# บทที่ 3
# วิธีการดำเนินโครงงาน

การดำเนินโครงงานจะเริ่มจากการศึกษาทฤษฎีและการทำงานของ Cooling Tower ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด เมื่อได้ศึกษาทฤษฎีและหลักการทำงานของ Cooling Tower แล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการออกแบบส่วนประกอบของ Cooling Tower ที่จะดำเนินการสร้าง โดยกำหนดตัวแปรที่จะสามารถเปลี่ยนค่าได้ ดังนี้

1. สามารถปรับเปลี่ยนอัตราไหลของน้ำโดยมวลได้ ( kg/s )
2. สามารถปรับเปลี่ยนอัตราไหลของอากาศโดยมวลได้ ( kg/s )
3. สามารถปรับเปลี่ยนอุณหภูมิน้ำเข้าได้ ( $^{\circ}C$ )

ในการออกแบบ Cooling Tower ทั่ว ๆ ไปจะกำหนดช่วงเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำเข้าและน้ำออกไว้ที่ประมาณ 5-10 $^{\circ}C$ ซึ่งตัวแปรที่จะกำหนดให้ Cooling Tower มีค่าอุณหภูมิดังข้างต้นมี ดังนี้

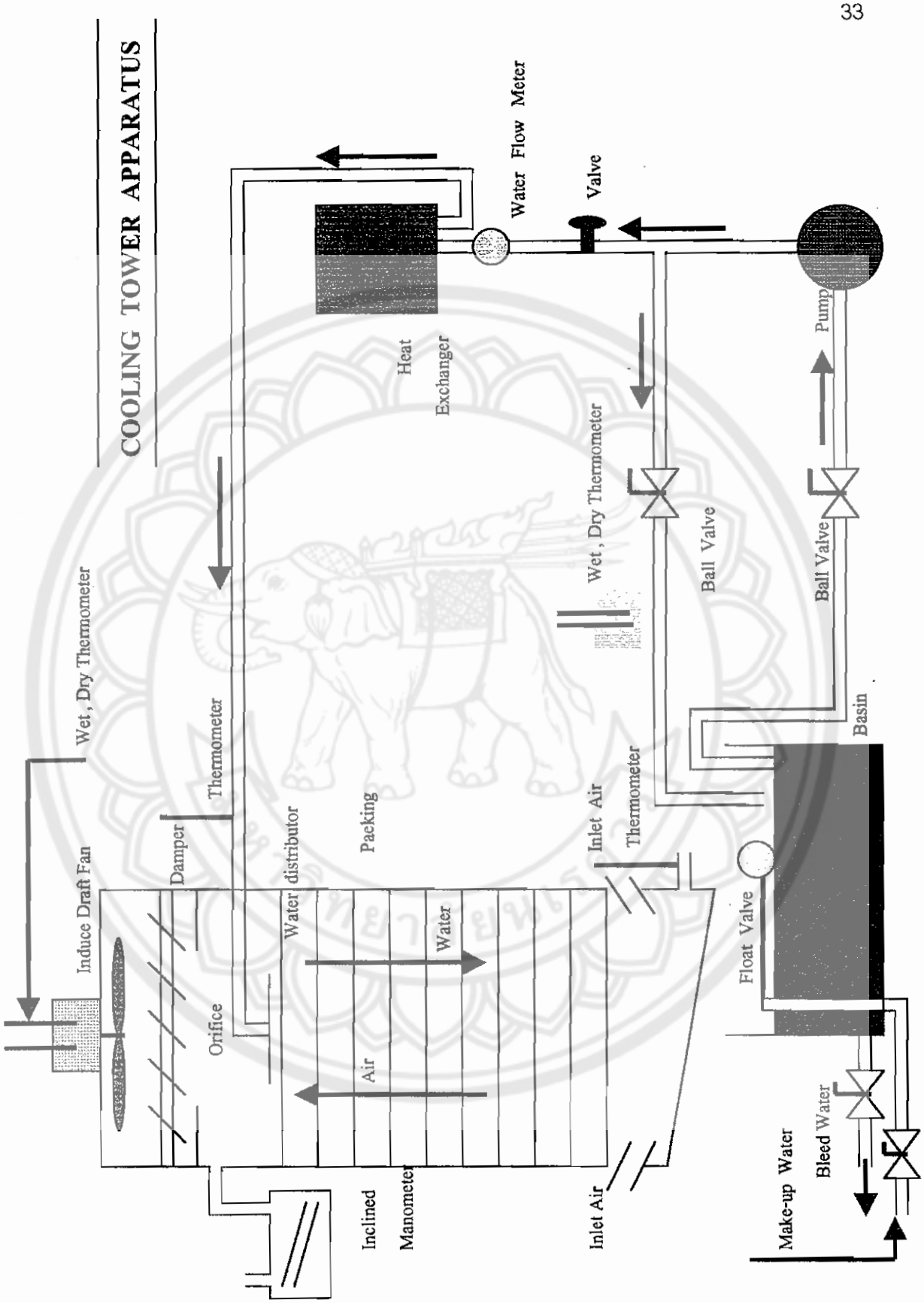
- ปริมาณน้ำเข้า Cooling Tower
- อุณหภูมิอากาศที่เข้า Cooling Tower
- ปริมาณอากาศที่ผ่านเข้า Cooling Tower
- แผงกระจายน้ำ

ดังนั้นในการออกแบบจะเลือกข้อมูลหรือตัวแปรต่าง ๆ ตามความเหมาะสมที่จะออกแบบให้สอดคล้องกับชุดทดลองการทำงานของคูลลิ่งทาวเวอร์ ดังรูปที่ 3.1

