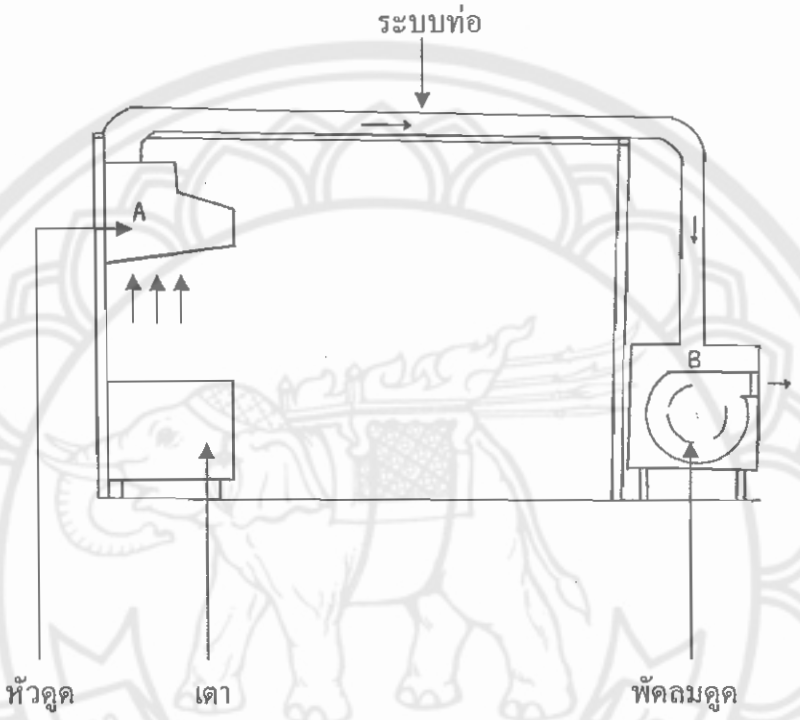
บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 ข้อมูลของห้องครัวก่อนการขยายโรงงาน



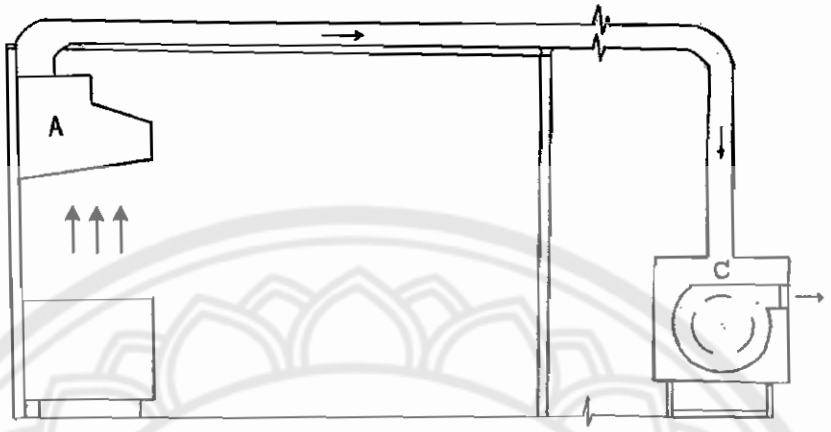
รูปที่ 18 ระบบระบายอากาศของห้องครัวก่อนการขยายโรงงาน

3.1.1 ระยะของหัวดูดกับพัดลมดูดตามระบบท่อ จาก A ถึง B เท่ากับ 36.08 ft

3.1.2 พัดลมที่ใช้มีความเร็วรอบ 1399 รอบต่อนาที กำลังไฟฟ้า 1.1 กิโลวัตต์

3.1.3 จากข้อมูลก่อนการขยายโรงงานระบบระบายอากาศภายในห้องครัวของโรงงงาน เป็นไปตาม มาตรฐานของ ACGIH

