วลมที่ใช้ในการทดลองมีความคล้ายคลึงกับแบบจำลอง เนื่องจากลมที่มาจากเครื่องส่งลมมีลักษณะแบบปั่นป่วน จึงต้องทำให้ความเร็วของลมมีลักษณะแบบราบเรียบซึ่งมีอุปกรณ์ที่ช่วยในการปรับลมให้ราบเรียบ โดยส่วนที่ 2 เป็นส่วนของการปรับลมให้ราบเรียบประกอบด้วยรังผึ้ง และมุ้งลวด 3 ส่วน จากด้านหน้าไปด้านหลังตาม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูป และส่วนที่ 3 แสดงถึง ส่วนในการควบคุมความเร็วได้ใช้เครื่องควบคุมความถี่ (Inverter) ของมอเตอร์ของเครื่องส่งลม (Blower) ซึ่งสามารถควบคุมความถี่ของเครื่องส่งลมได้ตั้งแต่ 0 Hz จนถึง 45 Hz โดยทั้ง 3 ส่วน แสดงดังรูปที่ 11




รูปที่ 11 : ส่วนประกอบโดยรวมของอุโมงค์ลม

**3.4.2 การวางตัวของเชื้อเพลิง ขนาดของถาดเชื้อเพลิงและชนิดของเชื้อเพลิง**

ขนาดของถาดเชื้อเพลิงที่มีความกว้างเท่ากับ 0.4 เมตร ความยาวเท่ากับ 1.2 เมตร และเชื้อเพลิงมีความหนาเท่ากับ 0.05 เมตร ซึ่งใช้หญ้ามาเลเซียเป็นเชื้อเพลิงในการทดลอง ดังรูปที่ 12

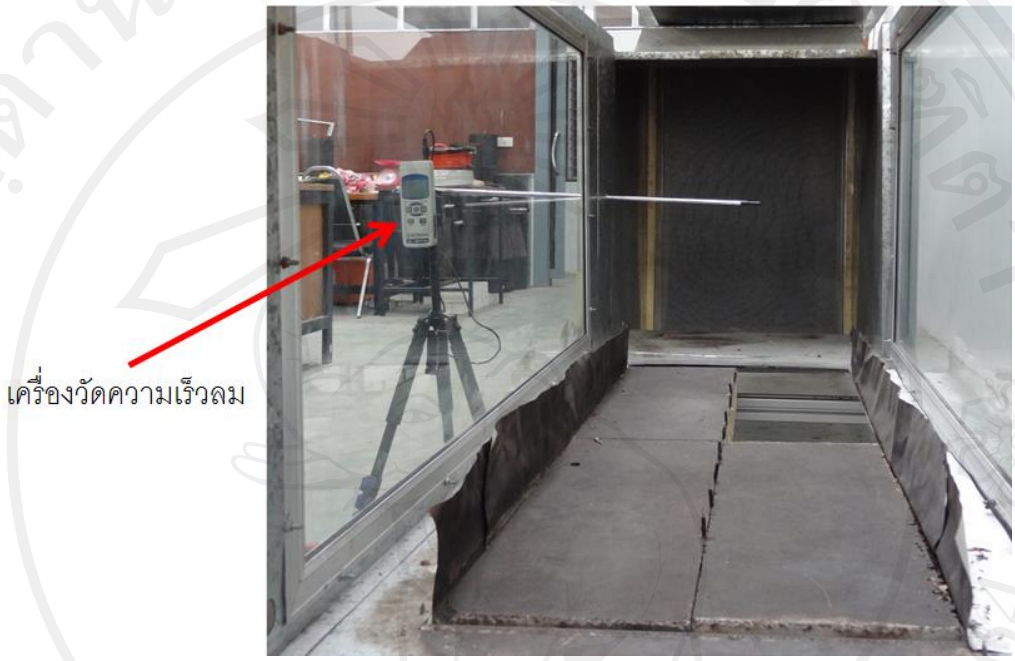
รูปที่ 12 : ถาดเชื้อเพลิง

**3.4.3 ตำแหน่งของเครื่องวัดความเร็วลมและขนาดพื้นที่หน้าตัดของอุโมงค์ลม**

ขนาดพื้นที่หน้าตัดของอุโมงค์ลมมีขนาด 0.6 เมตร × 0.6 เมตร และมีระยะห่างระหว่างผนังด้านข้างกับถาดเชื้อเพลิงด้านละ 0.1 เมตร และความยาวของถาดเชื้อเพลิงมีระยะทางเพียงพอที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