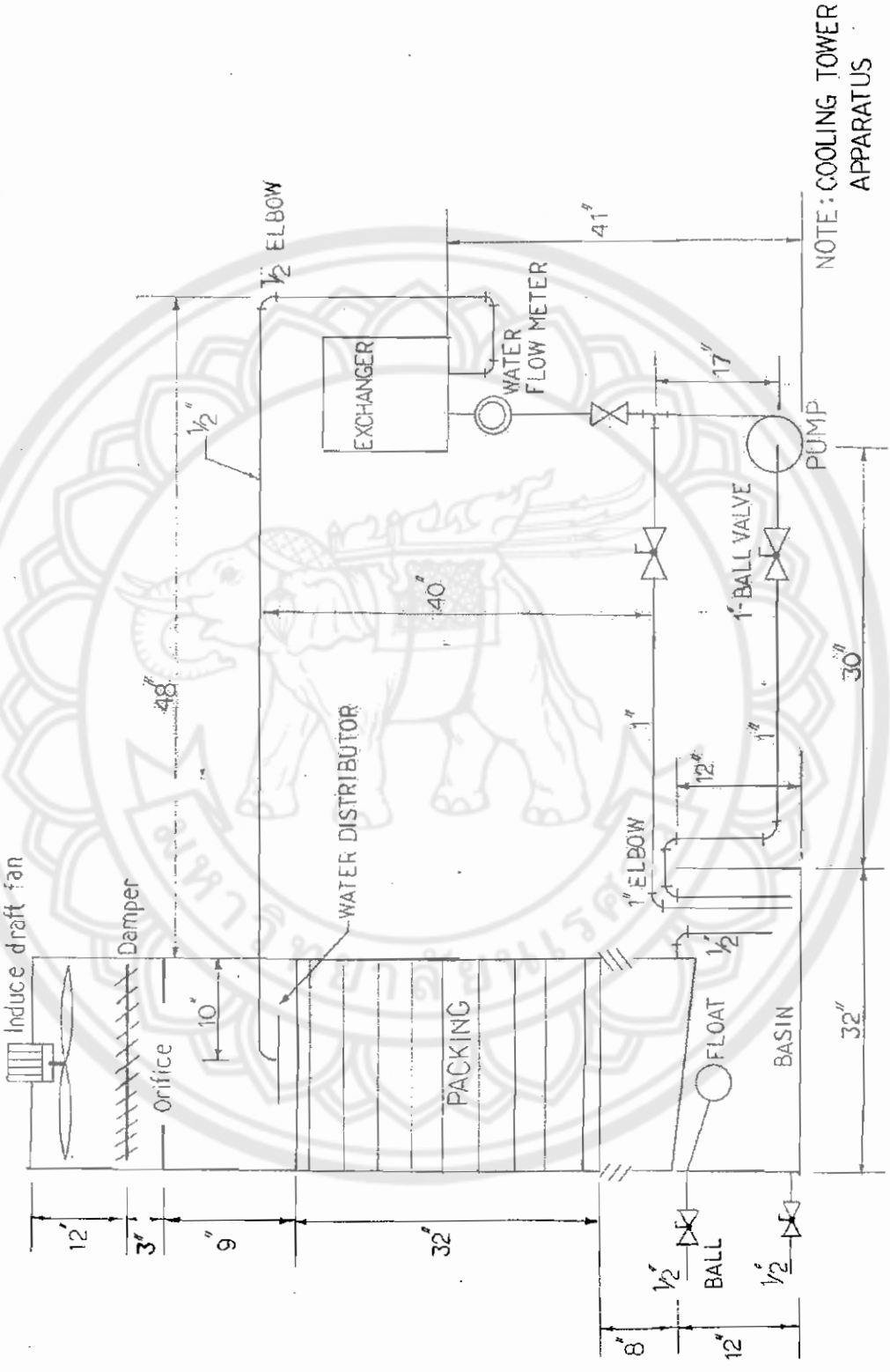
## 3.1 ส่วนประกอบในชุดทดลองการทำงานของ Cooling Tower

- เครื่องทำน้ำอุ่น (Heater)
- ปั๊ม (Pump)
- พัดลมดูดอากาศ (Induce draft fan)
- แผงกระจายน้ำ (Packing)
- โครงเหล็ก
- แผงกันน้ำกระเซ็น (Eliminators)
- มานอมิเตอร์ (Manometer) และ Orifice
- ชุดหัวฉีดน้ำ

- เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำ (Water flow meter)
- อุปกรณ์ปรับปริมาณลม (Damper)
- ท่อ PVC ขนาด 1/2 นิ้ว และ 1 นิ้ว ,ข้อต่อ,ข้องอ และ ฉนวน
- Ball valve , Float valve
- อ่างเก็บน้ำเย็น (Basin)
- เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)




รูปที่ 3.1 วงจรการทำงานของ Cooling Tower




รูปที่ 3.2 Drawing

3.1.1 เครื่องทำน้ำอุ่น

เครื่องทำน้ำอุ่นจะทำหน้าที่เปรียบเสมือนโหลดจำลอง ซึ่งสามารถปรับปริมาณน้ำเข้าได้ ข้อมูลต่าง ๆ ของเครื่องทำน้ำอุ่นมีดังนี้

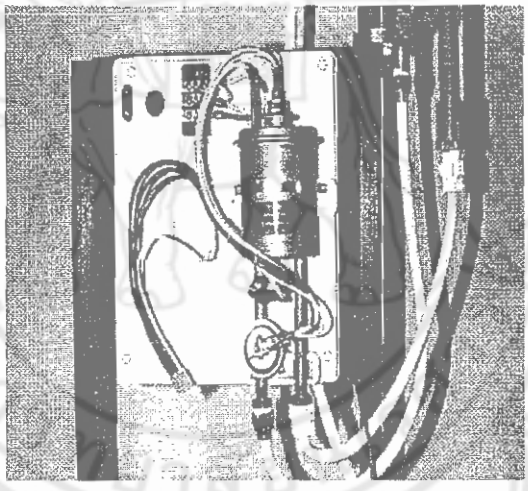
แรงดัน $P_{max}$ = 51.20 psi = 353.01 kPa

$P_{min}$ = 3.00 psi = 20.68 kPa

Heater 5,500 W

25 A , 220 V , 50 Hz

Temperature range 32-57 °C



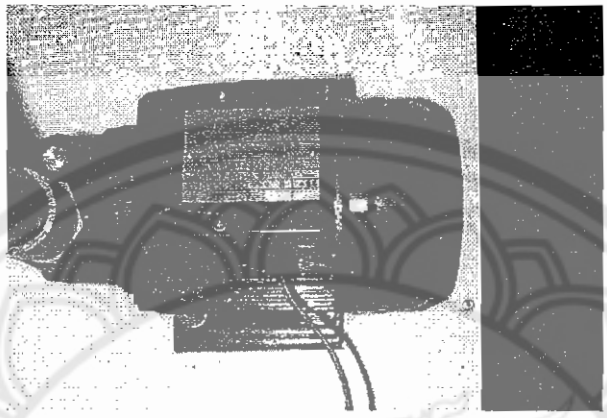
รูปที่ 3.3 เครื่องทำน้ำอุ่น

3.1.2 ปั๊ม ( Pump )