3.2 ข้อมูลของห้องครัวหลังขยายโรงงาน



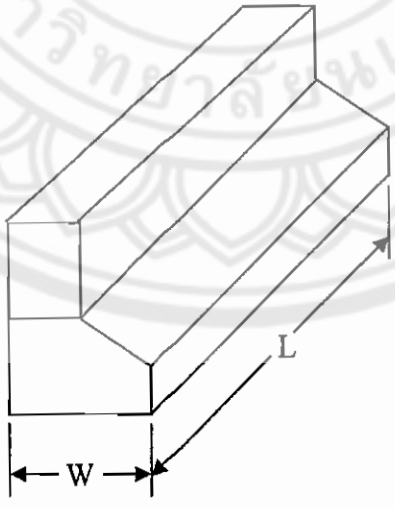
รูปที่ 19 ระบบระบายอากาศของห้องครัวหลังขยายโรงงาน

3.2.1 ระยะของหัวดูดกับพัดลมดูดตามระบบท่อ A ถึง C เท่ากับ 75.46 ft

3.2.2 พัดลมที่ใช้มีความเร็วรอบ 1399 รอบต่อนาที กำลังไฟฟ้า 1.1 กิโลวัตต์

3.2.3 ระบบระบายไม่เป็นตามมาตรฐานของ ACGIH

3.3 ข้อมูลของหัวดูดก่อนการแก้ไข



รูปที่ 20 หัวดูดของระบบระบายอากาศ

3.3.1 หัวดูดเป็นแบบติดผนัง

3.3.2 มีความกว้าง เท่ากับ 0.935 ft, ความยาว เท่ากับ 6.562 ft

3.3.3 มีพื้นที่หน้าตัดหัวดูด เท่ากับ 6.135 ft^2

3.2.4 อัตราการไหลของอากาศบริเวณหัวดูด เท่ากับ 40 cfm/ft^2 (245.4 cfm)

ทำการวัดความเร็วลมโดยกำหนดจุดตรวจวัดบริเวณปากหัวดูด ดังรูปที่ 21

41	45	42	41	39
34	45	44	44	43
39	35	40	33	30

รูปที่ 21 แสดงการหาความเร็วบริเวณปากหัวดูด(ft/min)