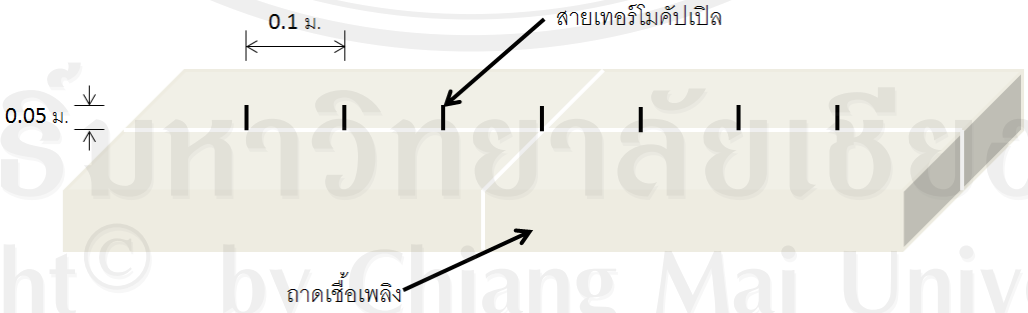
ทำให้การลุกลามของไฟเข้าสู่การลุกลามคงตัว (Steady Flow) สำหรับลมจะกำหนดให้มีทิศเดียวกับไฟและย้อนทิศทางของไฟ โดยความเร็วลมที่ใช้มีค่า 0, 0.15, 0.3 และ 0.45 เมตรต่อวินที ซึ่งเครื่องวัดลมอยู่ตำแหน่งที่ลูกศรชี้ ดังรูปที่ 13




รูปที่ 13 : ตำแหน่งที่ใช้วัดความเร็วลม และขนาดของพื้นที่หน้าตัดของอุโมงค์ลม

### 3.4.4 ตำแหน่งของเครื่องวัดอุณหภูมิเปลวไฟ และอัตราการลุกลามของไฟผิวดิน

เครื่องมือวัดสำหรับเก็บอุณหภูมิเปลวไฟและอัตราการลุกลามของไฟ มีระยะห่างเท่ากับ 0.1 เมตร ทุกจุดและมีความสูงเท่ากับ 0.05 เมตร โดยใช้สายวัดอุณหภูมิ (สายเทอร์โมคับเปิล) ชนิด K และมีขนาดของสายวัดเท่ากับ 0.32 มิลลิเมตร (28 AWG) ซึ่งเก็บข้อมูลหลังการลุกลามของไฟเริ่มคงที่ ซึ่งติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิบริเวณกึ่งกลางของเปลวไฟ [16, 17] ดังรูปที่ 14

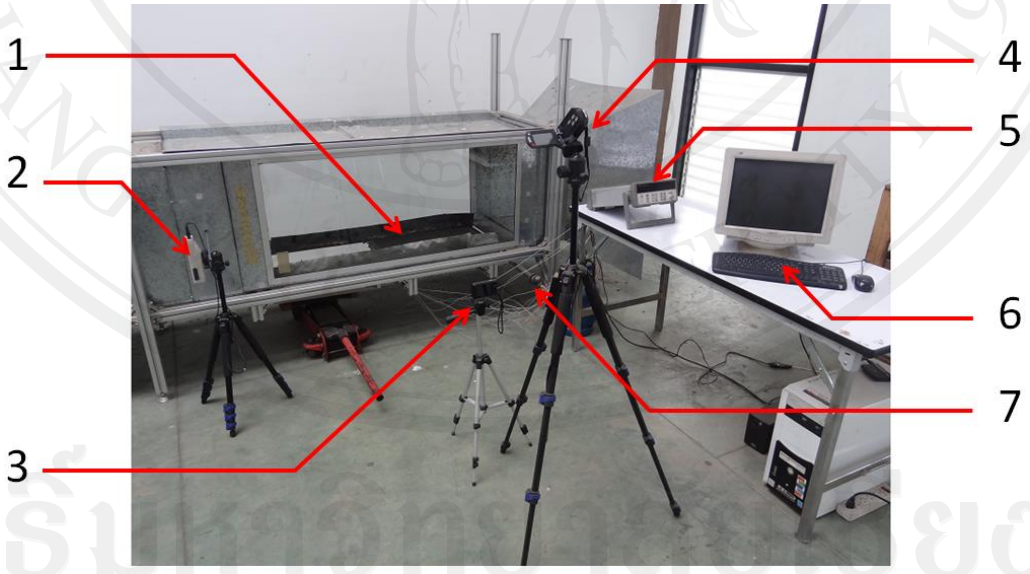



รูปที่ 14 : ตำแหน่งกับขนาดของเครื่องมือวัด อุณหภูมิเปลวไฟและอัตราการลุกลาม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