ปั๊มจะเป็นตัวหมุนเวียนน้ำให้กับระบบ เนื่องจากระบบขนาดเล็กจึงไม่ต้องคิดถึงประสิทธิภาพปั๊มและการสูญเสียในท่อเพราะไม่มีผลต่อระบบ และระบบต้องการให้เป็นตัวหมุนเวียนน้ำเท่านั้น ขนาดปั๊มที่เลือกมีข้อมูลดังนี้

Q = 40 l/min , ขนาด 1/2 hp , 2.5 A , 220 V , 0.37 kW

Head = 40 m , 1450 rpm และขนาดท่อดูดและท่อส่ง 1 นิ้ว

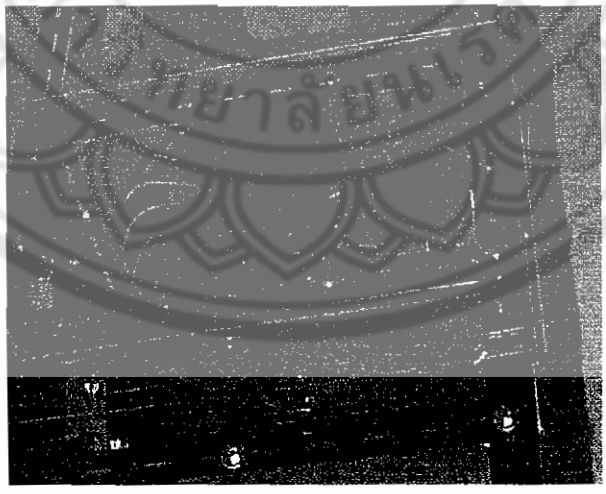


รูปที่ 3.4 ปั๊ม

3.1.3 พัดลมดูดอากาศ ( Induce draft fan )

พัดลมเป็นตัวที่ใช้ดูดอากาศให้เข้าไปหมุนเวียนในระบบเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนจากน้ำให้กับอากาศ ขนาดที่เลือกไว้มีข้อมูลดังนี้

ขนาดใบพัด 16 นิ้ว , 1/4 hp , 1425 rpm , 2.4 A , 220 V



รูปที่ 3.5 พัดลมดูดอากาศ

3.1.4 แผงกระจายน้ำ ( Packing )

ทำจากแผ่น Acrylic ใสและตะแกรงพลาสติกดังรูปที่ 3.6

การคำนวณหาความสูงของแผงกระจายน้ำ ค่าออกแบบกำหนดให้

อุณหภูมิน้ำเข้า $t_{wi} = 48\ ^{\circ}C$

อุณหภูมิน้ำออก $t_{wo} = 40\ ^{\circ}C$

อัตราการไหลของน้ำ $Q_w = 0.67*10^{-3}\ m^3/s$

อัตราการไหลของอากาศ $\dot{m}_a = 1\ kg/s$

พื้นที่ภาคตัดขวางของ Packing ( A ) $= 0.25\ m^2$

อุณหภูมิกระเปาะเปียก $t_{wbi} = 20\ ^{\circ}C$

จากสูตร $\dot{m}_w = \rho_m * Q_w$

$\rho_m = (\rho_{wi}+\rho_{wo})/2$

จากตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติความหนาแน่นของน้ำ

$\rho_{wi} = 988.94\ kg/m^3$

$\rho_{wo} = 992.20\ kg/m^3$

$\rho_m = (988.94+992.20)/2 = 990.57\ kg/m^3$

$\dot{m}_w = 990.57*(0.67*10^{-3}) = 0.66\ kg/s$

จากสูตร $h_{ao} = h_{ai} + (\dot{m}_w * Cp_w * (T_{wi}-T_{wo}))/\dot{m}_a$

$h_{ai} = 57.544\ kJ/kg$

$h_{ao} = 57.544 + (0.66*4.18*(48-40))/1 = 79.61\ kJ/kg$

$h_{am} = (57.544 + 79.61)/2 = 68.58\ kJ/kg$

$t_m = (48+40)/2 = 44\ ^{\circ}C$

จากตารางที่ 2 แสดงคุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์

$h_{wi} = 200.89\ kJ/kg$

$h_{wo} = 167.45\ kJ/kg$

$h_{wm} = (200.89+167.45)/2 = 184.17\ kJ/kg$

$\gamma 1 = h_{wi} - h_{ao} = 200.89 - 79.61 = 121.28$

$\gamma 2 = h_{wo} - h_{ai} = 167.45 - 57.544 = 109.906$

$\gamma m = h_{wm} - h_{am} = 184.17 - 68.58 = 115.586$

$\gamma m/\gamma 1 = 115.586/121.28 = 0.953$

$\gamma m/\gamma 2 = 115.586/109.906 = 1.05$

จากรูปที่ 2.23 แสดงแผนภูมิตัวประกอบสตีเฟ่น อ่าน f ได้เท่ากับ 0.98

จากสูตร $Q^{\bullet}_{w} = m^{\bullet}_{w} * Cp_{w} * (t_{wi} - t_{wo})$

$= 22.07$ kW

$\Delta hm = f * \gamma m = 0.98 * 115.586 = 113.27$ kJ/kg

จากสูตร $K_g = c\,(m^{\bullet}_{w}/A)^{m}\,(m^{\bullet}_{g}/A)^{n}$

$K_g = 0.84(0.66/0.25)^{-0.2}(1/0.25)^{0.27}$

$= 1$

เมื่อ $K_g$ = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตร $(kg/m^3\text{-}s)$

$A$ = พื้นที่ภาคตัดขวาง $(m^2)$

$c, m, n$ = ค่าคงที่สำหรับแผงขยายฟิล์มน้ำ

$c = 0.84$ , $m = -0.2$ , $n = 0.27$

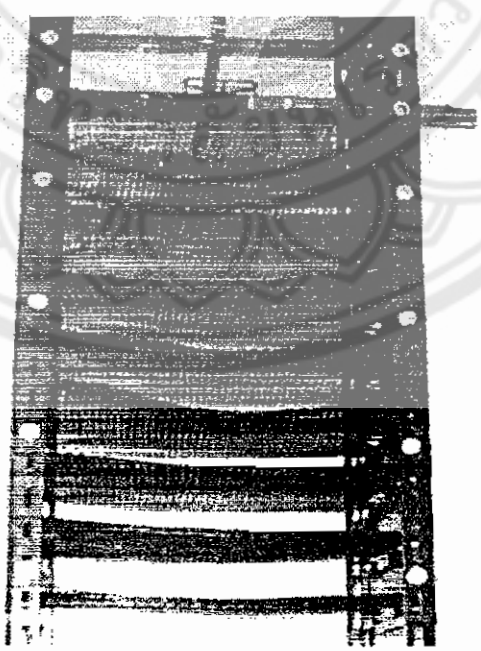
จากสูตร $Q^{\bullet}_{w} = K_g LA(\Delta h_m)$