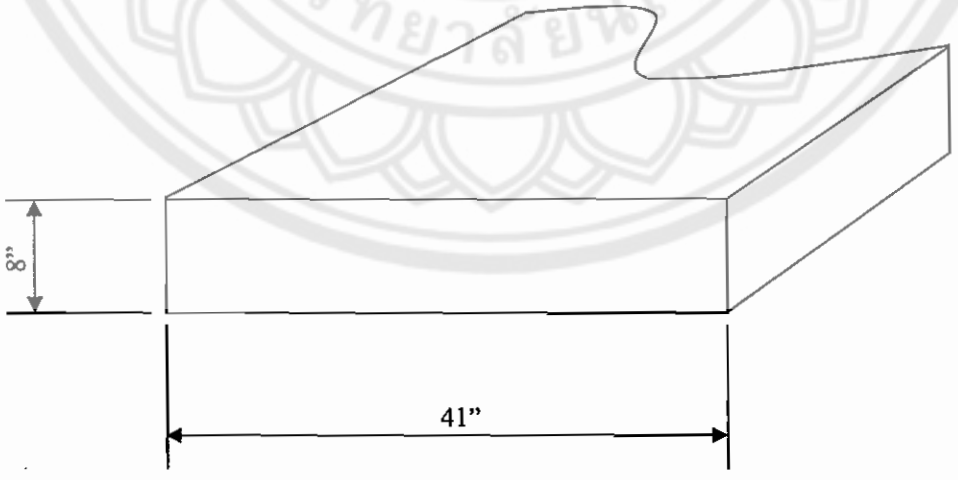
3.4 ระบบท่อ

3.4.1 ท่อมีความสูง เท่ากับ 8 in, กว้าง เท่ากับ 41 in, ยาว เท่ากับ 985 in

3.4.2 ท่อเลี้ยวมี 2 จุด มีรัศมีความโค้ง เท่ากับ 10 in

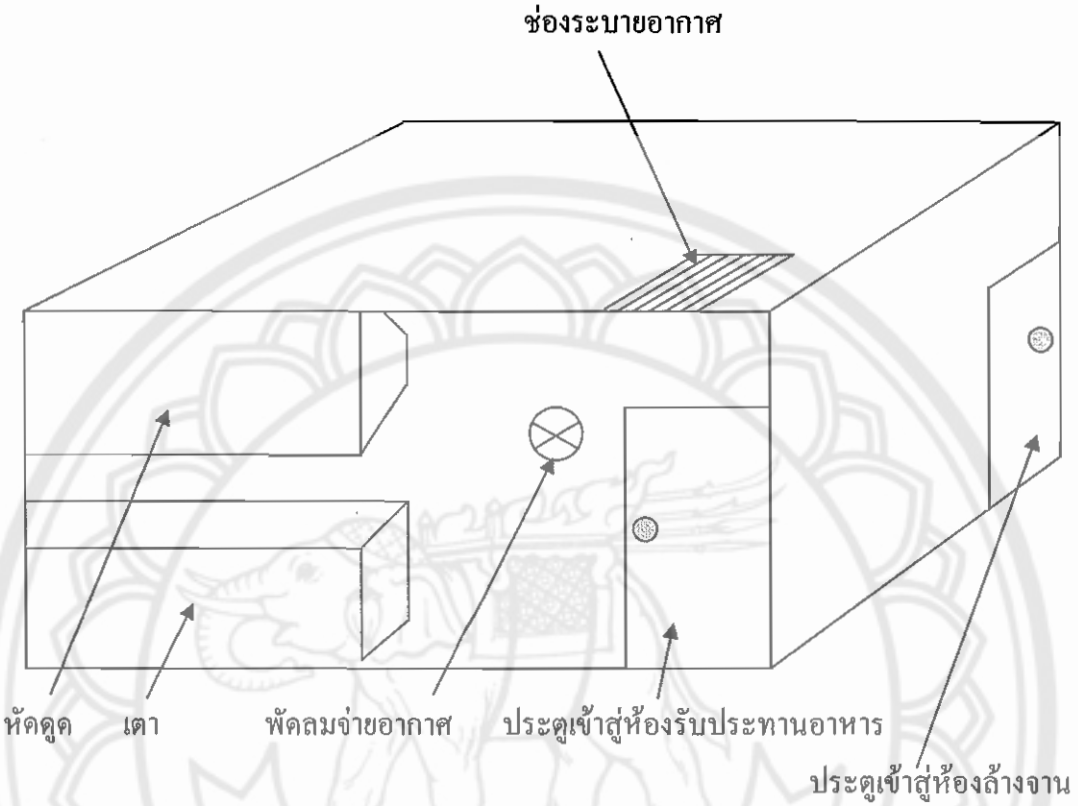
3.4.3 ท่อเลี้ยวทำมุม 90 องศา

3.4.4 ท่อทำจาก เหล็กเคลือบสังกะสี



รูปที่ 22 แสดงพื้นที่หน้าตัดท่อ

3.5 รูปแบบของห้องครัว



รูปที่ 23 แสดงลักษณะของห้องครัว

3.5.1 ปริมาตรของห้องครัว เท่ากับ 2719.07 ft^3

3.5.2 พัดลมที่จ่ายอากาศมีความเร็วลม เท่ากับ 865.50 ft/min (เป็นพัดลมไหลตามแนวแกน) และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.33 ft

3.5.3 ช่องระบายอากาศเป็นช่องที่ให้อากาศ เข้า หรือ ออก ได้ตามธรรมชาติ

3.6 การคำนวณหาขนาดพัดลมดูดตัวใหม่

เนื่องจากมีการขยายโรงงาน ทำให้ระหว่างหัวดูดกับพัดลมดูดมีระยะห่างมากขึ้น ดังนั้นจึงต้องคำนวณและออกแบบขนาดพัดลมดูดใหม่

3.6.1 ในการคำนวณจะใช้วิธีความดันจลน์ (Velocity Pressure Method) โดยจะแบ่งเป็นรายการดังต่อไปนี้