### 3.4.5 การวางตำแหน่งต่างๆ ของเครื่องมือวัดและเครื่องเก็บข้อมูล

ในส่วนของการทดลองและการเก็บข้อมูล (Testing Section & Record Data) จะทำการกำหนดขนาดของถาดเชื้อเพลิงให้เท่ากับแบบจำลอง และทำการติดตั้งตำแหน่งของเครื่องวัดเพื่อวัดค่าต่าง ๆ เช่น อัตราการลุกลาม อุณหภูมิเปลวไฟ ความสูงของเปลวไฟ และองศาของเปลวไฟที่ทำกับเชื้อเพลิง โดยตำแหน่งที่ 1 คือ ตำแหน่งส่วนของการทดลองการลุกลามของไฟผิวดิน ตำแหน่งที่ 2 คือ ตำแหน่งของเครื่องวัดความเร็วลม (Hot Wire Anemometer) ยี่ห้อ LUTRON รุ่น AM-4214SD ตำแหน่งที่ 3 คือ ตำแหน่งของการเก็บค่าความสูงของเปลวไฟและองศาของเปลวไฟที่กระทำต่อเชื้อเพลิง โดยทำการอัดวีดีโอ ตำแหน่งที่ 4 คือ ตำแหน่งของการเก็บข้อมูลของแนวการลุกลามของไฟ โดยการอัดวีดีโอ ตำแหน่งที่ 5 คือ ตำแหน่งของเครื่องเก็บข้อมูลอุณหภูมิของเปลวไฟโดยใช้เครื่องเก็บข้อมูล (Data Logger) ยี่ห้อ AGILENT รุ่น 34970A ซึ่งความถี่ของการเก็บข้อมูลของเครื่องเก็บข้อมูลอยู่ที่ 1 ตัวอย่าง ต่อ 1 วินาที ตำแหน่งที่ 6 คือ คอมพิวเตอร์สำหรับนำค่าข้อมูลของอุณหภูมิเปลวไฟมาทำการวิเคราะห์ข้อมูล และตำแหน่งที่ 7 คือ ตำแหน่งของเครื่องจุดไฟโดยใช้ท่อที่ทำจาก สแตนเลสสตีล ซึ่งมีความยาวเท่ากับ 0.52 เมตร ซึ่งใช้เชื้อเพลิงเป็นก๊าซหุงต้ม ดังรูปที่ 15




รูปที่ 15 : ตำแหน่งของอุปกรณ์ต่างๆ ของการเก็บค่าอุณหภูมิ ค่าความสูงของเปลวไฟและองศาที่ไฟกระทำต่อเชื้อเพลิง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

### 3.4.6 การหาความชื้นของเชื้อเพลิง

ในการหาความชื้นของเชื้อเพลิงจะใช้ตู้อบเพื่อไล่ความชื้นออก แล้วทำการคำนวณหาความชื้นจาก สูตรมาตรฐานแห้ง (Dry basis) โดยนำตัวอย่าง 3 ตัวอย่างทำการชั่งเพื่อหาน้ำหนักก่อนอบ แล้วทำการอบ ตัวอย่างทั้ง 3 ตัวอย่างที่อุณหภูมิเท่ากับ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง 30 นาที หลังจากนั้นนำตัวอย่างที่อบเรียบร้อยมาทำการชั่งน้ำหนัก ซึ่งจะทำให้ทราบน้ำหนัก ก่อนอบ และ หลังอบ จึงนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นต่อไป โดยใช้สมการดังนี้

$$MC_{db} = \frac{W_i - W_f}{W_f} \times 100 \qquad (17)$$

โดยที่ $MC_{db}$ คือค่าความชื้นมาตรฐานแห้ง $W_i$ คือน้ำหนักของเชื้อเพลิงเริ่มต้น $W_f$ คือน้ำหนักของเชื้อเพลิงหลังอบ โดยแสดงภาพตัวอย่างการหาความชื้นของเชื้อเพลิงสามารถดูได้จาก ภาคผนวก ข