$L = Q^{\bullet}_{w} / (K_g * A * (\Delta h_m))$

$= 22.07/(1*0.25*113.27)$

$= 0.78$ m

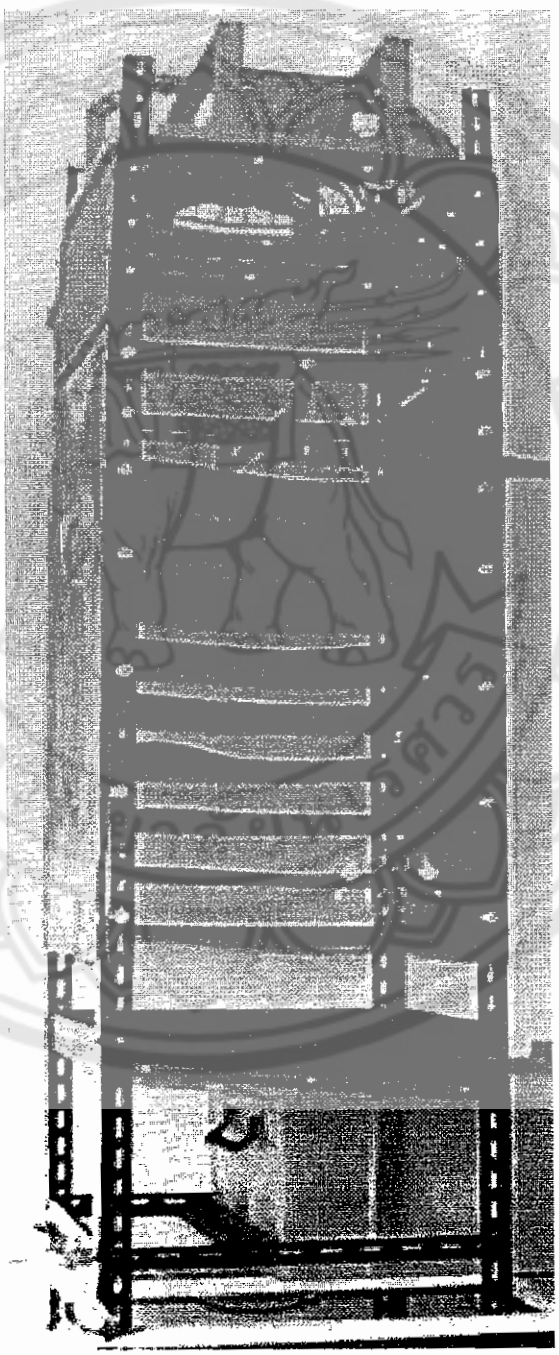
เราจะใช้ความสูงของ Packing เท่ากับ 0.8 m



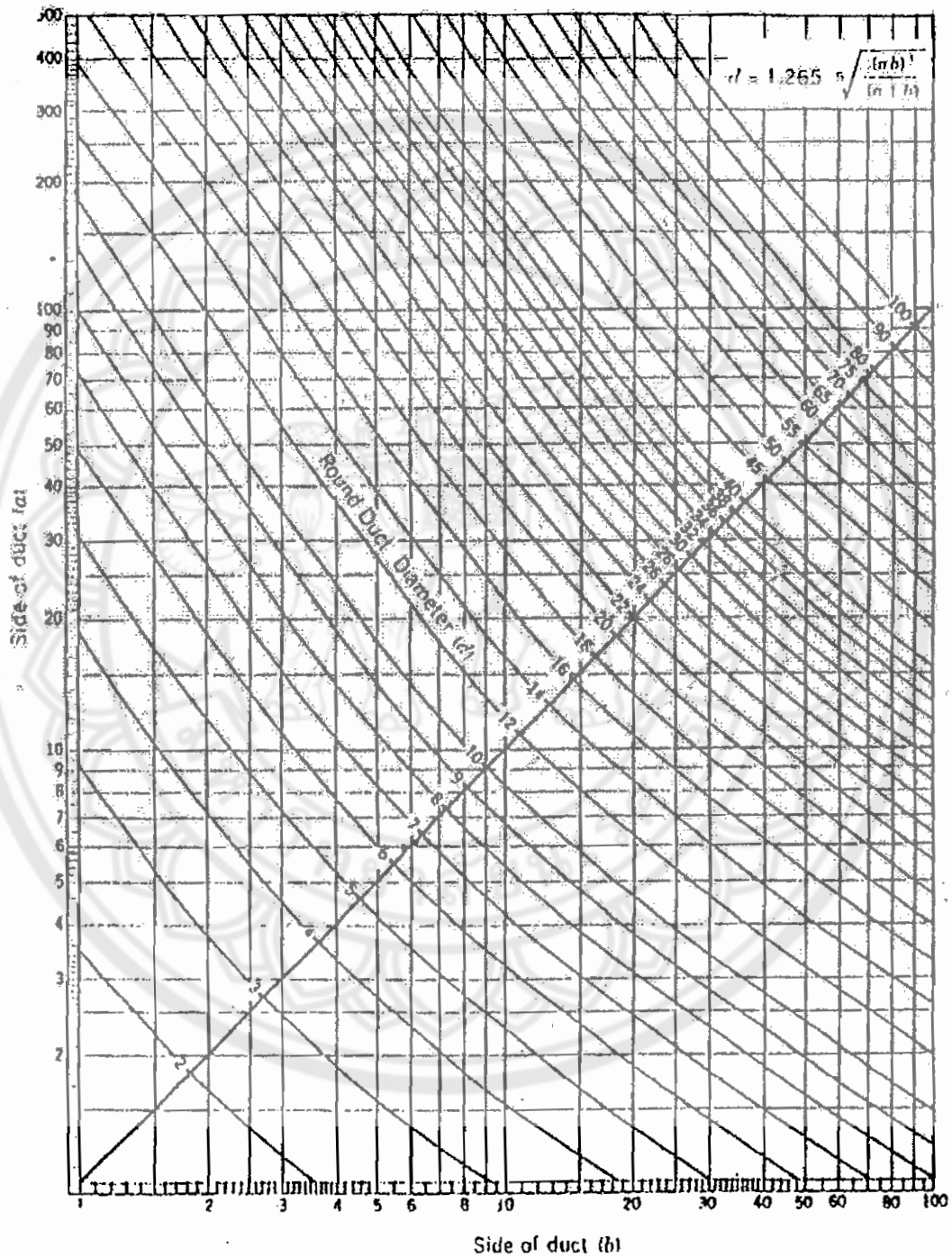
รูปที่ 3.6 แผงกระจายน้ำ

3.1.5 โครงเหล็กและส่วนตัวถัง

ตัวโครงจะทำจากเหล็กเพื่อความแข็งแรง และโครงจะสามารถถอดแยกจากกันได้ดังรูปที่ 3.7 เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้าย ส่วนของตัวถังจะเป็น แผ่น Acrylic ใสเพื่อที่จะสามารถมองเห็นลักษณะการทำงานและส่วนประกอบภายในได้ชัดเจน