รายการที่ 1 อัตราการไหลของอากาศที่ผ่านท่อหรือหัวดูดในช่วงที่กำลังพิจารณา (Volume Flow Rate) อัตราการไหลของอากาศที่หัวดูดในช่วงที่พิจารณาจากข้อมูลของ ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) การระบายอากาศของห้องครัวต้องการอัตราการไหลของอากาศ

$$Q = 80 \text{ cfm/ft}^2$$

เมื่อ

W = ความกว้างของหัวดูด เท่ากับ 0.935 ft

L = ความยาวของหัวดูดเท่ากับ 6.562 ft

A = พื้นที่หน้าตัดของหัวดูด (WL) มีค่าเท่ากับ 6.135 ft^2

Q = อัตราการไหลของอากาศ = 80 x 6.135 = 490.8 cfm

รายการที่ 2 ความเร็วต่ำสุดของอากาศในท่อ (Minimum Duct Velocity, V_d)

จากสมการ (4) ความดันจลน์ของอากาศในท่อ (VP_d)

$$VP_d = [V_d / 4005]^2 \qquad (4)$$

เมื่อ

V_d = ความเร็วต่ำสุดของอากาศในท่อ (ft/min)

= 490.8 / 2.29 = 214.323 ft/min

A = **พื้นที่หน้าตัดของท่อ = 0.67 x 3.42 = 2.29 ft^2**

ดังนั้น

$$VP_d = [214.323 / 4005]^2 = 0.003 \text{ in.wg}$$

รายการที่ 3 พื้นที่หน้าตัดของช่องแคบ (แผ่นกรองไขมัน) ที่อากาศไหลผ่าน (Slot Area) ช่องแคบกว้าง 0.067 ft, ยาว 0.820 ft

ดังนั้น พื้นที่หน้าตัดของช่องแคบเท่ากับ $0.067 \times 0.820 = 0.062\ ft^2$

รายการที่ 4 ความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านช่องแคบ (Slot Velocity, V_s) หาได้จากการหารอัตราการไหลในรายการที่ 1 ด้วยพื้นที่หน้าตัดของช่องแคบในรายการที่ 3

$V_s = Q/A$ (A คือ พื้นที่หน้าตัดช่องแคบ)

$= 490.8/0.062$

$= 7916$ fpm

รายการที่ 5 ความดันจลน์ของอากาศซึ่งไหลผ่านช่องแคบที่ความเร็วของอากาศตามรายการที่ 4 (Slot Velocity Pressure, VP_s)

$VP_s = (V_s / 4005)^2$

$= (7916 / 4005)^2$

$= 3.91$ in.wg

รายการที่ 6 แฟกเตอร์การสูญเสียความดันของอากาศในช่องแคบ (Slot Loss Factor, F_h) หาได้จากตารางที่ 1 ซึ่งที่ช่องทางเข้าเป็นช่องรูปกรวย (Cone) ค่าแฟกเตอร์การสูญเสียความดันของอากาศที่ไหลเข้าช่องรูปกรวย (F_h) และมีมุม 90 องศา

$F_h = 0.25$

รายการที่ 7 แฟกเตอร์การสูญเสียความดันเนื่องจากความเร่งของอากาศที่ไหลเข้าช่องแคบ (Acceleration Loss Factor, F_h) ซึ่งจะมีค่าเป็น 0 หรือ 1 เท่านั้น โดยหากความเร็วของอากาศที่ผ่านช่องแคบมีค่าน้อยกว่า ความเร็วของอากาศในท่อ ($V_s < V_d$) แฟกเตอร์การสูญเสียจะมีค่าเป็น 0 แต่ถ้าความเร็วของอากาศที่ผ่านช่องแคบมีค่ามากกว่า ความเร็วของอากาศในท่อ ($V_s > V_d$) แฟกเตอร์การสูญเสียจะมีค่าเป็น 1

เนื่องจากค่าความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านช่องแคบ มากกว่าความเร็วของอากาศในท่อ ($V_s > V_d$) ดังนั้น $F_h = 1$