## 3.5 เงื่อนไขสำหรับแบบจำลองและการทดลอง (Numerical & Experiment Condition)

### 3.5.1 เงื่อนไขแบบจำลอง (Numerical Condition)

1. ทำการกำหนดขนาดของโดเมน (Domain size) มีขนาดกว้าง 0.6 เมตร ยาว 1.2 เมตร และสูง 0.6 เมตร
2. กำหนดความละเอียดของกริดเพื่อใช้ในแบบจำลอง โดยในที่นี้ใช้ความละเอียดเท่ากับ 0.02 × 0.02 × 0.02 เมตร และกำหนดระยะของกริดที่ใช้เพื่อทำให้การลุกลามของไฟเข้าสู่การลุกลามคงที่ ซึ่งในที่นี้ได้ใช้ระยะด้านซ้ายเท่ากับ 40 และด้านขวาเท่ากับ 10 กริด
3. กำหนดขนาดของถาดเชื้อเพลิงให้มีขนาดเท่ากับการทดลอง ซึ่งมีขนาดเท่ากับ 0.4 × 1.2 เมตร และความหนาของเชื้อเพลิงเท่ากับ 0.05 เมตร
4. การกำหนดขนาดของการจุดไฟกว้างเท่ากับ 0.4 เมตร โดยเว้นจากระยะขอบข้างละ 0.1 เมตร เท่ากันทั้งสองด้าน ความยาวเท่ากับ 0.1 เมตร และความสูงเท่ากับ 0.05 เมตร ซึ่งตำแหน่งของการจุดไฟอยู่ทางด้านซ้ายของถาดเชื้อเพลิง สำหรับแบบจำลองของการลุกลามของไฟที่มีทิศทางเดียวกันกับลม และสำหรับแบบจำลองของการลุกลามของไฟที่มีทิศทางย้อนกับลม ให้กำหนดตำแหน่งของการจุดไฟอยู่ทางด้านขวาของถาดเชื้อเพลิง โดยมีขนาดของการจุดไฟมีขนาดเท่ากัน
5. ทำการทดลองทั้งหมด 7 เงื่อนไข โดยมีการจำลองการลุกลามทิศเดียวกับลม 3 เงื่อนไข ทิศทางย้อนกับลม 3 เงื่อนไขและการจำลองที่ไม่มีลม 1 เงื่อนไข

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

6. นำผลลัพท์ของแต่ละแบบจำลองมาทำการอ่านค่า เพื่อหาค่าของ อุณหภูมิของเปลวไฟ ความสูงของเปลวไฟ องศาของเปลวไฟที่ทำกับเชื้อเพลิง การถ่ายเทความร้อนของการแผ่รังสีและการพาความร้อน

**3.5.2 เงื่อนไขการทดลอง (Experiment Condition)**

1. ทำการเรียงเชื้อเพลิงบนนถาดทดลอง โดยขนาดเท่ากับ 0.4 เมตร × 1.2 เมตร และมีความสูงของเชื้อเพลิงเท่ากับ 0.05 เมตร
2. ทำการปรับค่าความถี่ของเครื่องส่งลม ให้มีความเร็วลมที่ต้องการ โดยปรับที่ตัวควบคุมความถี่ (Inverter) และตรวจความเร็วของลมด้วยเครื่องวัดความเร็วลม (Hot Wire)
3. ทำการติดตั้งเครื่องจุดไฟไว้ด้านหน้าของถาดเชื้อเพลิง เพื่อทำการทดลองผลของลมที่มีทิศทางเดียวกับการลุกลามของไฟ
4. ทำการติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิของเปลวไฟ โดยมีระยะห่างเท่ากับ 0.1 เมตร ทุกจุดเป็นระยะทางเท่ากับ 0.7 เมตร ในแนวกลางของถาดเชื้อเพลิง
5. ทำการตั้งกล้องเพื่อทำการบันทึกวีดีโอของการลุกลามของไฟ โดยตั้งกล้องที่สามารถถ่ายภาพทั้งหมดของการลุกลามของไฟเพื่อนำวีดีโอไปทำการหาค่าความสูง และองศาของเปลวไฟที่ทำกับเชื้อเพลิง
6. เริ่มทำการจุดไฟที่บริเวณเครื่องจุดไฟ พร้อมกับทำการบันทึกวีดีโอ บันทึกค่าความร้อนที่เทอร์โมคับเปิ้นวัดได้และจับเวลาไปพร้อมกัน
7. บันทึกผลการทดลอง โดยแต่ละการทดลองต้องทำการทดลองทั้งหมด 3 ครั้งต่อ 1 การทดลอง
8. เมื่อทำการทดลองเงื่อนไขของลมที่มีทิศทางเดียวกับการลุกลามของไฟเสร็จสิ้นจึงทำการเปลี่ยนตำแหน่งของเครื่องจุดไฟ โดยเปลี่ยนไปยังตำแหน่งท้ายสุดของถาดเชื้อเพลิง เพื่อทำการทดลอง ผลของลมที่มีทิศทางย้อนกับการลุกลามของไฟ โดยทำการทดลองตามข้อที่ 2 – 8
9. ในการทดลองของเงื่อนไขที่ไม่มีลม นั้น ให้ทำการแยกส่วนของอุโมงค์ลมในส่วนของการทดลองออกมา เพื่อให้ทางเข้าและทางออกของอุโมงค์ลมมีลมไหลผ่านได้สะดวกทั้งสองข้างแล้วทำการทดลองตามข้อที่ 3 – 8