รูปที่ 3.7 โครงเหล็กส่วนตัวถังและโครงเหล็กพัดลม




รูปที่ 3.8 แผนภูมิท่อกลมสมมูล

( ที่มา : การปรับอากาศ , ผศ.สุรพล พฤกษพานิช )

3.1.6 Manometer และ Orifice

มานอมิเตอร์ (Manometer) เป็นลักษณะ Inclined Manometer ซึ่งใช้สำหรับวัดความดันที่มีค่าน้อย ๆ ซึ่งมีลักษณะอยู่ในแนวเอียง จะช่วยแบ่งระยะในแนวดิ่งได้ละเอียดขึ้น ทำให้อ่านค่าได้เที่ยงตรงขึ้น

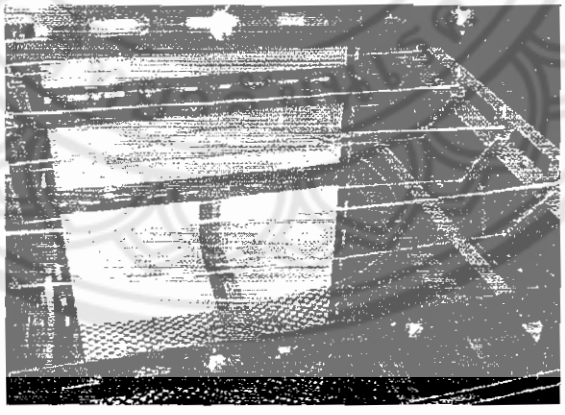
Orifice การเลือกขนาด Orifice จะต้องแปลงท่อสี่เหลี่ยม ( ส่วน Body ของ Cooling Tower ) ให้เป็นท่อกลมสมมูล โดยอาศัยแผนภูมิรูปที่ 3.8 ขนาดของ Body มีขนาดเท่ากับแผงกระจายน้ำ ( Packing ) คือ 50 x 50 cm แต่แผนภูมิสมมูลเป็นหน่วยนิ้ว ดังนั้นจึงต้องแปลงหน่วยก่อน จาก 2.54 cm = 1 นิ้ว ดังนั้นท่อขนาด 50 cm เท่ากับ (50/2.54) = 20 นิ้วจะได้ขนาดท่อกลมสมมูลเท่ากับ 20x20 นิ้ว จากการอ่านค่าจากแผนภูมิจะได้ขนาดท่อเท่ากับ 22 นิ้ว และรูปที่ 2.25 flow coefficient อัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลาง Orifice ต่อเส้นผ่านศูนย์กลางท่อมีค่า 0.2 , 0.4 , 0.55 , 0.6 เลือกอัตราที่เท่ากับ 0.6 เพราะฉะนั้นขนาดของ Orifice เท่ากับ

$$(D_{orifice}/D_{pipe}) = 0.6$$

$$D_{orifice} = 0.6*22$$

$$= 13.2 \text{ in}$$

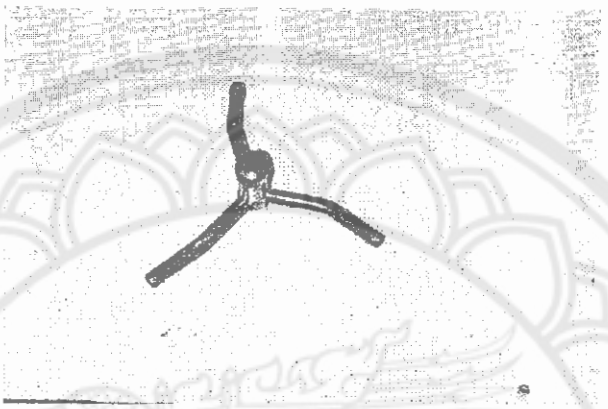
$$= 0.335 \text{ m}$$



รูปที่ 3.9 Orifice

3.1.7 ชุดหัวฉีดน้ำ

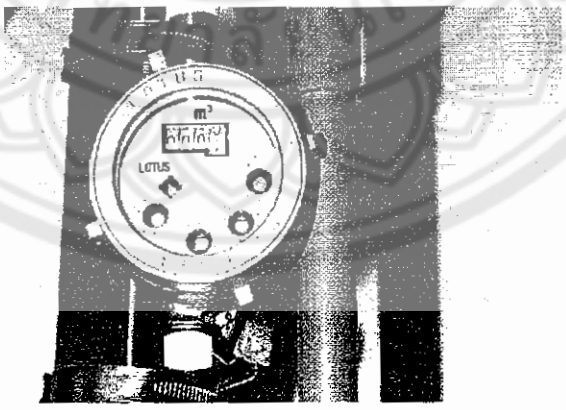
ทำจากทองเหลือง โดยเจาะรูและสามารถหมุนได้ด้วยแรงเหวี่ยงจากแรงดันของน้ำ



รูปที่ 3.10 ชุดหัวฉีดน้ำ

3.1.8 อุปกรณ์วัดอัตราไหลของน้ำ (Water flow meter)

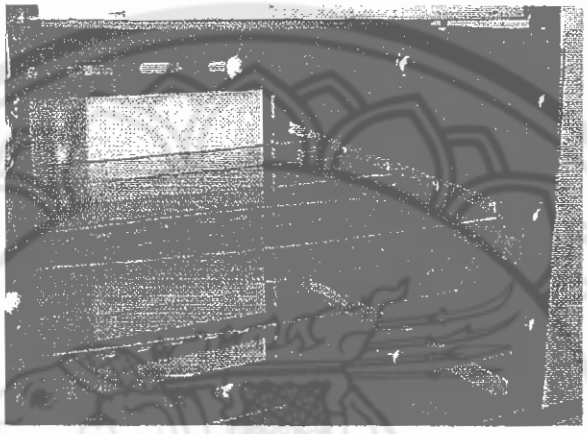
มิเตอร์วัดการใช้น้ำทั่ว ๆ ไป ซึ่งใช้วัดอัตราการใช้น้ำประปาที่ใช้ตามที่อยู่อาศัย แต่ต้องอาศัยนาฬิกาจับเวลาเพื่อวัดอัตราการไหลเทียบกับเวลา เพราะมิเตอร์วัดน้ำวัดได้ในหน่วย $m^3$ เท่านั้น




รูปที่ 3.11 อุปกรณ์วัดอัตราไหลของน้ำ

3.1.9 อุปกรณ์ปรับปริมาตรลม ( Damper )

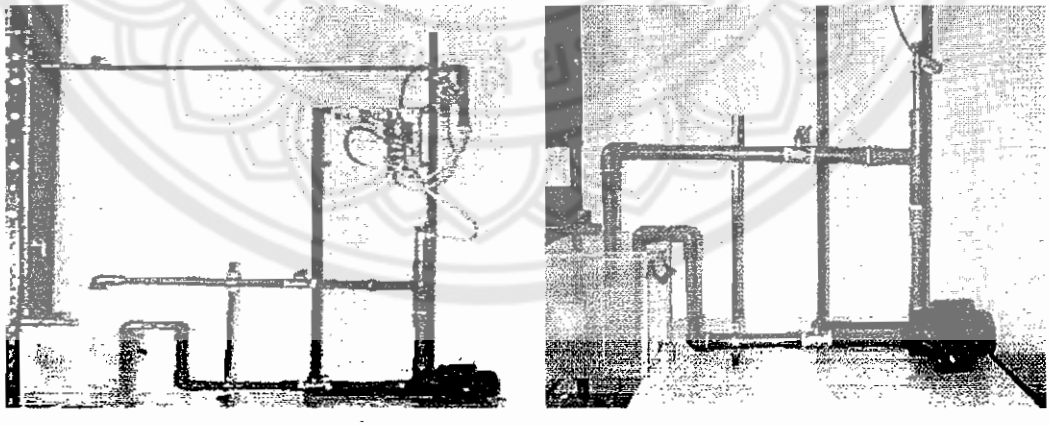
จะประยุกต์หน้าต่างบานเกล็ดทั่ว ๆ ไปมาใช้แต่เปลี่ยนจากกระจกเป็นแผ่น Acrylic แทน



รูปที่ 3.12 อุปกรณ์วัดอัตราไหลของลม

3.1.10 ท่อ PVC ,ข้องอ ,ข้อต่อ ,ข้อลดและการเดินท่อน้ำ

ท่อใช้ขนาด ½ นิ้ว และ 1 นิ้วและข้อต่อ,ข้องอต่าง ๆ ตามขนาดท่อ



รูปที่ 3.13 ระบบท่อน้ำ

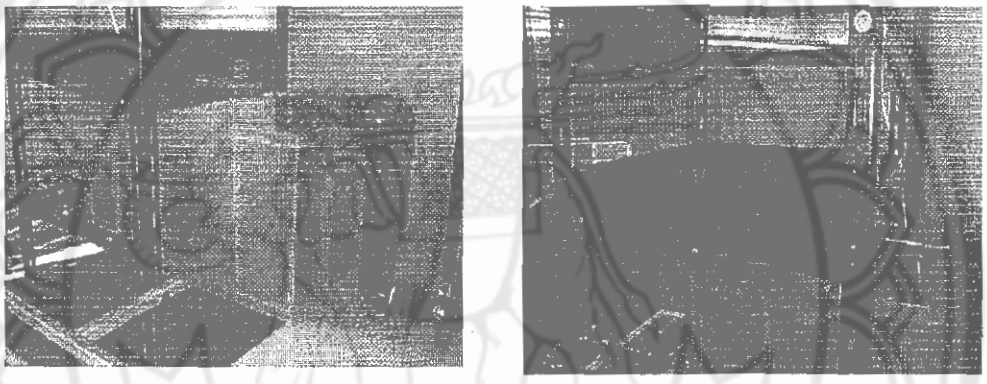
3.1.11 Ball valve และ Float valve

-Ball valve เป็นลักษณะทั่ว ๆ ไปที่มีในท้องตลาดซึ่งจะใช้ตามขนาดท่อคือ 1/2 นิ้ว และ 1 นิ้วเพื่อปรับอัตราการไหลของน้ำ

- Float valve จะติดไว้ในส่วนอ่างเก็บน้ำเพื่อควบคุมอัตราน้ำ Make-up Water

3.1.12 อ่างเก็บน้ำ ( Basin ) และ อ่างรองน้ำ

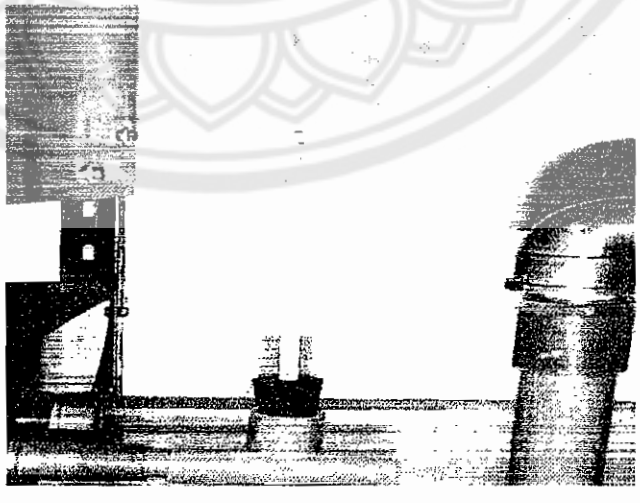
อ่างเก็บน้ำใช้ถังพลาสติกสี่เหลี่ยมขนาด 42.5x62.5x31 cm แต่อ่างรองน้ำทำจาก Acrylic ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 อ่างเก็บน้ำและอ่างรองน้ำ

3.1.13 เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer )

- Thermometer ช่วงอุณหภูมิ 0-50 $^{\circ}$C และ 0-100 $^{\circ}$C



รูปที่ 3.15 เทอร์โมมิเตอร์

## 3.2 การดำเนินการจัดสร้าง

3.2.1 จัดซื้ออุปกรณ์

3.2.2 ประกอบโต๊ะ

- ตัดเหล็กให้ขนาดตามที่ออกแบบ
- เชื่อมเหล็กที่ตัดเข้าด้วยกันจนเป็นโต๊ะ
- ตัดเหล็กทำฐานล้อ และติดล้อหกล้อ
- ทาสีโต๊ะ ปูนพื้นฟอร์เมกาบนไม้อัด และนำมาปูบนโต๊ะ

ปัญหาที่เกิดขึ้น

- รอยเชื่อมไม่แข็งแรง ต้องทำการเชื่อมใหม่

3.2.3 ประกอบโครงเหล็กส่วนตัวถัง

- ตัดเหล็กฉาก และนำมาประกอบเป็นโครงโดยใช้วิธีเชื่อม
- ยึดโครงเหล็กติดกับโต๊ะ

ปัญหาที่เกิดขึ้น

- การประกอบเหล็กฉากเป็นโครงเหล็กส่วนตัวถังในตอนแรกใช้น็อตยึด ทำให้โครงสร้างไม่แข็งแรงจึงแก้ไขโดยใช้วิธีการเชื่อมแทน

3.2.4 ประกอบชุดแผงกระจายน้ำ

- ตัดแผ่น Acrylic สองแผ่น
- ตัดตะแกรงพลาสติกจำนวน 9 แผ่น
- ติดตะแกรงพลาสติกเข้ากับแผ่น Acrylic โดยใช้น็อตยึด

ปัญหาที่เกิดขึ้น

- แผ่น Acrylic แตกเนื่องจากการขันน็อตแน่นเกินไป

3.2.5 ประกอบชุดอ่างเก็บน้ำและอ่างรองน้ำ

- เจาะรูถังพลาสติกติดวาล์วลูกลอย
- เจาะรูต่อท่อ Make-up water ต่อท่อน้ำออกและติดวาล์ว
- ตัด Acrylic มาประกอบเป็นอ่างรองน้ำ เจาะรูน้ำออกเพื่อติดเทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิ

ปัญหาที่เกิดขึ้น

- อ่างรองน้ำมีน้ำรั่ว แก้ไขโดยใช้กาวอุดตามรอยรั่วต่างๆ

3.2.6 ประกอบชุดพัดลม

- ตัดเหล็กฉาก ใช้น้อตยึดทำโครงพัดลม
- ตัด Acrylic มาประกอบกับบานเกร็ดทำเป็นอุปกรณ์ปรับปริมาตรลม
- ตัด Acrylic ทำแผ่น Orifice
- นำพัดลม อุปกรณ์ปรับปริมาตรลมและ Orifice ประกอบเข้ากับโครงพัดลม

ปัญหาที่เกิดขึ้น

- พัดลมดูดอากาศไม่มีขายจึงต้องใช้พัดลมเป่าอากาศ แต่ต้องต่อกลับขั้ว
- พัดลมไม่สามารถติดกับโครงพัดลมได้ จึงต้องตัดปลายฐานของพัดลมออกบางส่วน

3.2.7 ประกอบชุดเครื่องทำน้ำอุ่น

- ตัดเหล็กนำมาเชื่อมทำโครงเครื่องทำน้ำอุ่น
- นำเครื่องทำน้ำอุ่นติดกับโครง และยึดโครงติดกับโต๊ะ

3.2.8 ประกอบชุดปั๊มและท่อน้ำ

- ติดตั้งปั๊มบนพื้นโต๊ะ
- เดินท่อน้ำจากอ่างเก็บน้ำเข้าสู่ปั๊มทางท่อดูด
- เดินท่อน้ำออกจากปั๊มโยแบ่งเป็นสองทาง คือ เข้าเครื่องทำน้ำอุ่นและต่อกลับลงอ่างเก็บน้ำ
- ติดอุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำ ที่ทางเข้าเครื่องทำน้ำอุ่น
- เดินท่อน้ำออกจากเครื่องทำน้ำอุ่นไปยังสปริงเกอร์ โดยสปริงเกอร์ยึดติดกับโครงเหล็กเหนือแผงกระจายน้ำ

ปัญหาที่เกิดขึ้น

- ท่อน้ำมีรอยรั่ว จึงต้องพันเกลียวให้แน่น
- น้ำที่ฉีดจากสปริงเกอร์กระจายไม่พอต้องเจาะรูเพิ่ม

3.2.9 ประกอบชุดกันน้ำกระเซ็นบริเวณทางเข้าอากาศ

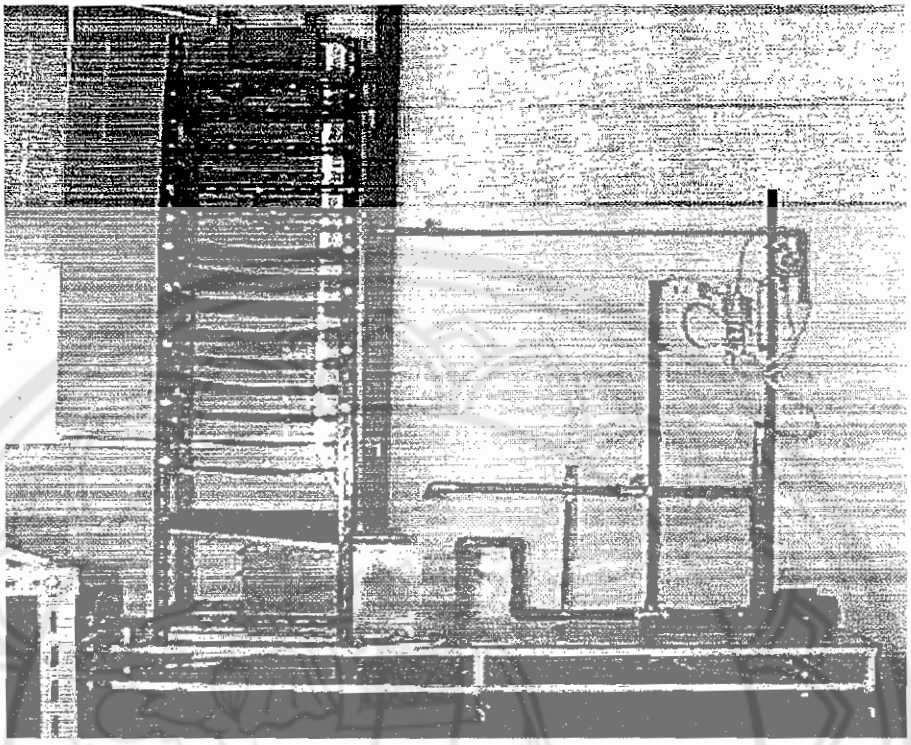
- ตัดเหล็กแผ่นบางๆ มาเจาะเป็นร่อง แล้วเชื่อมติดกัน
- ตัด Acrylic ติดที่ร่องเหล็กที่เจาะไว้
- นำชุดเหล็กที่ได้ไปติดกับด้านล่างส่วนตัวถัง

3.2.10 นำชุดแผงกระจายน้ำไปติดกับโครงเหล็กส่วนตัวถัง โดยใช้น้อตยึด

3.2.11 นำชุดพัดลมไปติดข้างบนโครงเหล็กส่วนตัวถัง

3.2.12 นำกาวมาอุดรอยรั่วต่างๆ

3.2.13 ติดเทอร์โมมิเตอร์ตามจุดต่างที่ออกแบบไว้



รูปที่ 3.16 Cooling Tower Apparatus

**3.3 หลักการทำงานของ Cooling Tower Apparatus**

การทำงานของ Cooling Tower Apparatus แบบอากาศไหลสวนทางกับน้ำ ( ดังรูป3.16 ) น้ำเย็นในอ่างเก็บน้ำ ( Basin ) จะถูกดูดโดยปั๊ม ( Pump ) และส่งไปยังเครื่องทำน้ำอุ่น( Heater ) น้ำที่ออกจากเครื่องทำน้ำอุ่นจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นกลายเป็นน้ำร้อน น้ำร้อนจะไหลเข้าสู่หัวฉีดน้ำ ( Water Distributor ) และจะจ่ายน้ำร้อนออก น้ำร้อนขณะไหลออกจากหัวฉีดน้ำ จะมีแรงขับดันทำให้ หัวฉีดน้ำหมุนรอบแกน น้ำร้อนจะราดลงบนแผงกระจายน้ำ ( Packing ) แผง กระจาย น้ำจะทำหน้าที่แผ่กระจายน้ำร้อนออกเป็นพื้นที่กว้าง น้ำร้อนจะไหลลงสู่เบื้องล่างด้วยแรงดึงดูดของโลก พัดลม ( Induce Draft Fan ) จะดูดอากาศเข้าทางช่องอากาศเข้า ( Inlet Air ) ผ่านแผงกระจายน้ำ สวนทางกับทิศการไหลของน้ำ ขณะที่น้ำไหลสวนทางกับอากาศ น้ำร้อนจะถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศ กลายเป็นน้ำเย็น น้ำเย็นในอ่างเก็บน้ำเย็นจะถูกปั๊มดูดเข้าสู่ระบบการทำงานอีกครั้งโดยหมุนเวียนเป็นวัฏจักร

**3.4 ขั้นตอนการทดลอง**

1. เปิดน้ำเข้าอ่างเก็บโดยมีวาล์วลูกลอยควบคุมระดับน้ำ
2. อ่านค่าผลต่างความดันเริ่มต้นจากมานอมิเตอร์
3. เปิดพัดลม ปรับอุปกรณ์ปรับปริมาตรอากาศให้ได้ผลต่างความดันจากมานอร์มิเตอร์มีค่าสูงสุด ซึ่งมีค่าประมาณ 4 $mmH_2O$
4. เปิดปั๊มน้ำ ปรับอัตราการไหลของน้ำให้ได้ค่า $Q_w$ (ค่าแนะนำ : ประมาณ 1 ลิตรต่อ 11 วินาที) โดยใช้นาฬิกาจับเวลา ( ถ้าปั๊มดูดน้ำไม่ขึ้นให้ทำการล่อน้ำ )
5. เปิดเครื่องทำน้ำอุ่น ปรับอุณหภูมิน้ำเข้าให้ได้ค่า $t_{wi}$ ประมาณ 42 $^{\circ}C$
6. รอประมาณ 10 นาทีเพื่อให้ระบบเข้าสู่สภาวะสมดุล ทำการบันทึกค่าอุณหภูมิน้ำเข้า($t_{wi}$) ,น้ำออก($t_{wo}$) , อุณหภูมิอากาศเข้า($t_{ai}$) , อากาศออก($t_{ao}$) ทั้งกระเปาะเปียก (CWB)และกระเปาะแห้ง (CDB), อัตราการไหลของน้ำ ($Q_w$ )และผลต่างความดันจากมานอร์มิเตอร์ลงในตารางบันทึกผลการทดลอง
7. ทำการทดลองซ้ำ ข้อ 6. แต่ปรับอัตราการไหลของอากาศให้ได้ค่าผลต่างความดันจากมานอร์มิเตอร์มีค่าประมาณ 2.5 $mmH_2O$
8. ทำการทดลองซ้ำ ข้อ 5 – 7 แต่เปลี่ยนอุณหภูมิน้ำเข้าให้ได้ค่า $t_{wi}$ ประมาณ 38 $^{\circ}C$
9. ทำการทดลองซ้ำ ข้อ 5 – 7 แต่เปลี่ยนอุณหภูมิน้ำเข้าให้ได้ค่า $t_{wi}$ ประมาณ 34 $^{\circ}C$
10. ทำการทดลองซ้ำ ข้อ 3 – 9 แต่เปลี่ยนอัตราการไหลของน้ำให้ได้ค่า $Q_w$ (ค่าแนะนำ : ประมาณ 1 ลิตรต่อ 16 วินาที) โดยใช้นาฬิกาจับเวลา
11. เมื่อทำการทดลองเสร็จให้ปิดสวิตช์เครื่องทำน้ำอุ่น ปั๊ม และพัดลมตามลำดับ (ต้องปิดเครื่องทำน้ำอุ่นก่อนปิดปั๊มทุกครั้งเพื่อความปลอดภัย )
12. นำค่าที่บันทึกไปคำนวณหา อัตราการไหลของน้ำโดยมวล ( $\dot{m}_w$ ) , อัตราการไหลของอากาศโดยมวล ( $\dot{m}_a$ ), อัตราการถ่ายเทความร้อนของน้ำ ( $\dot{Q}_w$ ) , อัตราการถ่ายเทความร้อนของอากาศ ( $\dot{Q}_a$ ) และประสิทธิผลการถ่ายเทความร้อน ($\varepsilon$)
13. นำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ และพล็อตกราฟระหว่าง $\dot{Q}_w$ , $\dot{Q}_a$ กับ ข้อมูล, $\varepsilon$ กับเงื่อนไขการทดลอง และระหว่างเอนทาลปีกับ อุณหภูมิน้ำ