รายการที่ 8 การสูญเสียความดันที่กล่องลมต่อความดันจลน์ของอากาศซึ่งไหลผ่านช่องแคบ (Plenum Loss per VP_s) หาได้จากผลรวมระหว่างแฟกเตอร์การสูญเสียความดันของอากาศที่ไหลเข้าสู่ช่องแคบในรายการที่ 6 และแฟกเตอร์การสูญเสียความดันอันเนื่องจากความเร่งของอากาศที่ไหลเข้าสู่ช่องแคบในรายการที่ 7

$$\text{Plenum Loss per } VP_s = 0.25 + 1 = 1.25$$

รายการที่ 9 การสูญเสียความดันที่กล่องลม (ความดันสถิต)ในหน่วย in.wg (Plenum SP) ซึ่งหาได้จากการคูณความดันจลน์ของอากาศซึ่งไหลผ่านช่องแคบตามรายการที่ 5 เข้ากับกาสูญเสียความดันที่กล่องลมต่อความดันจลน์ของอากาศซึ่งไหลผ่านช่องแคบในรายการที่ 8

$$\text{Plenum SP} = VP_s(\text{Plenum Loss per } VP_s)$$
$$= 3.91 \times 1.25$$
$$= 4.88 \text{ in.wg}$$

รายการที่ 10 แฟกเดอร์การสูญเสียที่ทางเข้าหัวดูด (Hood Entry Loss Factor) โดยดูรายละเอียดได้จากตารางที่ 1 เมื่อทางเข้าหัวดูดเป็นกรวย หน้าตัดสี่เหลี่ยมมีมุม 90 องศาดังนั้น

$$F_h = 0.25$$

รายการที่ 11 แฟกเดอร์การสูญเสียความดันอันเนื่องจากความเร่งของอากาศที่ไหลเข้าสู่ท่อ (Acceleration Loss Factor, F_h) ซึ่งจะมีค่าเป็น 0 หรือ 1 เท่านั้น โดยจะมีค่าเป็น 1 สำหรับท่อที่เชื่อมต่อกับหัวดูด และจะมีค่าเป็น 0 สำหรับท่อที่ไม่ได้เชื่อมต่อกับหัวดูด สำหรับระบบระบายอากาศในห้องครัวที่พิจารณาเป็นท่อที่เชื่อมต่อกับหัวดูดโดยตรงดังนั้น

$$F_h = 1$$

รายการที่ 12 การสูญเสียความดันที่ทางเข้าต่อความดันจลน์ของอากาศซึ่งไหลผ่านท่อ (Duct Entry Loss per VP_d) โดยเป็นผลรวมระหว่างแฟกเดอร์การสูญเสียที่ทางเข้าหัวดูดในรายการที่ 10 และแฟกเดอร์การสูญเสียความดันอันเนื่องจากความเร่งของอากาศที่ไหลเข้าสู่ท่อในรายการที่ 11

$$\text{Entry Loss per } VP_d = 0.25 + 1 = 1.25$$

รายการที่ 13 ค่าการสูญเสียความดันที่ทางเข้าท่อในหน่วย in.wg (Duct Entry Loss) ซึ่งหาได้จากการคูณความดันจลน์ของอากาศในท่อดามรายการที่ 2 กับการสูญเสียความดันต่อความดันจลน์ของอากาศซึ่งไหลผ่านท่อตามรายการที่ 12

$$\text{Duct Entry Loss} = VP_d \times (\text{Entry Loss per } VP_d)$$
$$= 0.25 \times 1.25$$
$$= 0.3125 \text{ in.wg}$$

รายการที่ 14 ความดันสถิตของหัวดูดซึ่งมีหน่วยเป็น in.wg (Hood Static Pressure) โดยเป็นผลรวมของค่าการสูญเสียความดันทั้งหมดที่เกิดขึ้นกับหัวดูด กล่าวคือ รายการที่ 9 และ 13

$$\text{Plenum SP} + \text{Duct Entry Loss} = 4.88 + 0.3125$$
$$= 5.192 \text{ in.wg}$$

รายการที่ 15 ความยาวของท่อ (Straight Duct Length, L) ซึ่งยาวเท่ากับ 23 m (75.46 ft)