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากเงื่อนไขที่ได้กำหนดสำหรับการทดลอง ซึ่งก่อนการเริ่มทดลองได้มีการเตรียมการอุปกรณ์ดังรูปที่ 16 หลังจากเตรียมการทดลองเรียบร้อยจึงทำการทดลองเพื่อหาค่าต่างๆ ของการลุกลามของไฟ ดังรูปที่ 17 และการบันทึกวีดีโอของการลุกลามของไฟมุมสูง ดังรูปที่ 18 ตามลำดับ

รูปที่ 16 : การเตรียมเชื้อเพลิง เครื่องมือวัดและเครื่องมือเก็บข้อมูลสำหรับการทดลอง

รูปที่ 17 : การทดลองของการลุกลามของไฟที่มีทิศย้อนลม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 18 : วีดีโอมุมสูงของการลุกลามของไฟที่มีทิศย้อนลม

### 3.6 การเก็บผลการทดลอง

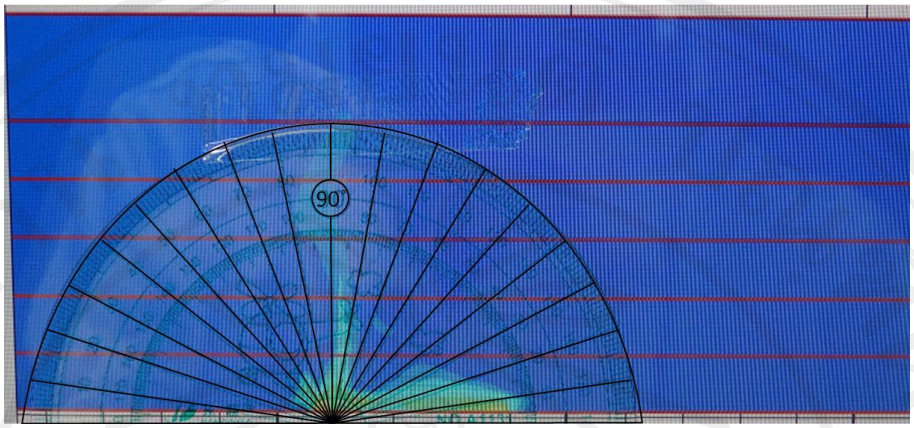
#### 3.6.1 อุณหภูมิของเปลวไฟและอัตราการลุกลามของเปลวไฟ

ในการวัดค่าอุณหภูมิของเปลวไฟของการทดลองจะทำโดยการวัดของสายเทอร์โมคัปเปิล แล้วทำการเก็บค่าไว้ใน เครื่องเก็บข้อมูล (Data Logger) จากนั้นทำการดึงข้อมูลจากเครื่องเก็บข้อมูลมาที่เครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อนำค่ามาทำการวิเคราะห์ถึงอัตราการลุกลาม ซึ่งสังเกตจากของอุณหภูมิที่ไฟมาถึงจุดวัด โดยกำหนดอุณหภูมิไว้ที่ 200 องศาเซลเซียส หมายถึงไฟมาถึงจุดวัดแรก แล้วดูเวลาที่ไฟไปยังจุดวัดที่สองแล้วทำการคำนวณหาเวลาระหว่างจุดวัดทั้งสอง เพื่อนำเวลาที่ได้มาหาอัตราการลุกลามของไฟ ส่วนในการวัดอุณหภูมิของเปลวไฟของแบบจำลองทำได้จากการอ่านค่าของข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง โดยกำหนดตำแหน่งของหัววัดให้ได้จุดตรงกลางของถาดเชื้อเพลิงแล้วทำการอ่านค่าอุณหภูมิออกมา และในการหาอัตราการลุกลามของไฟทำการหาได้จากการนำผลต่างของเวลาจากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งแล้วทำการคำนวณเพื่อหาอัตราการลุกลามของไฟ