รายการที่ 16 แฟกเตอร์ความเสียดทานของอากาศที่ไหลผ่านท่อตรงในรายการที่ 15 (Friction Factor, H_f) โดยหาได้ จากสมการ (10)

$$H_f = a V_d^{\,b} / Q^c$$

เมื่อ V_d = ความเร็วของอากาศในท่อ (ft/min)

เนื่องจากท่อทำจากเหล็กเคลือบสังกะสี หาค่า a, b, c ได้จาก ตารางที่ 3 ดังนี้

$$a = 0.0307, \quad b = 0.533, \quad c = 0.612$$

ดังนั้น $H_f = 0.0307 (214.323)^{0.533} / (490.8)^{0.612} = 0.012$

รายการที่ 17 การสูญเสียความดันของท่อตรงต่อความดันจลน์ของอากาศในท่อ (Friction Loss per VP_d) ซึ่งหาได้โดยการคูณความยาวของท่อในส่วนที่กำลังพิจารณาในรายการที่15 ด้วยแฟกเตอร์ความเสียดทานตามรายการที่ 16

$$\text{Friction Loss per } VP_d = \text{ความยาวท่อ (L)} \times H_f$$
$$= 75.46 \times 0.012$$
$$= 0.905 \text{ in.wg}$$

รายการที่ 18 จำนวนของท่อเลี้ยว 90 องศา (No. of 90° elbows) ที่ติดตั้งในส่วนของท่อที่กำลังพิจารณาซึ่งมีทั้งหมด 2 จุด

รายการที่ 19 การสูญเสียความดันของท่อเลี้ยวต่อความดันจลน์ของอากาศในท่อ (Elbows Loss per VP_d) โดยหาได้จากการคูณจำนวนของท่อเลี้ยว 90 องศา ในรายการที่ 18 ด้วยแฟกเตอร์การสูญเสียของอากาศที่ไหลผ่านท่อเลี้ยว พิจารณาจากรูปที่ 6

W = 41 in, D = 8 in, R = 10 in

R/D = 1.25, W/D = 5.125

เมื่อทำการ Extrapolation เพื่อหาค่า Loss Factor (F) จะได้เท่ากับ 0.18 ดังนั้น

$$\text{Elbows Loss per } VP_d = 0.18 \times 2$$

$$= 0.36 \text{ in.wg}$$

รายการที่ 20 การสูญเสียความดันต่อความดันจลน์ของอากาศในท่อ (Duct Loss per VP_d) ซึ่งเป็นผลรวมของการสูญเสียความดันในรายการที่ 17 และ 19

$$\text{Duct Loss per } VP_d = \text{Friction Loss per } VP_d + \text{Elbows Loss per } VP_d$$

$$= 0.905 + 0.36$$

$$= 1.265 \text{ in.wg}$$

รายการที่ 21 ค่าการสูญเสียความดันอากาศที่ไหลผ่านท่อในหน่วย in.wg (Duct Loss) โดยหาได้จากการคูณค่าการสูญเสียความดันต่อความดันจลน์ของอากาศในท่อตามรายการที่ 20 ด้วยความดันจลน์ของอากาศในท่อตามรายการที่ 2

$$\text{Duct Loss} = 1.265 \times 0.003 = 0.0038 \text{ in.wg}$$

รายการที่ 22 ค่าการสูญเสียความดันสถิตทั้งหมดในท่อที่พิจารณา (Duct SP Loss) โดยเป็นผลรวมของความดันสถิดของหัวดูดในรายการที่ 14 และการสูญเสียความดันของอากาศที่ไหลผ่านท่อในรายการที่ 21

$$\text{Duct Loss + Hood Static Pressure} = 0.0038 + 5.192$$

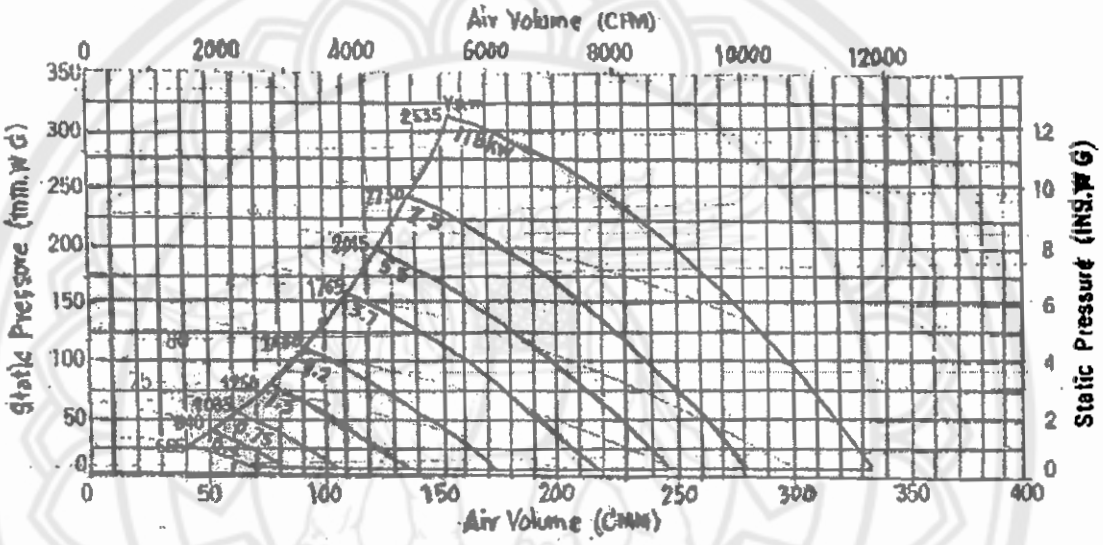
$$= 5.2 \text{ in.wg}$$

ตารางที่ 4 กระดาษคำนวณสำหรับหัวข้อ 3.6.1

1	Volume Flow Rate(Q)				cfm	490.8
2	Duct Dimension (W x H)				in	0.67x0.93
3	Duct Area(A)				ft^2	2.29
4	Actual Duct Velocity (V_d)			(item1/3)	f/min	214.323
5	Duct Velocity Pressure (VP_d)				in.wg	0.003
6	Hood	Slot	Slot Area		ft^2	0.062
7			Slot Velocity(V_s)	(item 1/6)	f/min	7916
8			Slot Velocity Pressure(VP_S)		in.wg	3.91
9			Slot Loss Factor			0.25
10			Acceleration Loss Factor		0 or 1	1
11			Plenum Loss per VP_s	(item 9+10)		1.25
12			Plenum SP	(item 8 x 11)	in.wg	4.88
13		Hood Entry Loss Factor (F_h)				0.25
14		Acceleration Loss Factor			0 or 1	1
15		Duct Entry Loss per VP_d		(item 13+14)		1.25
16		Duct Entry Loss		(item 5x15)	in.wg	0.312
17		Hood Static Pressure (SP_h)		(item 12+16)	in.wg	5.192
18	Straight Duct Length (L)				ft	75.46
19	Friction Factor (H_f)					0.012
20	Friction Loss per VP_d			(item 19x20)		0.905
21	No. of 90° elbows					2
22	Elbows Loss per VP_d			(item 22 x loss factor)		0.36
23	Duct Loss per VP_d			(item 21+23)		1.265
24	Duct Loss (h_L)			(item 6x24)	in.wg	0.0038
25	duct SP loss			(item 18+25)	in.wg	5.2

เนื่องจากระบบมีความดันที่สูญเสียไปทั้งหมด 5.2 in.wg และเป็นระบบระบายอากาศภายในห้องครัว จะเลือกใช้พัดลมแบบ Centrifugal ชนิดใบพัดเอียงหลัง

จากรูปที่ 23 ตารางสมรรถนะของพัดลม [swsi CENTRIFUGAL FAN(BACKWARD CURVED BLADE)] Model FY-21BCS(Floor-Mount Type) จะต้องเลือกใช้พัดลมที่มีขนาดมากกว่าหรือเท่ากับ 3531 CFM มีความเร็วรอบที่ 1,622 rpm และมีกำลังไฟฟ้า 2.9 kW



รูปที่ 24 ตารางสมรรถนะที่ใช้หาขนาดของพัดลม