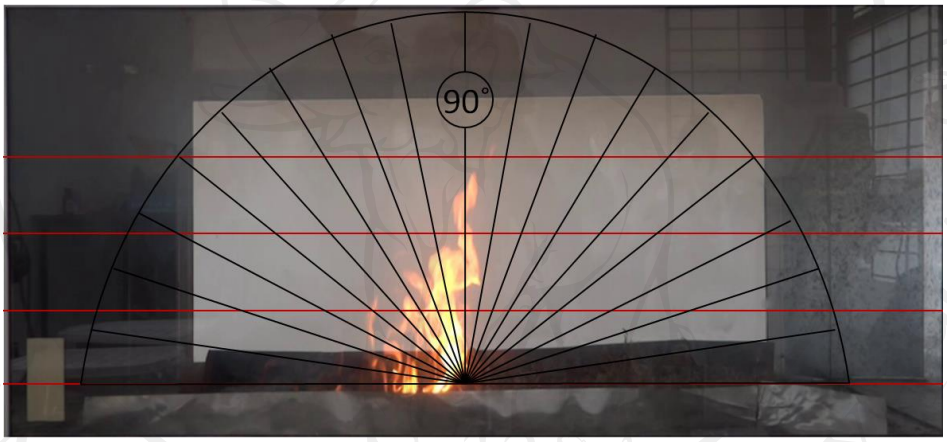
#### 3.6.2 วิธีการวัดค่าความสูงของเปลวไฟ และองศาที่เปลวไฟกระทำต่อเชื้อเพลิง

วิธีการวัดค่าความสูงของเปลวไฟและองศาของเปลวไฟของแบบจำลอง และแบบทดลองตามลำดับ โดยใช้ครึ่งวงกลมเป็นอุปกรณ์ในการวัดค่าองศาที่เปลวไฟกระทำต่อเชื้อเพลิง ซึ่งรูปภาพของเปลวไฟนำมาจากภาพถ่ายที่ถอดจากวีดีโอ แล้วทำการบันทึกค่าองศาของเปลวไฟ ส่วนในการวัดค่าความสูงของแบบจำลอง ทำการขีดเส้นเพื่อบอกถึงระดับของความสูง โดยที่ระดับของแต่ละเส้นอยู่ที่ 0.1 เมตร ส่วนภาพของการทดลองเป็นภาพที่ถอดมาจากวีดีโอมีลักษณะเป็นภาพทัศนียภาพ (Perspective) จึงจำเป็นต้องตีเส้นเพื่อหาจุดสายตา เพื่อให้ได้ค่าความสูงของเปลวไฟของการทดลองที่แท้จริง ดังรูปที่ 19 และ 20 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved




รูปที่ 19 : การวัดค่าความสูงของเปลวไฟและองศาที่เปลวไฟกระทำต่อเชื้อเพลิงของแบบจำลอง




รูปที่ 20 : การวัดค่าความสูงของเปลวไฟและองศาที่เปลวไฟกระทำต่อเชื้อเพลิงของการทดลอง

### 3.7 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ก่อนการวิเคราะห์ จะทำการเปรียบเทียบความแม่นยำของผลการคำนวณจากแบบจำลองกับการทดลองที่ความเร็วลมต่างๆ เช่น ค่าความสูง องศาของเปลวไฟที่ทำกับเชื้อเพลิง อัตราการลุกลามและอุณหภูมิของเปลวไฟ เพื่อพิจารณาถึงความสอดคล้องกัน จากนั้น ทำการวิเคราะห์หาค่าความร้อนทั้งหมดที่ไฟที่ปล่อยออกมา และค่าความร้อนที่เชื้อเพลิงที่บริเวณด้านหน้าของไฟได้รับจากการพาและการแผ่รังสีความร้อนที่ความเร็วลมต่างๆ เพื่อทำให้ทราบถึงสัดส่วนเมื่อเทียบกับความร้อนทั้งหมดที่ไฟปล่อยออกมา ซึ่งจะสามารถนำผลของวิเคราะห์เหล่านี้ไปใช้ในการทำนายการลุกลามได้ของไฟผิวดินภายใต้สภาวะเชื้อเพลิงติดไฟได้ยากได้แม่นยำขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved