

## รายการอ้างอิง

1. Daugherty and Franzini. Fluid Mechanics with Engineering Applications. 6<sup>th</sup> ed. New York: McGraw – Hill, 1965.
2. ชำรง เปรมปรีดี และ ดำรงค์ศักดิ์ มลิลา. เครื่องสูบน้ำ : การออกแบบ การใช้งาน และการบำรุงรักษา. กรุงเทพมหานคร: วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ, 2533.
3. Robert W. Fox, and Alan T. McDonald. Introduction to Fluid Mechanics. 4<sup>th</sup> ed. New York: John Wiley & Sons, 1994.
4. Stepanoff, A. J. Centrifugal and Axial. 2<sup>nd</sup> ed. New York: John Wiley & Sons, 1957.
5. Cheresources. Centrifugal Pumps: Basic Concepts of Operation, Maintenance, and Troubleshooting Part- I[Online]. Available from:  
<http://www.cheresources.com/centrifugalpumps1.shtml>
6. กล้าหาญ วงพุทธพร และ ชัชวาล ภัทรเสน. เครื่องสูบน้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น), 2518.
7. ทวิช จิตรสมบูรณ์. กลศาสตร์ของไหล. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ท็อป, 2546.
8. Handbook of Chemistry and Physics. 62<sup>nd</sup> ed. Cleveland, OH: Chemical Rubber, 1981-1982.
9. ระบบท่อ วาล์ว ป้อน. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: เอ็มแอนดีอี, 2546.
10. Jesse Seymour Doolittle. Mechanical Engineering Laboratory. New York: McGraw – Hill, 1957.
11. Beckwith T. G., and Lewis Buck N. Mechanical Measurements. London: Addison – Wesley, 1965.
12. Japanese Standards Association. Testing Methods For Centrifugal Pumps, Mixed Flow Pumps And Axial Flow Pumps. Japanese Industrial Standard. 1980 (August 01): 1 – 30.
13. Frank M. White. Fluid Mechanics. 4<sup>th</sup> ed. New York: McGraw – Hill, 1999.
14. Merle C. Potter, and David C. Wiggert. Mechanic of Fluids. London: Prentice – Hall, 1991.
15. Irving W. Shames. Mechanic of Fluids. 2<sup>nd</sup> ed. London: McGraw – Hill, 1982.
16. James B. Rishel. Water Pumps and Piping System. New York: McGraw – Hill, 2002.
17. Stephen Lazarkiewicz. Impeller Pumps. 1<sup>st</sup> ed. New York: Pergamon Press, 1965.
18. Ackers P. Weir and Flumes for Flow Measurement. New York: Wiley, 1978.
19. Palgrave R. Pump Technology : New Challenges – Where next?. Proceedings of 11<sup>th</sup> International Pump Technical Conference. 1989 (April 18 - 20): 9 – 28.

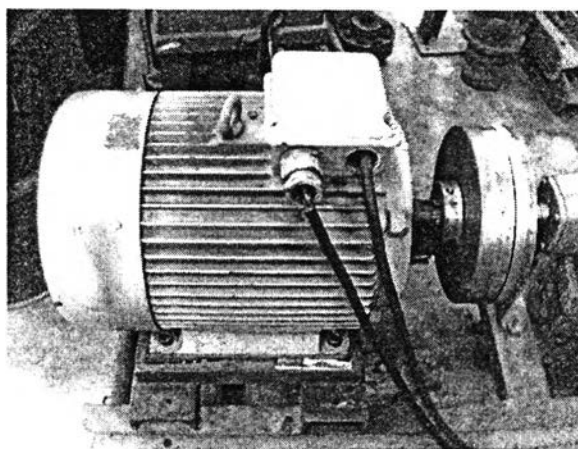
ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก.

## รายละเอียดของเครื่องมือและอุปกรณ์ประกอบการทดลอง

## ก.1 มอเตอร์ไฟฟ้า

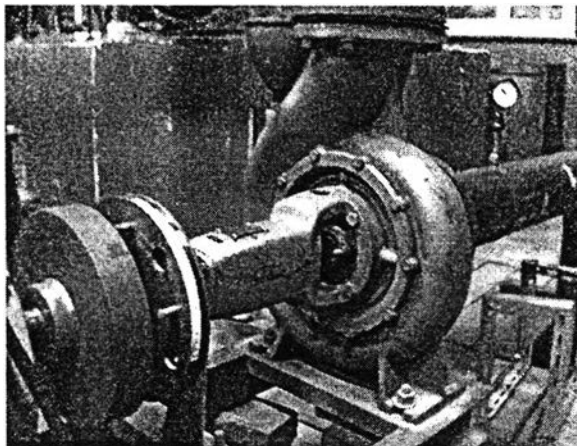
แบบ	KMER
รุ่น	160 L4 AC P
กำลังพิกัด	20 PS / 15 KW
ศักย์ไฟฟ้าใช้งาน ( $\Delta/Y$ )	380 / 660 V
กระแสพิกัด	30 / 17 A
ความถี่	50 Hz
ความเร็วรอบ	1455 rpm



รูปที่ ก.1 มอเตอร์ไฟฟ้า

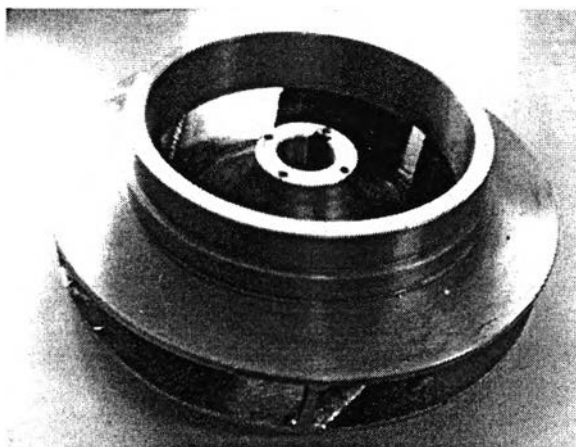
## ก.2 เรือนสูบแบบไหลตามแนวรัศมี

แบบ	EBARA
รุ่น	150×125FS4JM



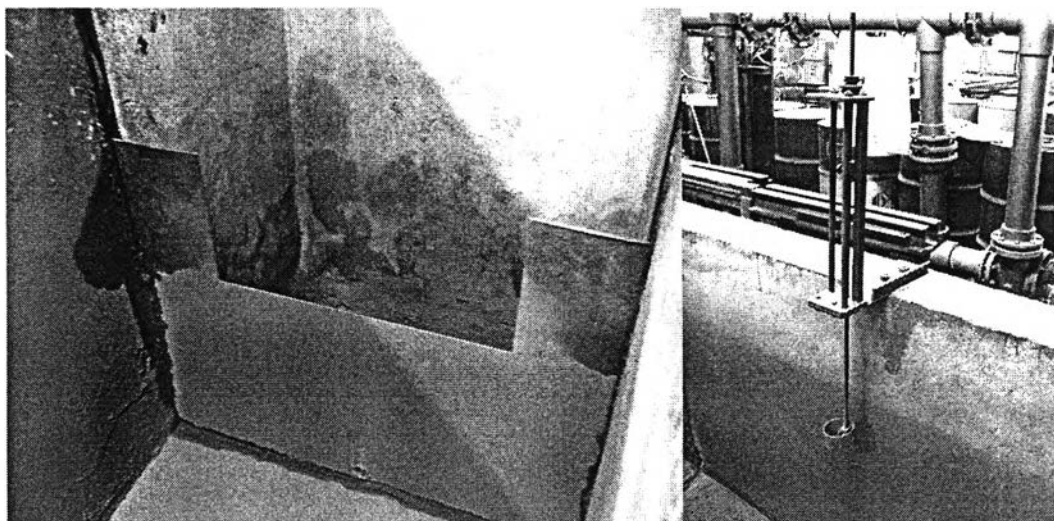
รูปที่ ก.2 สูบน้ำที่ใช้ทดสอบ

ก.3 ชุดใบพัดทดสอบ ประกอบด้วยใบพัดที่ใช้ในการทดสอบจำนวน 3 ใบ โดยมีมุมใบที่ทางออก ( $\beta_2$ ) 15, 30 และ 45 องศา



รูปที่ ก.3 ใบพัดทดสอบ

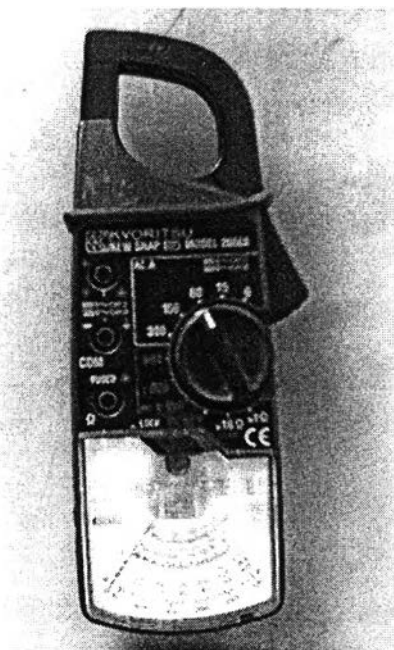
ก.4 **Rectangular Weir** มีลักษณะเป็นแผ่นบาง เจาะช่องให้น้ำไหลผ่านเป็นรูปหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดกว้าง 0.46 เมตร สูง 0.21 เมตร ติดตั้งอยู่ภายในรางน้ำที่มีขนาด กว้าง 0.75 เมตร ยาว 5.0 เมตร สูง 0.9 เมตร มีแผ่นตะแกรง 3 แผ่น ทำหน้าที่ปรับคลื่นน้ำให้นิ่งก่อนไหลผ่าน Rectangular Weir ระหว่าง Rectangular Weir กับ แผ่นตะแกรงปรับคลื่นติดตั้ง Hook Gauge ซึ่งใช้วัดความสูงของระดับน้ำเหนือฐาน Rectangular Weir โดยมีลักษณะเป็นก้านเหล็กยื่นลงไปภายใน บ่อ บริเวณส่วนปลายติดเข็มสำหรับวัดระดับน้ำ ที่มาตรวัดได้ติดตั้งบรรทัดสเกลสำหรับบอกระดับความสูงของน้ำมีหน่วยเป็น mm



รูปที่ ก.4 Rectangular Weir และ Hook Gauge

#### ก.5 อุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้า

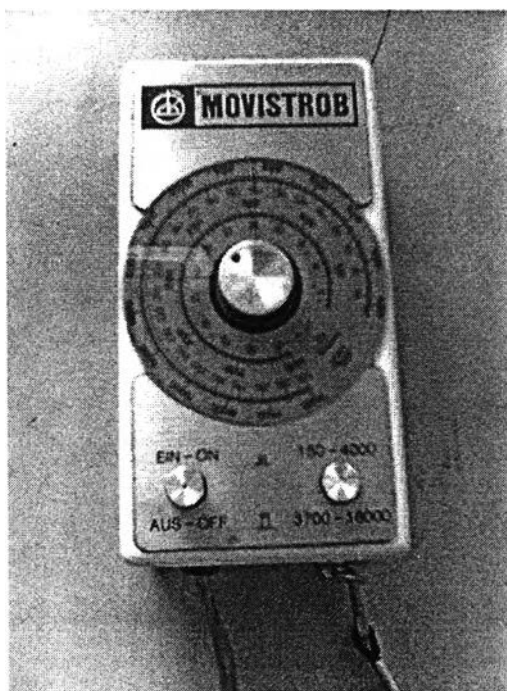
แบบ	KYORITSU
รุ่น	2608A
ย่านการวัด	0 – 60 แอมแปร์



รูปที่ ก.5 อุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้า

ก.6 อุปกรณ์วัดความเร็วรอบ(Stroboscope) ใช้วัดความเร็วรอบของมอเตอร์ขณะใช้งานและยังสามารถประยุกต์ใช้หาระยะยืดของสปริงยางขณะที่สูบลำทำงาน โดยฉายแสงกระพริบลงบนแผ่น Coupling Disk จากนั้นทำการปรับปุ่มความเร็วรอบจนกระทั่งมองเห็น Coupling Disk หยุดสนิท ทำให้รู้ค่าความเร็วรอบ ณ ขณะใช้งาน และยังสามารถหาระยะยืดของสปริงยาง ณ ขณะนั้นได้อีกด้วย โดยอ่านจากสเกลที่ติดบนแผ่น Coupling Disk

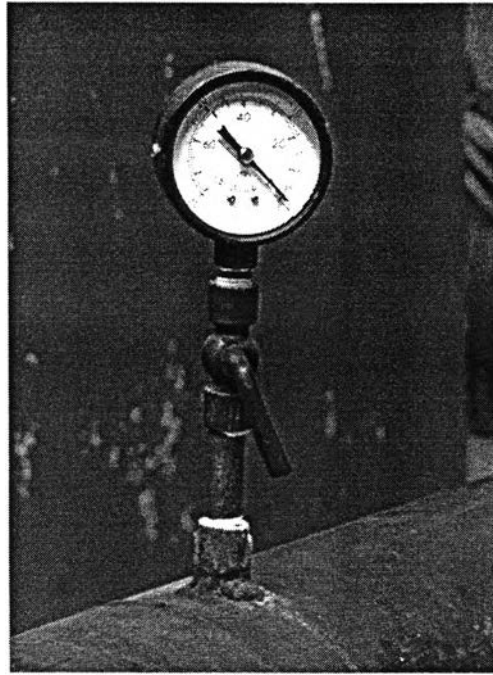
แบบ	Movistrob
รุ่น	Ministrob 2000N
ย่านการวัด	0 – 4000 rpm
ความละเอียดของการวัด	50 rpm



รูปที่ ก.6 Stroboscope

#### ก.7 Vacuum Gauge

ย่านการวัด	0 – 30 inHg
ความละเอียดของการวัด	2 inHg



รูปที่ ก.7 vacuum gauge ที่ทางเข้า

#### ก.8 Pressure Gauge

แบบ

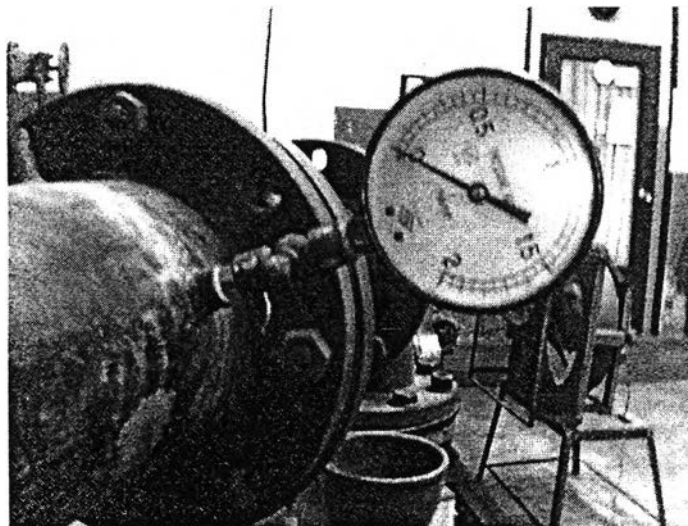
Osaka

ย่านการวัด

0 – 2 kg/cm<sup>2</sup>

ความละเอียดของการวัด

0.1 kg/cm<sup>2</sup>



รูปที่ ก.8 pressure gauge ที่ทางออก

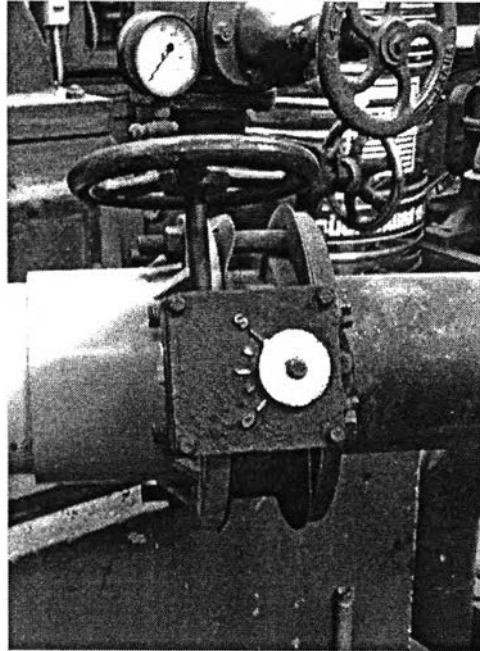
ก.9 ประตูน้ำ ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณการไหลของน้ำออกจากสูบ ประตูน้ำที่ใช้ขนาด 6 นิ้ว เป็นแบบButterfly Valve โดยติดตั้งไว้ตรงทางออกของสูบแบบไหลตามแนวรัศมี

แบบ

SCI PWHB

รุ่น

DN150



รูปที่ ก.9 ประตูน้ำ

ก.10 กราฟเส้นโค้งแสดงคุณลักษณะของเครื่องสูบน้ำ(Characteristic Curve) ยี่ห้อ EBARA



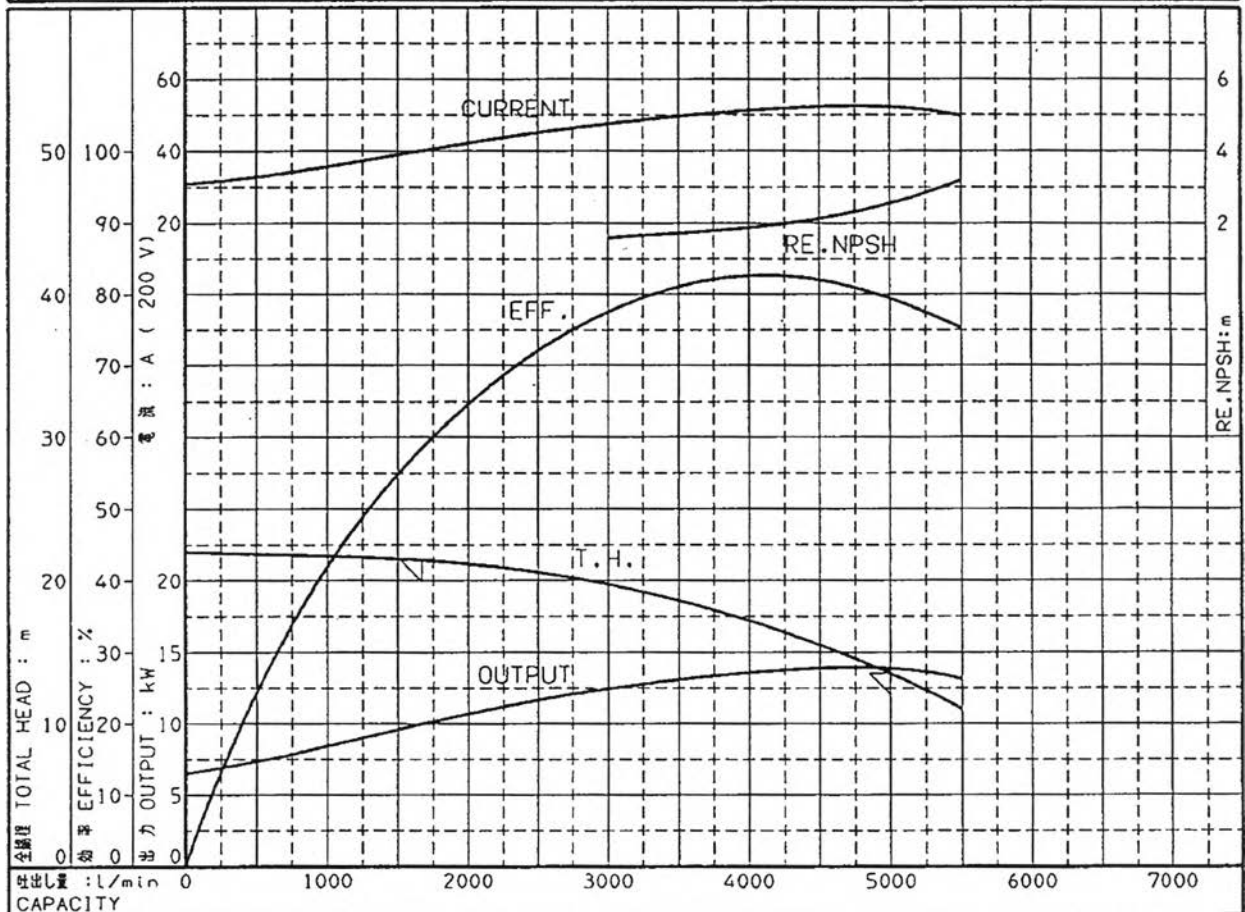
# エバラFS型片吸込渦巻ポンプ EBARA END SUCTION VOLUTE PUMPS

## 代表性能曲線 PERFORMANCE CURVE

機名 MODEL 150X125FS4J515 周波数 FREQUENCY 50 Hz 出力 OUTPUT 15 kW

電動機定格 MOTOR RATING 200 V 57.4 A 1450 min<sup>-1</sup> 15 kW 形式 TYPE 防滴保護形 O.D.P. 本図はエバラ標準電動機を使用した場合のデータです

番号 TEST NO.	ポンプ PUMP			三相誘導電動機 MOTOR						
	吐出量 CAPACITY	全揚程 TOTAL HEAD	効率 EFF.	電圧 VOLTS (200V)			電圧 VOLTS (400V)			出力 OUTPUT
				電流 CURRENT	入力 INPUT	効率 EFF.	電流 CURRENT	入力 INPUT	効率 EFF.	
l/min	m	%	A	kW	%	A	kW	%	kW	
1	0	22.0	0.0	30.77	7.21	90.3	15.39	7.21	90.3	6.51
2	1670	21.4	58.4	39.87	10.92	91.3	19.94	10.92	91.3	9.97
3	3330	19.0	80.0	48.97	14.16	91.0	24.49	14.16	91.0	12.88
4	5000	13.5	79.3	52.25	15.28	90.8	26.13	15.28	90.8	13.87
5	5500	11.0	75.2	49.61	14.41	91.0	24.81	14.41	91.0	13.11



注) 性能試験はJIS B 8301, B 8302によります。

NOTE THIS CURVE IS BASED ON JIS TESTING CODE (B 8301, B 8302).

261

ケーシング試験  
CASING TEST PRESS.  
15.30 kgf/cm<sup>2</sup>  
(=0.098MPa)

御注文主 CUSTOMER	御使用先 FINAL USER	機器番号 ITEM NO.	0002
原製番 SER.NO.	機名 MODEL	吐出量 CAPACITY	全揚程 TOTAL HEAD
	150X125FS4J515		
		同期速度 SPEED	出力 OUTPUT
		min <sup>-1</sup>	
		数量 Q-TY	



EBARA CORPORATION

図番 DWG. NO. P150X125FS4J515 000

## ภาคผนวก ข.

## ตัวอย่างการออกแบบกليبใบพัดทดสอบ

ในตัวอย่างการออกแบบใบพัดทดสอบนี้ ยกตัวอย่างการออกแบบใบพัดที่มุมใบที่ทางออก 15 องศา โดยมีขั้นตอนดังนี้

ข.1 การกำหนดอัตราการสูบลำเริ่มต้น

ในการออกแบบได้กำหนดอัตราการสูบลำเริ่มต้นโดยพิจารณาจากใบพัดของสูบน้ำที่มีอยู่เดิม ซึ่งจากภาคผนวก ก. กราฟเส้นโค้งแสดงคุณลักษณะของเครื่องสูบน้ำ (Characteristic Curve) ณ จุดที่ใช้ในการออกแบบหรือจุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือ 82% มีอัตราการสูบลำ 4.3 m<sup>3</sup>/min และกำหนดให้มีจำนวนใบทั้งหมด 4 ใบ

ข.2 การหาความเร็วที่ไหลเข้าในแนวรัศมี (V<sub>m1</sub>)

จากสมการ (3.2)

$$V_{m1} = \frac{Q}{A_1} = \frac{Q}{(\pi D_1 - Z S_u) B}$$

โดยที่  $Q$  = อัตราการสูบลำ (m<sup>3</sup>/s)

$D_1$  = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ตำแหน่งทางเข้า (m)

$Z$  = จำนวนกليبใบพัด

$S_u$  = ส่วนหนาของกليبใบในแนวเส้นรอบวง (m)

$A_1$  = พื้นที่ที่ตั้งฉากกับการไหลซึ่งหาได้จากขนาดพื้นที่ในแนวรอบวงลบด้วยพื้นที่ส่วนหนาของกليبใบในแนวเส้นรอบวงของกليبใบ (m<sup>2</sup>)

$B$  = ความสูงของกليبใบพัด (m)

ซึ่งรายละเอียดต่างๆของขนาดใบพัดสามารถดูได้จากภาคผนวก ข. ดังนั้น

$$V_{m1} = \frac{4.3}{[(\pi \times 0.168) - (4 \times 0.005)] \times 0.032 \times 60} = 4.41047 \text{ m/s}$$

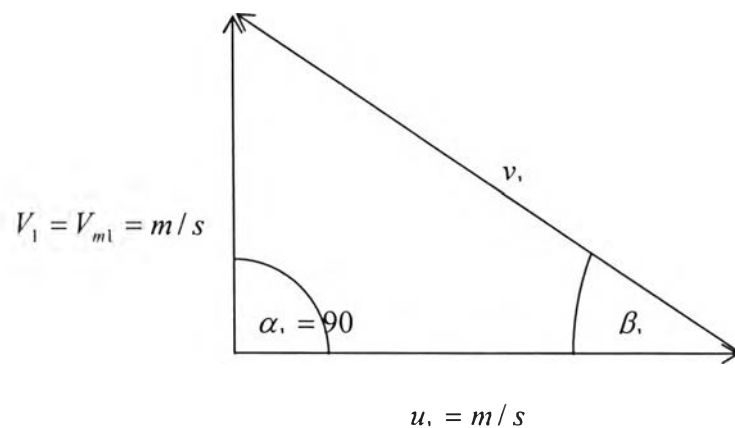
### ข.3 การหาความเร็วในแนวเส้นสัมผัสที่ทางเข้า( $u_1$ )

จากสมการ (3.3) และ (3.4) จะได้ว่า

$$u_1 = \omega r_1 = \left( \frac{2\pi N}{60} \right) \times r_1 = \frac{2 \times \pi \times 1455 \times 0.084}{60}$$

$$u_1 = 12.79885 \text{ m/s}$$

เพื่อให้เกิดความง่ายในการเปรียบเทียบสับจึงออกแบบให้ความเร็วสมบูรณ์ที่ตำแหน่งทางเข้าไหลเข้าไปในแนวเดียวกับรัศมี ( $V_1 = V_{m1}$ ) ดังนั้นเมื่อนำความเร็วที่ได้มาเขียน velocity diagram



รูปที่ ข.1 Velocity Diagram ที่ตำแหน่งทางเข้า

จากความสัมพันธ์ทางตรีโกณมิติ

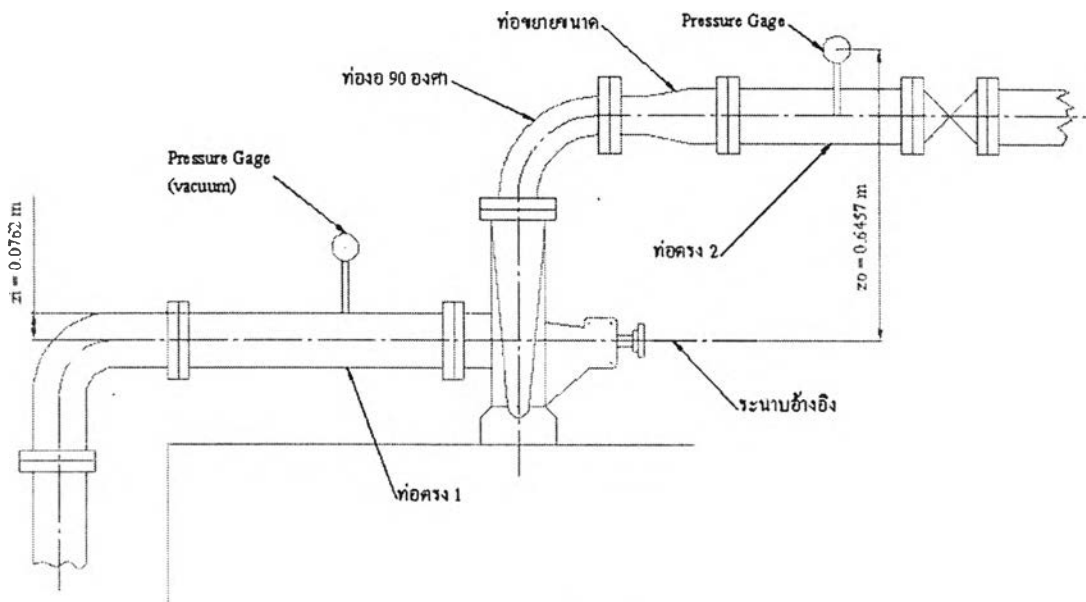
$$\tan \beta_1 = \frac{V_1}{u_1} = \frac{V_{m1}}{u_1} = \frac{4.41047}{12.79885}$$

$$\beta_1 = \tan^{-1} \frac{4.41047}{12.79885} = 19.0139$$

นำมุม  $\beta_1$  ที่ได้จากการออกแบบไปทำการสร้างกลีบใบพัดทดสอบ โดยมีมุมที่ทางออกของกลีบใบพัดเป็น 15 องศา โดยในการสร้างกลีบใบพัด ได้สร้างตามทฤษฎี Circular arc Method

## ภาคผนวก ค.

## ตัวอย่างการคำนวณ



รูปที่ ค.1 สุ่มน้ำที่ใช้ทำการทดลอง

ในตัวอย่างการคำนวณนี้ ใช้ข้อมูลจากใบพัดที่มุมใบ 15 องศา(ลดความยาวกลีบใบจากด้านใน 10 มม.) โดยพิจารณาในการวัดค่าครั้งที่ 9 ซึ่งมีผลที่ได้จากการทดลองดังนี้

กระแสที่ใช้ (I) = 19 A

ระดับความสูงที่วัดจาก Weir (y) = 154.635 mm

ความดันที่ทางเข้า ( $p_i$ ) = 8.3 inHg (vacuum)

ความดันที่ทางออก ( $p_o$ ) = 0.45 kg/cm<sup>2</sup>

ระยะขีดของสปริงยาง (x) = 40 mm

อุณหภูมิของน้ำ (T) = 27 องศาเซลเซียส

### ค.1 การคำนวณหาอัตราการสูบ

ในการหาอัตราการสูบสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Q \approx C_d b \sqrt{g} H^{3/2} \quad (\text{ค.1})$$

โดยที่  $Q$  = อัตราการสูบ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$$C_d = 0.564 + 0.0846 \frac{H}{Y}$$

$H$  = ระดับความสูงที่วัดจากขอบด้านล่างของ Weir ถึงผิวน้ำ

$Y$  = ระดับความสูงที่วัดจากพื้นถึงขอบด้านล่างของ Weir = 390 mm

$b$  = ความกว้างของขอบ Weir = 460 mm

$$\text{ดังนั้น } C_d = 0.564 + 0.0846 \left( \frac{154.635}{390} \right) = 0.59754$$

แทนค่า  $C_d$  ลงใน (ค.1) จะได้

$$Q \approx (0.59754) \left( \frac{460}{1000} \right) (\sqrt{9.81}) \left( \frac{154.635}{1000} \right)^{3/2}$$

$$Q \approx 0.05235 \text{ m}^3/\text{s}$$

### ค.2 การคำนวณหาหัวรวมของสูบ

ในการหาหัวรวมของสูบสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$H_p = h_o - h_i + \frac{V_o^2}{2g} - \frac{V_i^2}{2g} \quad (\text{ค.2})$$

โดยที่  $H_p$  = หัวรวมของสูบ, m

$h_o$  = หัวความดันด้านออกวัดจากระนาบอ้างอิง, m

$h_i$  = หัวความดันด้านเข้าวัดจากระนาบอ้างอิง, m

$V_o$  = ความเร็วเฉลี่ยของของเหลวที่ตำแหน่งวัดความดันด้านออก, m/s

$V_i$  = ความเร็วเฉลี่ยของของเหลวที่ตำแหน่งวัดความดันด้านเข้า, m/s

$$g = \text{ความเร่งโน้มถ่วงของโลก} = 9.81 \text{ m/s}^2$$

เพราะว่า  $Q = AV$  ดังนั้น

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

ที่ตำแหน่งทางเข้า  $D_i = 0.1524 \text{ m}$  ดังนั้น

$$V_i = \frac{4(0.05235)}{\pi(0.1524)^2} = 2.86983 \text{ m/s}$$

ที่ตำแหน่งทางออก  $D_o = 0.1524 \text{ m}$  ดังนั้น

$$V_o = \frac{4(0.05235)}{\pi(0.1524)^2} = 2.86983 \text{ m/s}$$

หวัความดันด้านออกหาได้จาก

$$h_o = \frac{P_o}{\rho} + Z_o \quad (\text{ก.3})$$

โดยที่  $Z_o =$  ระยะห่างในแนวตั้งฉากโดยวัดจากศูนย์กลางของหน้าปัทม์ถึงระนาบอ้างอิง, m

จากรูปที่ ก.1  $Z_o = 0.6457 \text{ m}$  ดังนั้นหวัความดันด้านออกมีค่า

$$h_o = \frac{(0.45 \times 10^4 \text{ kg/m}^2)}{1000 \text{ kg/m}^3} + 0.6457 = 5.1457 \text{ m}$$

โดยที่  $\rho =$  ความหนาแน่นของน้ำ =  $1000 \text{ kg/m}^3$

ห้วงความดันด้านเข้าหาได้จาก

$$h_i = -\frac{P_i}{\rho g} + Z_i \quad (\text{ก.4})$$

หมายเหตุ เนื่องจากมาตรวัดที่ทางเข้าเป็น vacuum gauge ดังนั้นค่าที่อ่านได้จากหน้าปัดจึงเป็นลบ โดยที่  $Z_i$  = ระยะห่างในแนวตั้งจากโดยวัดจากตำแหน่งที่ติดตั้งถึงระนาบอ้างอิง, m

จากรูปที่ ก.1  $Z_i = 0.0762$  m ดังนั้นห้วงความดันด้านเข้ามีค่า

$$h_i = -\frac{(8.3 \text{ inHg}) \left( \frac{1 \text{ N/m}^2}{2.953 \times 10^{-4} \text{ inHg}} \right)}{(1000 \text{ kg/m}^3)(9.81 \text{ m/s}^2)} + 0.0762 = -2.78894 \text{ m}$$

แทนค่า  $h_o$ ,  $h_i$ ,  $V_o$  และ  $V_i$  ลงใน (ก.2)

$$H_p = 5.1457 - (-2.78894) + \frac{2.86983^2}{2(9.81)} - \frac{2.86983^2}{2(9.81)} = 7.93464 \text{ m}$$

### ก.3 การคำนวณหา Head Loss ที่เกิดขึ้นในท่อ

จากรูปตำแหน่งของ pressure gauge ที่ตำแหน่งทางเข้าและทางออกอยู่ห่างจากสูบเป็นระยะทางพอสมควรโดยเฉพาะที่ตำแหน่งทางออกพบว่า น้ำไหลผ่านท่ออง 90 องศาและท่อขยายขนาด ทำให้เกิด head loss ขึ้น จึงจำเป็นต้องเพิ่มค่า head loss ที่ตำแหน่งเหล่านั้นลงไปในการห้วงรวมของสูบด้วย ดังนั้นห้วงรวมของสูบที่แท้จริงหาได้จาก

$$(H_p)_{total} = \left( h_o - h_i + \frac{V_o^2}{2g} - \frac{V_i^2}{2g} \right) + \sum h_{Duct} \quad (\text{ก.5})$$

ในการหา head loss ที่เกิดขึ้นในท่อ สามารถคำนวณได้จาก

$$h_{Duct} = h_f + \sum h_m \quad (\text{ก.6})$$

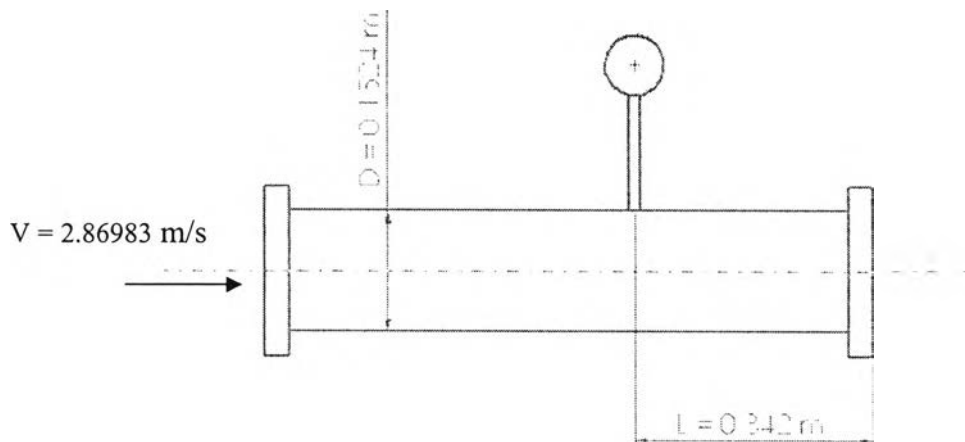


$$h_{Duct} = f \frac{L V^2}{D 2g} + \frac{V^2}{2g} \sum (K_{elbow} + K_{Gradual\ Enlargement}) \quad (ก.7)$$

โดยที่	$h_{Duct}$	= ผลรวมของ head loss ที่เกิดขึ้นในท่อ
	$h_f$	= head loss ที่เกิดขึ้นในท่อ
	$h_m$	= head loss ที่เกิดขึ้นในอุปกรณ์ต่างๆของท่อ
	$f$	= Darcy Friction factor โดยดูจากรูปที่ 2.19
	$L$	= ความยาวของท่อจากตำแหน่งที่ติดตั้ง pressure gauge ถึงทางเข้าสูบ
	$K_{elbow}$	= Loss coefficient ของท่อองศา 90 องศา โดยดูจากรูปที่ 2.22
	$K_{Gradual\ Enlargement}$	= Loss coefficient ของท่อขยายขนาด โดยดูจากรูปที่ 2.23

ก.3.1 การหา head loss ที่เกิดขึ้นในท่อตรง(พิจารณาจากตำแหน่งที่ติดตั้ง pressure gauge ถึงทางเข้าสูบ) สามารถคำนวณได้จาก

$$h_f = f \frac{L V^2}{D 2g} \quad (ก.8)$$



รูปที่ ก.2 ท่อตรงที่ใช้ในการทดลอง

สำหรับ  $f$  สามารถหาได้จาก Moody Chart โดยดูจากรูปที่ 2.19 ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Reynolds number (Re) กับ Relative roughness  $\left(\frac{\epsilon}{d}\right)$  เพราะว่า

$$\text{Re} = \frac{Vd}{\nu} = \frac{VD}{\nu_{27^{\circ}\text{C}}} \quad (\text{ค.9})$$

โดยที่  $\nu$  = Kinematic Viscosity of Water ( $\text{m}^2/\text{s}$ ) โดยดูจากรูปที่ 2.21

จากรูปที่ 2.21  $\nu_{27^{\circ}\text{C}} = 0.8629 \times 10^{-6}$  ดังนั้น

$$\text{Re} = \frac{(2.86983)(0.1524)}{0.8629 \times 10^{-6}} = 5.06851 \times 10^5$$

สำหรับค่า  $\epsilon$  สามารถดูได้จากรูปที่ 2.20 โดยมีค่า 2 mm (พิจารณาท่อที่ใช้เป็น Steel แบบ Rusted) ดังนั้น

$$\frac{\epsilon}{d} = \frac{\epsilon}{D} = \frac{0.002}{0.1524} = 0.01312$$

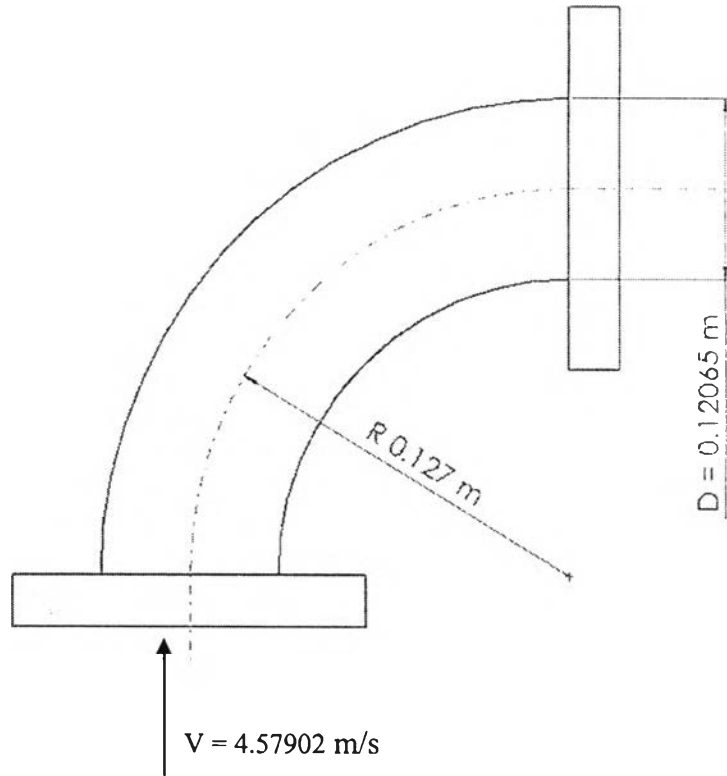
นำค่า Re และ  $\frac{\epsilon}{d}$  ที่คำนวณได้ไปเปิดตาราง Moody Chart จะได้  $f = 0.041$

แทนค่าที่ได้ลงในสมการ(ค.8) ดังนั้น

$$h_f = (0.041) \left( \frac{0.342}{0.1524} \right) \left( \frac{2.86983^2}{2 \times 9.81} \right) = 0.03862 \text{ m}$$

ค.3.2 การหา head loss ที่เกิดขึ้นที่ท่องอ 90 องศา สามารถหาได้จาก

$$h_{elbow} = K_{elbow} \frac{V^2}{2g} \quad (\text{ค.10})$$



รูปที่ ค.3 ท่องอ 90 องศาที่ใช้ในการทดลอง

จากรูปที่ ค.3 เพราะว่า  $D = 0.12065$  m ดังนั้นความเร็วภายในเส้นท่อมี่ค่า

$$V = \frac{4(0.05235)}{\pi(0.12065)^2} = 4.57902 \text{ m/s}$$

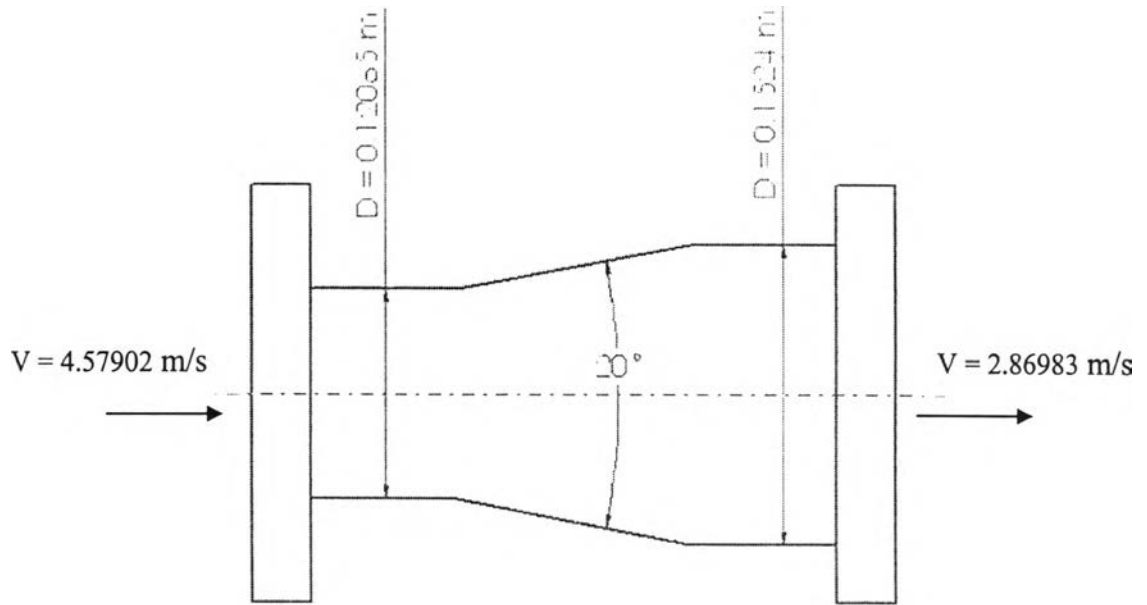
เพราะว่า  $\frac{R}{D} = \frac{0.127}{0.12065} = 1.05263$  และท่องอ 90 องศาที่ใช้ในการทดสอบเป็นท่อที่มีค่า Nominal Size 5 นิ้ว ดังนั้น จากรูปที่ 2.22 ค่า  $K_{elbow} = 0.32$

แทนค่า  $K_{elbow}$  ที่ได้ลงในสมการ(ค.10)

$$h_{elbow} = (0.32) \left( \frac{4.57902^2}{2 \times 9.81} \right) = 0.34198 \text{ m}$$

ค.3.2 การหา head loss ที่เกิดขึ้นที่ท่อขยายขนาด สามารถหาได้จาก

$$h_{\text{Gradual Enlargement}} = K_{\text{Gradual Enlargement}} \frac{V^2}{2g} \quad (\text{ค.11})$$



รูปที่ ค.4 ท่อขยายขนาดที่ใช้ในการทดลอง

เพราะว่า มุม  $2\theta$  มีค่า 20 องศา ดังนั้นจากรูปที่ 2.23 ค่า  $K_{\text{Gradual Enlargement}} = 0.75$   
แทนค่า  $K_{\text{Gradual Enlargement}}$  ที่ได้ลงในสมการ จะได้

$$h_{\text{Gradual Enlargement}} = (0.75) \left( \frac{4.57902^2}{2 \times 9.81} \right) = 0.80151 \text{ m}$$

ค.3.3 การหา head loss ที่เกิดขึ้นในท่อตรง(พิจารณาจากตำแหน่งที่ออกจากท่อขยายขนาด ถึงตำแหน่งติดตั้ง pressure gauge ) ซึ่งพบว่าทั้งขนาดของท่อและระยะห่างจากปลายท่อถึงตำแหน่งติดตั้ง pressure gauge มีขนาดเท่ากับขนาดของท่อที่ตำแหน่งทางเข้าดังนั้น  $h_f$  ที่คำนวณได้จึงมีค่าเท่ากันคือ 0.03862 เมตร

แทนค่า  $h$  ที่ได้ลงใน (ค.5) ดังนั้น

$$(H_p)_{\text{total}} = 7.93464 + 0.03862 + 0.34198 + 0.80151 + 0.03862 = 9.15537 \text{ m}$$

#### ค.4 การคำนวณหา Water Power

ในการหา Water Power สามารถคำนวณได้จาก

$$L_w = \frac{\gamma Q H_p}{1000} (kW) \quad (\text{ค.12})$$

โดยที่  $\gamma =$  น้ำหนักจำเพาะของน้ำ  $= \rho g = 1000 \times 9.81 = 9810 \text{ N/m}^3$   
 ดังนั้น

$$L_w = \frac{9810 \times 0.05235 \times 9.15537}{1000} = 4.70177 \text{ kW}$$

#### ค.5 การคำนวณหาค่ากำลังที่เพลของสูบ

ในการหาค่ากำลังที่เพลของสูบพิจารณาจาก Torque Meter โดยดูได้จากภาคผนวก ง ซึ่งจากผลการทดลองค่าที่อ่านได้จากสเกลมีค่า 40 ม.ม. ดังนั้นแรงบิดที่ได้มีค่า  $6.419 \times 10 = 64.19 \text{ N.m}$

เพราะว่า  $\omega = \frac{2\pi}{60} N$ , โดยที่  $N =$  ความเร็วรอบของมอเตอร์  $= 1455 \text{ rpm}$  ดังนั้น

$$\omega = \frac{2\pi}{60} \times 1455 = 152.36724 \text{ rad/sec}$$

เนื่องจาก  $L_p = T\omega$  ดังนั้น

$$L_p = \frac{64.19 \times 152.36724}{1000} = 9.7804 \text{ kW}$$

#### ค.6 การคำนวณหาประสิทธิภาพของสูบ

ในการหาประสิทธิภาพของสูบ สามารถคำนวณได้จาก

$$\eta = \frac{L_w}{L_p} \quad (\text{ค.13})$$

ดังนั้นสำหรับใบพัดที่มุมใบ 15 องศา โดยพิจารณาในการวัดค่าครั้งที่ 9

$$\eta = \left( \frac{4.70177}{9.7804} \right) \times 100 = 48\%$$

## ภาคผนวก ง.

## ผลการเปรียบเทียบสปริงยาง

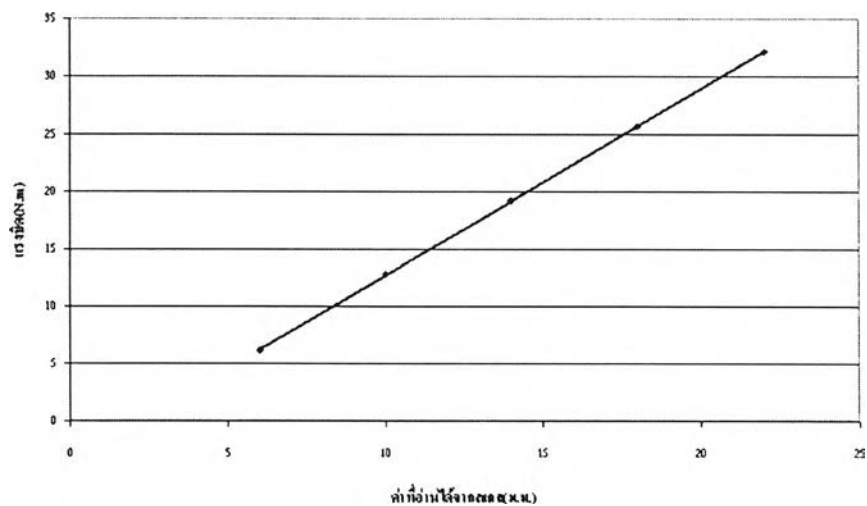
## ง.1 ผลการเปรียบเทียบสปริงยาง

ในการทดลองแต่ละครั้ง ต้องทำการเปรียบเทียบสปริงยางก่อนและหลังการทดลองซึ่งผลการเปรียบเทียบสปริงยางที่ได้เป็นดังนี้

ตารางที่ ง.1 ผลการเปรียบเทียบสปริงยาง

ครั้งที่	ค่าที่อ่านได้จากสเกล(mm)	แรง(N)	แรงบิด(N.m)
1	6	22.563	6.419
2	10	45.126	12.838
3	14	67.689	19.257
4	18	90.252	25.676
5	22	112.815	32.095

จากตารางพบว่าค่าที่อ่านได้จากสเกลที่เกิดขึ้นในแต่ละครั้งที่เพิ่มแรงบิดเข้าไป ห่างเป็นระยะที่เท่าๆกันคือ ระยะห่าง 4 mm ต่อแรงบิด 6.419 N.m ดังนั้นในการทดลองเราสามารถเทียบหาแรงบิดได้จากค่าที่อ่านได้จากสเกล



รูปที่ ง.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบสปริงยาง

## ภาคผนวก จ.

## ผลการทดลอง

## จ.1 สูบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบใบ 15 องศา

ตารางที่ จ.1 ผลการทดลองของสูบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบใบ 15 องศา

ครั้งที่	กระแส(A)	y(mm)	$p_{in}$ (inHg)	$p_{out}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	x(mm)
1	19	178.425	9.00	0.00	46
2	19	176.900	8.50	0.10	46
3	20	172.325	8.50	0.20	50
4	20	170.800	8.00	0.30	50
5	20	167.750	8.00	0.40	50
6	20	161.650	7.50	0.50	50
7	20	157.075	7.00	0.60	50
8	20	152.500	7.00	0.70	50
9	20	149.450	6.50	0.80	50
10	20	143.350	6.50	0.90	50
11	20	138.775	6.00	1.00	50
12	20	131.150	6.00	1.10	50
13	20	125.050	5.50	1.20	50
14	20	115.900	5.00	1.30	50
15	20	105.225	4.50	1.40	50
16	19	88.450	4.00	1.50	46
17	18	73.200	3.50	1.55	42
18	17	64.050	3.00	1.55	38
19	16	41.175	3.00	1.48	34
20	15	0.000	3.00	1.48	30



ตารางที่ จ.2 ผลการทดลองของสตูบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบใบ 15 องศา (กลีบกลีบใบออกจากทางด้านในเป็นระยะ 5 ม.ม.)

ครั้งที่	กระแส(A)	y(mm)	$p_{in}$ (inHg)	$p_{out}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	x(mm)
1	18	182.390	10.00	0.05	38
2	19	180.560	9.50	0.10	41
3	19	177.510	9.00	0.20	41
4	19	173.850	8.50	0.30	41
5	19	168.665	8.00	0.40	41
6	19	161.650	8.00	0.50	41
7	19	158.295	7.50	0.55	41
8	19	156.160	7.50	0.60	41
9	20	152.805	7.00	0.65	45
10	20	150.365	7.00	0.70	45
11	15	0.000	3.00	1.35	26

ตารางที่ จ.3 ผลการทดลองของสวบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบใบ 15 องศา (กลีบกลีบใบออกจากทางด้านในเป็นระยะ 10 ม.ม.)

ครั้งที่	กระแส(A)	y(mm)	$p_{in}$ (inHg)	$p_{out}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	x(mm)
1	19	177.510	9.50	0.05	40
2	19	173.850	9.30	0.10	40
3	19	171.410	9.00	0.15	40
4	19	167.445	8.80	0.20	40
5	19	165.005	8.70	0.25	40
6	19	162.565	8.60	0.30	40
7	19	159.820	8.50	0.35	40
8	19	157.075	8.40	0.40	40
9	19	154.635	8.30	0.45	40
10	19	151.585	8.20	0.50	40
11	15	0.000	4.00	1.25	27

**ตารางที่ จ.4** ผลการทดลองของสูบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบใบ 15 องศา (กลีบกลีบใบออกจากทางด้านในเป็นระยะ 15 ม.ม.)

ครั้งที่	กระแส(A)	y(mm)	$p_{in}$ (inHg)	$p_{out}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	x(mm)
1	19	175.375	9.00	0.05	38
2	19	172.020	8.80	0.10	38
3	19	168.665	8.50	0.15	38
4	19	164.395	8.40	0.20	38
5	19	161.040	8.30	0.25	38
6	20	158.295	8.20	0.30	41
7	15	0.000	4.20	1.25	26

## จ.2 สูบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบใบ 30 องศา

ตารางที่ จ.5 ผลการทดลองของสูบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบใบ 30 องศา

ครั้งที่	กระแส(A)	y(mm)	$p_{in}$ (inHg)	$p_{out}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	x(mm)
1	29	199.775	11.00	0.60	112
2	29	186.050	10.00	0.85	112
3	28	170.800	8.00	1.10	108
4	28	158.600	7.00	1.22	108
5	26	140.300	6.00	1.37	100
6	24	118.950	5.00	1.47	92
7	22	96.075	5.00	1.55	84
8	20	80.825	4.00	1.55	76
9	19	67.100	3.00	1.55	72
10	16	16.775	3.00	1.55	60
11	16	0.000	2.00	1.60	60

**ตารางที่ จ.6** ผลการทดลองของสวบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบใบ 30 องศา (กลีบกลีบใบออกจากทางด้านในเป็นระยะ 5 ม.ม.)

ครั้งที่	กระแส(A)	y(mm)	$p_{in}$ (inHg)	$p_{out}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	x(mm)
1	28	213.500	13.00	0.10	82
2	29	210.755	12.50	0.20	86
3	29	209.230	12.00	0.30	86
4	29	205.265	11.50	0.40	86
5	29	201.300	11.00	0.50	86
6	30	196.420	10.50	0.60	90
7	30	190.930	10.00	0.70	90
8	30	188.185	10.00	0.75	90
9	30	184.830	9.50	0.80	90
10	29	179.950	9.00	0.90	86
11	29	174.765	9.00	0.95	86
12	29	170.190	8.50	1.00	86
13	18	0.000	2.00	1.60	43

ตารางที่ จ.7 ผลการทดลองของสูบที่มีมุมที่ทางออกของกليبใบ 30 องศา (กึ่งกليبใบออกจากทางด้านในเป็นระยะ 10 ม.ม.)

ครั้งที่	กระแส(A)	y(mm)	$p_{in}$ (inHg)	$p_{out}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	x(mm)
1	28	213.500	12.50	0.05	82
2	28	211.975	12.50	0.10	82
3	29	211.365	12.40	0.15	86
4	29	210.450	12.40	0.20	86
5	29	208.925	12.30	0.25	86
6	29	207.400	12.20	0.30	86
7	29	204.655	12.00	0.35	86
8	28	200.690	11.50	0.40	82
9	28	196.725	11.20	0.45	82
10	28	191.540	10.50	0.50	82
11	17	0.000	4.20	1.50	40

**ตารางที่ จ.8** ผลการทดลองของสบูที่มีมุมที่ทางออกของกลีบใบ 30 องศา (กลีบกลีบใบออกจากทางด้านในเป็นระยะ 15 ม.ม.)

ครั้งที่	กระแส(A)	y(mm)	$p_{in}$ (inHg)	$p_{out}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	x(mm)
1	27	206.485	12.20	0.00	76
2	27	203.435	12.00	0.05	76
3	27	199.165	11.80	0.10	76
4	27	194.590	11.50	0.15	76
5	27	191.540	11.20	0.20	76
6	26	187.880	10.80	0.25	72
7	26	182.390	10.40	0.30	72
8	18	0.000	4.20	1.45	42

### จ.3 สูบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบใบ 45 องศา

ตารางที่ จ.9 ผลการทดลองของสูบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบใบ 45 องศา

ครั้งที่	กระแส(A)	y(mm)	$p_{in}$ (inHg)	$p_{out}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	x(mm)
1	32	204.350	12.00	0.70	122
2	32	192.150	11.00	1.00	122
3	31	176.900	9.00	1.25	118
4	29	160.125	8.00	1.45	110
5	27	143.350	7.00	1.55	101
6	26	131.150	6.00	1.60	98
7	24	115.900	5.00	1.65	90
8	23	106.750	5.00	1.70	86
9	22	91.500	4.00	1.70	82
10	20	79.300	3.00	1.72	74
11	18	0.000	1.00	1.75	66



ตารางที่ จ.10 ผลการทดลองของสูบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบใบ 45 องศา (กลีบกลีบใบออกจากทางด้านในเป็นระยะ 5 ม.ม.)

ครั้งที่	กระแส(A)	y(mm)	$p_{in}$ (inHg)	$p_{out}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	x(mm)
1	33	215.025	13.50	0.08	105
2	34	212.585	13.00	0.30	109
3	34	207.400	12.50	0.50	109
4	34	205.265	12.50	0.55	109
5	34	204.045	12.00	0.60	109
6	34	201.300	11.50	0.65	109
7	34	199.470	11.50	0.70	109
8	34	197.335	11.00	0.75	109
9	34	194.590	11.00	0.80	109
10	34	191.845	10.50	0.85	109
11	33	187.270	10.50	0.90	105
12	19	0.000	1.00	1.75	51

**ตารางที่ จ.11** ผลการทดลองของสูบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบใบ 45 องศา (กลีบกลีบใบออกจากทางด้านในเป็นระยะ 10 ม.ม.)

ครั้งที่	กระแส(A)	y(mm)	$p_{in}$ (inHg)	$p_{out}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	x(mm)
1	28	211.975	13.40	0.05	89
2	29	209.535	13.50	0.10	92
3	29	207.400	13.00	0.20	92
4	29	205.265	12.70	0.25	92
5	30	203.130	12.50	0.30	96
6	30	200.690	12.20	0.35	96
7	30	198.555	12.00	0.40	96
8	30	196.420	11.50	0.45	96
9	17	0.000	2.00	1.58	45

**ตารางที่ จ.12** ผลการทดลองของสูบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบใบ 45 องศา (กลีบกลีบใบออกจากทางด้านในเป็นระยะ 15 ม.ม.)

ครั้งที่	กระแส(A)	y(mm)	$p_{in}$ (inHg)	$p_{out}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	x(mm)
1	31	205.570	12.40	0.05	98
2	31	202.215	12.30	0.10	98
3	31	200.385	12.20	0.15	98
4	31	198.250	11.50	0.20	98
5	30	190.320	11.00	0.25	94
6	30	183.000	10.30	0.30	94
7	20	0.000	4.20	1.60	56

## ภาคผนวก ฉ.

## ผลการคำนวณ

## ฉ.1 สูบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบบใบ 15 องศา

ตารางที่ ฉ.1 ผลการคำนวณของสูบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบบใบ 15 องศา

ครั้งที่	Q(m <sup>3</sup> /s)	Total Head(H <sub>p</sub> )	L <sub>w</sub> (KW)	L <sub>p</sub> (KW)	η (%)
1	0.06545	5.58413	3.58513	11.18000	32.06736
2	0.06457	6.36099	4.02943	11.18000	36.04143
3	0.06198	7.21493	4.38698	12.15000	36.10685
4	0.06113	7.99547	4.79455	12.15000	39.46133
5	0.05943	8.90442	5.19151	12.15000	42.72844
6	0.05610	9.56015	5.26095	12.15000	43.29998
7	0.05364	10.26762	5.40314	12.15000	44.47027
8	0.05123	11.15496	5.60618	12.15000	46.14144
9	0.04965	11.91118	5.80112	12.15000	47.74581
10	0.04653	12.77786	5.83315	12.15000	48.00945
11	0.04425	13.51291	5.86596	12.15000	48.27951
12	0.04054	14.37280	5.71619	12.15000	47.04680
13	0.03766	15.09989	5.57880	12.15000	45.91605
14	0.03349	15.79513	5.18954	12.15000	42.71230
15	0.02886	16.49386	4.66951	12.15000	38.43218
16	0.02210	17.16790	3.72249	11.18000	33.29593
17	0.01655	17.39964	2.82426	10.23500	27.59419
18	0.01350	17.18623	2.27546	9.26500	24.55972
19	0.00690	16.42628	1.11136	8.35000	13.30967
20	0.00000	16.40509	0.00000	7.35000	0.00000

**ตารางที่ ๑.2** ผลการคำนวณของสูบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบบไบ 15 องศา (กลีบบไบออกจากทางด้านในเป็นระยะ 5 ม.ม.)

ครั้งที่	Q(m <sup>3</sup> /s)	Total Head(H <sub>p</sub> )	L <sub>w</sub> (KW)	L <sub>p</sub> (KW)	η (%)
1	0.06774	6.56519	4.36248	9.20000	47.41830
2	0.06667	6.82908	4.46677	10.10000	44.22548
3	0.06492	7.55369	4.81079	10.10000	47.63158
4	0.06284	8.26270	5.09371	10.10000	50.43276
5	0.05994	8.93136	5.25161	10.10000	51.99616
6	0.05610	9.73275	5.35593	10.10000	53.02900
7	0.05429	9.97148	5.31090	10.10000	52.58317
8	0.05316	10.41711	5.43217	10.10000	53.78390
9	0.05139	10.66225	5.37524	11.05000	48.64471
10	0.05012	11.10481	5.45995	11.05000	49.41131
11	0.00000	15.10509	0.00000	6.40000	0.00000

**ตารางที่ ๓.3** ผลการคำนวณของสูบที่มีมุมที่ทางออกของกليبใบ 15 องศา (กึ่งกليبใบออกจากทางด้านในเป็นระยะ 10 ม.ม.)

ครั้งที่	Q(m <sup>3</sup> /s)	Total Head(H <sub>p</sub> )	L <sub>w</sub> (KW)	L <sub>p</sub> (KW)	η (%)
1	0.06492	6.22629	3.96540	9.82000	40.38081
2	0.06284	6.53886	4.03101	9.82000	41.04899
3	0.06147	6.85930	4.13621	9.82000	42.12022
4	0.05926	7.17167	4.16941	9.82000	42.45833
5	0.05792	7.56711	4.29970	9.82000	43.78518
6	0.05659	7.96475	4.42173	9.82000	45.02780
7	0.05511	8.35649	4.51771	9.82000	46.00518
8	0.05364	8.75090	4.60499	9.82000	46.89401
9	0.05235	9.15541	4.70187	9.82000	47.88053
10	0.05075	9.54752	4.75363	9.82000	48.40760
11	0.00000	14.45029	0.00000	6.50000	0.00000

**ตารางที่ ๑.4** ผลการคำนวณของสูบที่มีมุมที่ทางออกของกิลิปไบ 15 องศา (กิลิปไบออกจากทางด้านในเป็นระยะ 15 ม.ม.)

ครั้งที่	Q(m <sup>3</sup> /s)	Total Head(H <sub>p</sub> )	L <sub>w</sub> (KW)	L <sub>p</sub> (KW)	η (%)
1	0.06370	5.98398	3.73965	9.27000	40.34138
2	0.06181	6.30905	3.82556	9.27000	41.26823
3	0.05994	6.60396	3.88311	9.27000	41.88898
4	0.05759	6.94638	3.92427	9.27000	42.33302
5	0.05577	7.31989	4.00447	9.27000	43.19815
6	0.05429	7.71312	4.10808	9.93000	41.37036
7	0.00000	14.51933	0.00000	6.45000	0.00000

## ฉ.2 สูบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบบใบ 30 องศา

ตารางที่ ฉ.5 ผลการคำนวณของสูบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบบใบ 30 องศา

ครั้งที่	Q(m <sup>3</sup> /s)	Total Head(H <sub>p</sub> )	L <sub>w</sub> (KW)	L <sub>p</sub> (KW)	η(%)
1	0.07813	13.08593	10.03013	27.40000	36.60632
2	0.06988	14.69642	10.07423	27.40000	36.76727
3	0.06113	15.99547	9.59182	26.40000	36.33265
4	0.05446	16.50678	8.81806	26.40000	33.40173
5	0.04501	17.24298	7.61315	24.50000	31.07406
6	0.03486	17.53684	5.99744	22.50000	26.65531
7	0.02509	18.07595	4.44955	20.50000	21.70511
8	0.01925	17.61539	3.32695	18.50000	17.98352
9	0.01449	17.19860	2.44446	17.50000	13.96835
10	0.00178	17.10650	0.29819	14.60000	2.04238
11	0.00000	17.25989	0.00000	14.60000	0.00000



**ตารางที่ ๑.๖** ผลการคำนวณของสูบที่มีมุมที่ทางออกของกليبใบ 30 องศา (กึ่งกليبใบออกจากทางด้านในเป็นระยะ 5 ม.ม.)

ครั้งที่	Q(m <sup>3</sup> /s)	Total Head(H <sub>p</sub> )	L <sub>w</sub> (KW)	L <sub>p</sub> (KW)	η (%)
1	0.08674	9.40879	8.00654	20.14000	39.75441
2	0.08499	10.10228	8.42318	21.10000	39.92031
3	0.08403	10.85692	8.94946	21.10000	42.41451
4	0.08154	11.50051	9.19878	21.10000	43.59614
5	0.07907	12.15171	9.42605	21.10000	44.67324
6	0.07608	12.77243	9.53282	22.05000	43.23276
7	0.07277	13.38033	9.55200	22.05000	43.31971
8	0.07114	13.77561	9.61340	22.05000	43.59817
9	0.06916	13.97945	9.48450	22.05000	43.01360
10	0.06632	14.63562	9.52232	21.10000	45.12950
11	0.06336	14.96440	9.30110	21.10000	44.08104
12	0.06079	15.14957	9.03396	21.10000	42.81497
13	0.00000	17.25989	0.00000	10.48000	0.00000

**ตารางที่ ๑.7** ผลการคำนวณของสูบที่มีมุมที่ทางออกของกليبใบ 30 องศา (กึ่งกليبใบออกจากทางด้านในเป็นระยะ 10 ม.ม.)

ครั้งที่	Q(m <sup>3</sup> /s)	Total Head(H <sub>p</sub> )	L <sub>w</sub> (KW)	L <sub>p</sub> (KW)	η (%)
1	0.08674	8.73619	7.43418	20.10000	36.98597
2	0.08577	9.16133	7.70839	20.10000	38.35022
3	0.08538	9.59719	8.03856	21.00000	38.27884
4	0.08480	10.05312	8.36309	21.00000	39.82426
5	0.08383	10.44606	8.59104	21.00000	40.90970
6	0.08287	10.84017	8.81293	21.00000	41.96634
7	0.08115	11.14551	8.87320	21.00000	42.25331
8	0.07870	11.29787	8.72202	20.10000	43.39315
9	0.07627	11.52666	8.62402	20.10000	42.90557
10	0.07314	11.57665	8.30583	20.10000	41.32255
11	0.00000	17.01933	0.00000	9.86000	0.00000

**ตารางที่ ๘.๘** ผลการคำนวณของสูบที่มีมุมที่ทางออกของกليبใบ 30 องศา (กึ่งกليبใบออกจากทางด้านในเป็นระยะ 15 ม.ม.)

ครั้งที่	Q(m <sup>3</sup> /s)	Total Head(H <sub>p</sub> )	L <sub>w</sub> (KW)	L <sub>p</sub> (KW)	η(%)
1	0.08230	7.79789	6.29563	18.58000	33.88393
2	0.08039	8.09085	6.38102	18.58000	34.34351
3	0.07776	8.33608	6.35883	18.58000	34.22405
4	0.07497	8.54295	6.28310	18.58000	33.81646
5	0.07314	8.81829	6.32681	18.58000	34.05170
6	0.07096	9.04033	6.29283	17.62500	35.70403
7	0.06774	9.20327	6.11545	17.62500	34.69761
8	0.00000	16.51933	0.00000	10.21000	0.00000

### ฉ.3 สูบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบบใบ 45 องศา

ตารางที่ ฉ.9 ผลการคำนวณของสูบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบบใบ 45 องศา

ครั้งที่	Q(m <sup>3</sup> /s)	Total Head(H <sub>p</sub> )	L <sub>w</sub> (KW)	L <sub>p</sub> (KW)	η (%)
1	0.08096	14.63178	11.62140	29.75000	39.06353
2	0.07350	16.77314	12.09430	29.75000	40.65311
3	0.06457	18.03359	11.42355	28.75000	39.73410
4	0.05527	19.19195	10.40647	26.80000	38.83013
5	0.04653	19.45046	8.87922	24.80000	35.80330
6	0.04054	19.37280	7.70473	23.90000	32.23736
7	0.03349	19.29513	6.33948	22.00000	28.81582
8	0.02951	19.68326	5.69724	21.00000	27.12969
9	0.02328	19.19174	4.38336	20.00000	21.91682
10	0.01870	18.96085	3.47821	18.00000	19.32340
11	0.00000	18.41470	0.00000	16.10000	0.00000

**ตารางที่ ๑.10** ผลการคำนวณของสูบที่มีมุมที่ทางออกของกليبใบ 45 องศา (กึ่งกليبใบออกจากทางด้านในเป็นระยะ 5 ม.ม.)

ครั้งที่	Q(m <sup>3</sup> /s)	Total Head(H <sub>p</sub> )	L <sub>w</sub> (KW)	L <sub>p</sub> (KW)	η(%)
1	0.08772	9.45744	8.13873	25.75000	31.60670
2	0.08616	11.36373	9.60490	26.70000	35.97339
3	0.08287	12.94372	10.52310	26.70000	39.41237
4	0.08154	13.34571	10.67468	26.70000	39.98008
5	0.08077	13.61809	10.79089	26.70000	40.41532
6	0.07907	13.82431	10.72348	26.70000	40.16286
7	0.07795	14.24551	10.89274	26.70000	40.79678
8	0.07664	14.48294	10.88866	26.70000	40.78151
9	0.07497	14.87035	10.93672	26.70000	40.96151
10	0.07332	15.08857	10.85256	26.70000	40.64631
11	0.07060	15.41403	10.67492	25.75000	41.45599
12	0.00000	18.41470	0.00000	12.50000	0.00000

**ตารางที่ ๑.11** ผลการคำนวณของสูบที่มีมุมที่ทางออกของกليبใบ 45 องศา (กึ่งกليبใบออกจากทางด้านในเป็นระยะ 10 ม.ม.)

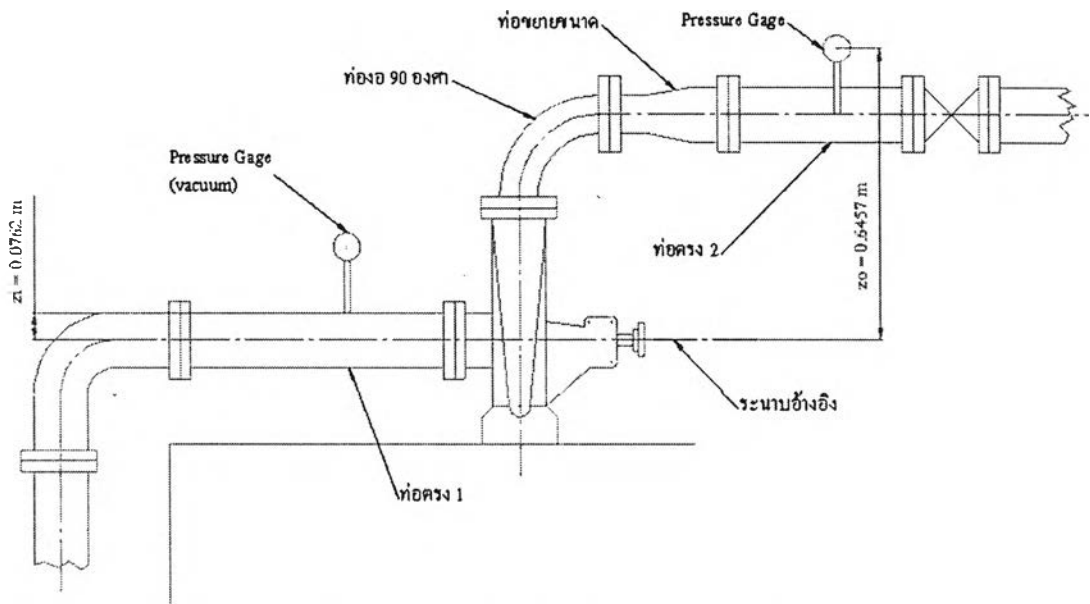
ครั้งที่	Q(m <sup>3</sup> /s)	Total Head(H <sub>p</sub> )	L <sub>w</sub> (KW)	L <sub>p</sub> (KW)	η (%)
1	0.08577	8.97201	7.54910	21.65000	34.86881
2	0.08422	9.38918	7.75736	22.60000	34.32459
3	0.08287	10.11632	8.22446	22.60000	36.39140
4	0.08154	10.41475	8.33033	22.60000	36.85986
5	0.08021	10.74990	8.45816	23.55000	35.91574
6	0.07870	11.03951	8.52257	23.55000	36.18924
7	0.07738	11.37929	8.63848	23.55000	36.68144
8	0.07608	11.61763	8.67093	23.55000	36.81922
9	0.00000	17.05989	0.00000	11.00000	0.00000

**ตารางที่ ๑.12** ผลการคำนวณของสูบที่มีมุมที่ทางออกของกليبใบ 45 องศา (กึ่งกليبใบออกจากทางด้านในเป็นระยะ 15 ม.ม.)

ครั้งที่	$Q(m^3/s)$	Total Head( $H_p$ )	$L_w(KW)$	$L_p(KW)$	$\eta(\%)$
1	0.08173	8.32505	6.67444	24.00000	27.81017
2	0.07964	8.64047	6.75034	24.00000	28.12642
3	0.07851	9.02635	6.95176	24.00000	28.96567
4	0.07720	9.19384	6.96258	24.00000	29.01075
5	0.07241	9.20197	6.53625	23.00000	28.41847
6	0.06809	9.19023	6.13880	23.00000	26.69042
7	0.00000	18.01933	0.00000	13.60000	0.00000

## ภาคผนวก ข.

## ผลการคำนวณหัวรวมของสูบ



รูปที่ ข.1 รูปภาพแสดงตำแหน่งต่างๆของท่อ



## ข.1 สุ่มที่มีมุมที่ทางออกของกลีบบใบ 15 องศา

ตารางที่ ข.1 ผลการคำนวณหาหัวรวมของสุ่มที่มีมุมที่ทางออกของกลีบบใบ 15 องศา

ครั้งที่	Pressure Head		Elevation Head		ท่อตรง 1			ท่องอ 90 องศา			ท่อขยายขนาด			ท่อตรง 2			Total Head
	ทางออก	ทางเข้า	ทางออก	ทางเข้า	D	V	h	D	V	h	D	V	h	D	V	h	
1	0	3.10678	0.64570	0.07620	0.15240	3.58774	0.06036	0.12065	5.72448	0.53447	0.12065	5.72448	1.25266	0.15240	3.58774	0.06036	5.58413
2	1	2.93418	0.64570	0.07620	0.15240	3.53989	0.05876	0.12065	5.64814	0.52031	0.12065	5.64814	1.21948	0.15240	3.53989	0.05876	6.36099
3	2	2.93418	0.64570	0.07620	0.15240	3.39786	0.05414	0.12065	5.42151	0.47939	0.12065	5.42151	1.12358	0.15240	3.39786	0.05414	7.21493
4	3	2.76158	0.64570	0.07620	0.15240	3.35101	0.05266	0.12065	5.34676	0.46626	0.12065	5.34676	1.09281	0.15240	3.35101	0.05266	7.99547
5	4	2.76158	0.64570	0.07620	0.15240	3.25806	0.04978	0.12065	5.19845	0.44076	0.12065	5.19845	1.03302	0.15240	3.25806	0.04978	8.90442
6	5	2.58898	0.64570	0.07620	0.15240	3.07518	0.04435	0.12065	4.90666	0.39267	0.12065	4.90666	0.92031	0.15240	3.07518	0.04435	9.56015
7	6	2.41638	0.64570	0.07620	0.15240	2.94068	0.04055	0.12065	4.69205	0.35907	0.12065	4.69205	0.84157	0.15240	2.94068	0.04055	10.26762
8	7	2.41638	0.64570	0.07620	0.15240	2.80847	0.03699	0.12065	4.48111	0.32751	0.12065	4.48111	0.76760	0.15240	2.80847	0.03699	11.15496
9	8	2.24378	0.64570	0.07620	0.15240	2.72162	0.03474	0.12065	4.34253	0.30757	0.12065	4.34253	0.72086	0.15240	2.72162	0.03474	11.91118
10	9	2.24378	0.64570	0.07620	0.15240	2.55103	0.03052	0.12065	4.07035	0.27022	0.12065	4.07035	0.63332	0.15240	2.55103	0.03052	12.77786
11	10	2.07118	0.64570	0.07620	0.15240	2.42584	0.02760	0.12065	3.87059	0.24435	0.12065	3.87059	0.57268	0.15240	2.42584	0.02760	13.51291
12	11	2.07118	0.64570	0.07620	0.15240	2.22247	0.02316	0.12065	3.54610	0.20509	0.12065	3.54610	0.48069	0.15240	2.22247	0.02316	14.37280
13	12	1.89859	0.64570	0.07620	0.15240	2.06461	0.01999	0.12065	3.29423	0.17699	0.12065	3.29423	0.41483	0.15240	2.06461	0.01999	15.09989
14	13	1.72599	0.64570	0.07620	0.15240	1.83602	0.01581	0.12065	2.92949	0.13997	0.12065	2.92949	0.32806	0.15240	1.83602	0.01581	15.79513
15	14	1.55339	0.64570	0.07620	0.15240	1.58205	0.01174	0.12065	2.52427	0.10393	0.12065	2.52427	0.24358	0.15240	1.58205	0.01174	16.49386
16	15	1.38079	0.64570	0.07620	0.15240	1.21168	0.00688	0.12065	1.93331	0.06096	0.12065	1.93331	0.14288	0.15240	1.21168	0.00688	17.16790
17	15.5	1.20819	0.64570	0.07620	0.15240	0.90706	0.00386	0.12065	1.44728	0.03416	0.12065	1.44728	0.08007	0.15240	0.90706	0.00386	17.39964
18	15.5	1.03559	0.64570	0.07620	0.15240	0.73988	0.00257	0.12065	1.18052	0.02273	0.12065	1.18052	0.05327	0.15240	0.73988	0.00257	17.18623
19	14.8	1.03559	0.64570	0.07620	0.15240	0.37808	0.00067	0.12065	0.60326	0.00594	0.12065	0.60326	0.01391	0.15240	0.37808	0.00067	16.42628
20	14.8	1.03559	0.64570	0.07620	0.15240	0.00000	0.00000	0.12065	0.00000	0.00000	0.12065	0.00000	0.00000	0.15240	0.00000	0.00000	16.40509

หมายเหตุ อุณหภูมิของน้ำขณะทำการทดลองมีค่า 27 องศา

ตารางที่ ข.2 ผลการคำนวณหาหัวรวมของสูบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบบใบ 15 องศา (กลีบบใบออกจากทางด้านในเป็นระยะ 5 ม.ม.)

ครั้งที่	Pressure Head		Elevation Head		ท่อตรง 1			ท่อง 90 องศา			ท่อขยายขนาด			ท่อตรง 2			Total Head
	ทางออก	ทางเข้า	ทางออก	ทางเข้า	D	V	h	D	V	h	D	V	h	D	V	h	
1	0.5	3.45197	0.64570	0.07620	0.15240	3.71328	0.06466	0.12065	5.92479	0.57253	0.12065	5.92479	1.34186	0.15240	3.71328	0.06466	6.56519
2	1	3.27938	0.64570	0.07620	0.15240	3.65513	0.06265	0.12065	5.83201	0.55474	0.12065	5.83201	1.30017	0.15240	3.65513	0.06265	6.82908
3	2	3.10678	0.64570	0.07620	0.15240	3.55900	0.05940	0.12065	5.67863	0.52594	0.12065	5.67863	1.23268	0.15240	3.55900	0.05940	7.55369
4	3	2.93418	0.64570	0.07620	0.15240	3.44495	0.05565	0.12065	5.49666	0.49277	0.12065	5.49666	1.15494	0.15240	3.44495	0.05565	8.26270
5	4	2.76158	0.64570	0.07620	0.15240	3.28584	0.05063	0.12065	5.24278	0.44831	0.12065	5.24278	1.05072	0.15240	3.28584	0.05063	8.93136
6	5	2.76158	0.64570	0.07620	0.15240	3.07518	0.04435	0.12065	4.90666	0.39267	0.12065	4.90666	0.92031	0.15240	3.07518	0.04435	9.73275
7	5.5	2.58898	0.64570	0.07620	0.15240	2.97632	0.04154	0.12065	4.74892	0.36782	0.12065	4.74892	0.86209	0.15240	2.97632	0.04154	9.97148
8	6	2.58898	0.64570	0.07620	0.15240	2.91405	0.03982	0.12065	4.64957	0.35260	0.12065	4.64957	0.82639	0.15240	2.91405	0.03982	10.41711
9	6.5	2.41638	0.64570	0.07620	0.15240	2.81722	0.03722	0.12065	4.49506	0.32955	0.12065	4.49506	0.77238	0.15240	2.81722	0.03722	10.66225
10	7	2.41638	0.64570	0.07620	0.15240	2.74757	0.03540	0.12065	4.38393	0.31346	0.12065	4.38393	0.73467	0.15240	2.74757	0.03540	11.10481
11	13.5	1.03559	0.64570	0.07620	0.15240	0.00000	0.00000	0.12065	0.00000	0.00000	0.12065	0.00000	0.00000	0.15240	0.00000	0.00000	15.10509

หมายเหตุ อุณหภูมิของน้ำขณะทำการทดลองมีค่า 27 องศา

ตารางที่ ข.3 ผลการคำนวณหาหัวรวมของสูบที่มีมุมที่ทางออกของกليبใบ 15 องศา (กึ่งกليبใบออกจากทางด้านในเป็นระยะ 10 ม.ม.)

ครั้งที่	Pressure Head		Elevation Head		ท่อตรง 1			ท่อง 90 องศา			ท่อขยายขนาด			ท่อตรง 2			Total Head
	ทางออก	ทางเข้า	ทางออก	ทางเข้า	D	V	h	D	V	h	D	V	h	D	V	h	
1	0.5	3.27938	0.64570	0.07620	0.15240	3.55900	0.05940	0.12065	5.67863	0.52594	0.12065	5.67863	1.23268	0.15240	3.55900	0.05940	6.22629
2	1	3.21034	0.64570	0.07620	0.15240	3.44495	0.05565	0.12065	5.49666	0.49277	0.12065	5.49666	1.15494	0.15240	3.44495	0.05565	6.53886
3	1.5	3.10678	0.64570	0.07620	0.15240	3.36972	0.05325	0.12065	5.37661	0.47149	0.12065	5.37661	1.10504	0.15240	3.36972	0.05325	6.85930
4	2	3.03774	0.64570	0.07620	0.15240	3.24882	0.04950	0.12065	5.18371	0.43826	0.12065	5.18371	1.02717	0.15240	3.24882	0.04950	7.17167
5	2.5	3.00322	0.64570	0.07620	0.15240	3.17526	0.04728	0.12065	5.06635	0.41864	0.12065	5.06635	0.98119	0.15240	3.17526	0.04728	7.56711
6	3	2.96870	0.64570	0.07620	0.15240	3.10235	0.04513	0.12065	4.95002	0.39964	0.12065	4.95002	0.93665	0.15240	3.10235	0.04513	7.96475
7	3.5	2.93418	0.64570	0.07620	0.15240	3.02110	0.04280	0.12065	4.82038	0.37898	0.12065	4.82038	0.88823	0.15240	3.02110	0.04280	8.35649
8	4	2.89966	0.64570	0.07620	0.15240	2.94068	0.04055	0.12065	4.69205	0.35907	0.12065	4.69205	0.84157	0.15240	2.94068	0.04055	8.75090
9	4.5	2.86514	0.64570	0.07620	0.15240	2.86988	0.03862	0.12065	4.57909	0.34199	0.12065	4.57909	0.80153	0.15240	2.86988	0.03862	9.15541
10	5	2.83062	0.64570	0.07620	0.15240	2.78231	0.03630	0.12065	4.43936	0.32143	0.12065	4.43936	0.75336	0.15240	2.78231	0.03630	9.54752
11	12.5	1.38079	0.64570	0.07620	0.15240	0.00000	0.00000	0.12065	0.00000	0.00000	0.12065	0.00000	0.00000	0.15240	0.00000	0.00000	14.45029

หมายเหตุ: อุณหภูมิของน้ำขณะทำการทดลองมีค่า 27 องศา

ตารางที่ ข.4 ผลการคำนวณหาหัวรวมของสูบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบบใบ 15 องศา (กลีบบใบออกจากทางด้านในเป็นระยะ 15 ม.ม.)

ครั้งที่	Pressure Head		Elevation Head		ท่อตรง 1			ท่อง 90 องศา			ท่อขยายขนาด			ท่อตรง 2			Total Head
	ทางออก	ทางเข้า	ทางออก	ทางเข้า	D	V	h	D	V	h	D	V	h	D	V	h	
1	0.5	3.10678	0.64570	0.07620	0.15240	3.49230	0.05719	0.12065	5.57220	0.50641	0.12065	5.57220	1.18690	0.15240	3.49230	0.05719	5.98398
2	1	3.03774	0.64570	0.07620	0.15240	3.38847	0.05384	0.12065	5.40653	0.47675	0.12065	5.40653	1.11737	0.15240	3.38847	0.05384	6.30905
3	1.5	2.93418	0.64570	0.07620	0.15240	3.28584	0.05063	0.12065	5.24278	0.44831	0.12065	5.24278	1.05072	0.15240	3.28584	0.05063	6.60396
4	2	2.89966	0.64570	0.07620	0.15240	3.15698	0.04674	0.12065	5.03717	0.41383	0.12065	5.03717	0.96992	0.15240	3.15698	0.04674	6.94638
5	2.5	2.86514	0.64570	0.07620	0.15240	3.05711	0.04383	0.12065	4.87783	0.38807	0.12065	4.87783	0.90953	0.15240	3.05711	0.04383	7.31989
6	3	2.83062	0.64570	0.07620	0.15240	2.97632	0.04154	0.12065	4.74892	0.36782	0.12065	4.74892	0.86209	0.15240	2.97632	0.04154	7.71312
7	12.5	1.44983	0.64570	0.07620	0.15240	0.00000	0.00000	0.12065	0.00000	0.00000	0.12065	0.00000	0.00000	0.15240	0.00000	0.00000	14.51933

หมายเหตุ อุณหภูมิของน้ำขณะทำการทดลองมีค่า 27 องศา

## ข.2 สูบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบใบ 30 องศา

ตารางที่ ข.5 ผลการคำนวณหาหัวรวมของสูบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบใบ 30 องศา

ครั้งที่	Pressure Head		Elevation Head		ท่อตรง 1			ท่ออ 90 องศา			ท่อขยายขนาด			ท่อตรง 2			Total Head
	ทางออก	ทางเข้า	ทางออก	ทางเข้า	D	V	h	D	V	h	D	V	h	D	V	h	
1	6	3.79717	0.64570	0.07620	0.15240	4.28325	0.08603	0.12065	6.83421	0.76178	0.12065	6.83421	1.78541	0.15240	4.28325	0.08603	13.08593
2	8.5	3.45197	0.64570	0.07620	0.15240	3.83064	0.06881	0.12065	6.11205	0.60929	0.12065	6.11205	1.42803	0.15240	3.83064	0.06881	14.69642
3	11	2.76158	0.64570	0.07620	0.15240	3.35101	0.05266	0.12065	5.34676	0.46626	0.12065	5.34676	1.09281	0.15240	3.35101	0.05266	15.99547
4	12.2	2.41638	0.64570	0.07620	0.15240	2.98526	0.04179	0.12065	4.76318	0.37004	0.12065	4.76318	0.86727	0.15240	2.98526	0.04179	16.50678
5	13.7	2.07118	0.64570	0.07620	0.15240	2.46731	0.02855	0.12065	3.93675	0.25277	0.12065	3.93675	0.59243	0.15240	2.46731	0.02855	17.24298
6	14.7	1.72599	0.64570	0.07620	0.15240	1.91111	0.01713	0.12065	3.04931	0.15165	0.12065	3.04931	0.35544	0.15240	1.91111	0.01713	17.53684
7	15.5	1.72599	0.64570	0.07620	0.15240	1.37558	0.00887	0.12065	2.19483	0.07857	0.12065	2.19483	0.18415	0.15240	1.37558	0.00887	18.07595
8	15.5	1.38079	0.64570	0.07620	0.15240	1.05542	0.00522	0.12065	1.68399	0.04625	0.12065	1.68399	0.10840	0.15240	1.05542	0.00522	17.61539
9	15.5	1.03559	0.64570	0.07620	0.15240	0.79426	0.00296	0.12065	1.26729	0.02619	0.12065	1.26729	0.06139	0.15240	0.79426	0.00296	17.19860
10	15.5	1.03559	0.64570	0.07620	0.15240	0.09741	0.00004	0.12065	0.15542	0.00039	0.12065	0.15542	0.00092	0.15240	0.09741	0.00004	17.10650
11	16	0.69039	0.64570	0.07620	0.15240	0.00000	0.00000	0.12065	0.00000	0.00000	0.12065	0.00000	0.00000	0.15240	0.00000	0.00000	17.25989

หมายเหตุ อุณหภูมิของน้ำขณะทำการทดลองมีค่า 27 องศา

ตารางที่ ข.6 ผลการคำนวณหาหัวรวมของสูบที่มีมุมที่ทางออกของกليبใบ 30 องศา (กึ่งกليبใบออกจากทางด้านในเป็นระยะ 5 ม.ม.)

ครั้งที่	Pressure Head		Elevation Head		ท่อตรง 1			ท่อง 90 องศา			ท่อขยายขนาด			ท่อตรง 2			Total Head
	ทางออก	ทางเข้า	ทางออก	ทางเข้า	D	V	h	D	V	h	D	V	h	D	V	h	
1	1	4.48757	0.64570	0.07620	0.15240	4.75534	0.10604	0.12065	7.58748	0.93896	0.12065	7.58748	2.20068	0.15240	4.75534	0.10604	9.40879
2	2	4.31497	0.64570	0.07620	0.15240	4.65938	0.10181	0.12065	7.43436	0.90144	0.12065	7.43436	2.11275	0.15240	4.65938	0.10181	10.10228
3	3	4.14237	0.64570	0.07620	0.15240	4.60640	0.09951	0.12065	7.34982	0.88106	0.12065	7.34982	2.06498	0.15240	4.60640	0.09951	10.85692
4	4	3.96977	0.64570	0.07620	0.15240	4.46976	0.09369	0.12065	7.13181	0.82957	0.12065	7.13181	1.94429	0.15240	4.46976	0.09369	11.50051
5	5	3.79717	0.64570	0.07620	0.15240	4.33475	0.08812	0.12065	6.91638	0.78020	0.12065	6.91638	1.82861	0.15240	4.33475	0.08812	12.15171
6	6	3.62457	0.64570	0.07620	0.15240	4.17080	0.08158	0.12065	6.65479	0.72230	0.12065	6.65479	1.69290	0.15240	4.17080	0.08158	12.77243
7	7	3.45197	0.64570	0.07620	0.15240	3.98932	0.07463	0.12065	6.36523	0.66081	0.12065	6.36523	1.54878	0.15240	3.98932	0.07463	13.38033
8	7.5	3.45197	0.64570	0.07620	0.15240	3.89976	0.07132	0.12065	6.22232	0.63148	0.12065	6.22232	1.48002	0.15240	3.89976	0.07132	13.77561
9	8	3.27938	0.64570	0.07620	0.15240	3.79137	0.06741	0.12065	6.04938	0.59686	0.12065	6.04938	1.39889	0.15240	3.79137	0.06741	13.97945
10	9	3.10678	0.64570	0.07620	0.15240	3.63583	0.06199	0.12065	5.80121	0.54889	0.12065	5.80121	1.28647	0.15240	3.63583	0.06199	14.63562
11	9.5	3.10678	0.64570	0.07620	0.15240	3.47333	0.05657	0.12065	5.54194	0.50093	0.12065	5.54194	1.17405	0.15240	3.47333	0.05657	14.96440
12	10	2.93418	0.64570	0.07620	0.15240	3.33234	0.05207	0.12065	5.31697	0.46108	0.12065	5.31697	1.08066	0.15240	3.33234	0.05207	15.14957
13	16	0.69039	0.64570	0.07620	0.15240	0.00000	0.00000	0.12065	0.00000	0.00000	0.12065	0.00000	0.00000	0.15240	0.00000	0.00000	17.25989

หมายเหตุ อุณหภูมิของน้ำขณะทำการทดลองมีค่า 27 องศา

ตารางที่ ข.7 ผลการคำนวณหาหัวรวมของสูบที่มีมุมที่ทางออกของกليبใบ 30 องศา (กึ่งกليبใบออกจากทางด้านในเป็นระยะ 10 ม.ม.)

ครั้งที่	Pressure Head		Elevation Head		ท่อตรง 1			ท่อ 90 องศา			ท่อขยายขนาด			ท่อตรง 2			Total Head
	ทางออก	ทางเข้า	ทางออก	ทางเข้า	D	V	h	D	V	h	D	V	h	D	V	h	
1	0.5	4.31497	0.64570	0.07620	0.15240	4.75534	0.10604	0.12065	7.58748	0.93896	0.12065	7.58748	2.20068	0.15240	4.75534	0.10604	8.73619
2	1	4.31497	0.64570	0.07620	0.15240	4.70194	0.10368	0.12065	7.50226	0.91798	0.12065	7.50226	2.15152	0.15240	4.70194	0.10368	9.16133
3	1.5	4.28045	0.64570	0.07620	0.15240	4.68064	0.10274	0.12065	7.46828	0.90969	0.12065	7.46828	2.13208	0.15240	4.68064	0.10274	9.59719
4	2	4.28045	0.64570	0.07620	0.15240	4.64876	0.10134	0.12065	7.41742	0.89734	0.12065	7.41742	2.10314	0.15240	4.64876	0.10134	10.05312
5	2.5	4.24593	0.64570	0.07620	0.15240	4.59583	0.09905	0.12065	7.33296	0.87702	0.12065	7.33296	2.05552	0.15240	4.59583	0.09905	10.44606
6	3	4.21141	0.64570	0.07620	0.15240	4.54314	0.09679	0.12065	7.24888	0.85702	0.12065	7.24888	2.00865	0.15240	4.54314	0.09679	10.84017
7	3.5	4.14237	0.64570	0.07620	0.15240	4.44889	0.09282	0.12065	7.09850	0.82183	0.12065	7.09850	1.92617	0.15240	4.44889	0.09282	11.14551
8	4	3.96977	0.64570	0.07620	0.15240	4.31412	0.08728	0.12065	6.88347	0.77280	0.12065	6.88347	1.81124	0.15240	4.31412	0.08728	11.29787
9	4.5	3.86621	0.64570	0.07620	0.15240	4.18097	0.08197	0.12065	6.67103	0.72583	0.12065	6.67103	1.70117	0.15240	4.18097	0.08197	11.52666
10	5	3.62457	0.64570	0.07620	0.15240	4.00933	0.07538	0.12065	6.39715	0.66746	0.12065	6.39715	1.56436	0.15240	4.00933	0.07538	11.57665
11	15	1.44983	0.64570	0.07620	0.15240	0.00000	0.00000	0.12065	0.00000	0.00000	0.12065	0.00000	0.00000	0.15240	0.00000	0.00000	17.01933

หมายเหตุ: อุณหภูมิของน้ำขณะทำการทดลองมีค่า 27 องศา

ตารางที่ ๘.8 ผลการคำนวณหาหัวรวมของสูบที่มีมุมที่ทางออกของกليبใบ 30 องศา (กึ่งกليبใบออกจากทางด้านในเป็นระยะ 15 ม.ม.)

ครั้งที่	Pressure Head		Elevation Head		ท่อตรง 1			ท่ออ 90 องศา			ท่อขยายขนาด			ท่อตรง 2			Total Head
	ทางออก	ทางเข้า	ทางออก	ทางเข้า	D	V	h	D	V	h	D	V	h	D	V	h	
1	0	4.21141	0.64570	0.07620	0.15240	4.51163	0.09545	0.12065	7.19862	0.84518	0.12065	7.19862	1.98089	0.15240	4.51163	0.09545	7.79789
2	0.5	4.14237	0.64570	0.07620	0.15240	4.40725	0.09109	0.12065	7.03206	0.80652	0.12065	7.03206	1.89029	0.15240	4.40725	0.09109	8.09085
3	1	4.07333	0.64570	0.07620	0.15240	4.26272	0.08521	0.12065	6.80145	0.75449	0.12065	6.80145	1.76834	0.15240	4.26272	0.08521	8.33608
4	1.5	3.96977	0.64570	0.07620	0.15240	4.10996	0.07921	0.12065	6.55771	0.70138	0.12065	6.55771	1.64387	0.15240	4.10996	0.07921	8.54295
5	2	3.86621	0.64570	0.07620	0.15240	4.00933	0.07538	0.12065	6.39715	0.66746	0.12065	6.39715	1.56436	0.15240	4.00933	0.07538	8.81829
6	2.5	3.72813	0.64570	0.07620	0.15240	3.88985	0.07096	0.12065	6.20652	0.62827	0.12065	6.20652	1.47251	0.15240	3.88985	0.07096	9.04033
7	3	3.59005	0.64570	0.07620	0.15240	3.71328	0.06466	0.12065	5.92479	0.57253	0.12065	5.92479	1.34186	0.15240	3.71328	0.06466	9.20327
8	14.5	1.44983	0.64570	0.07620	0.15240	0.00000	0.00000	0.12065	0.00000	0.00000	0.12065	0.00000	0.00000	0.15240	0.00000	0.00000	16.51933

หมายเหตุ อุณหภูมิของน้ำขณะทำการทดลองมีค่า 27 องศา



### ข.3 สูบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบบใบ 45 องศา

ตารางที่ ข.9 ผลการคำนวณหาหัวรวมของสูบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบบใบ 45 องศา

ครั้งที่	Pressure Head		Elevation Head		ท่อตรง 1			ท่ออ 90 องศา			ท่อขยายขนาด			ท่อตรง 2			Total Head
	ทางออก	ทางเข้า	ทางออก	ทางเข้า	D	V	h	D	V	h	D	V	h	D	V	h	
1	7	4.14237	0.64570	0.07620	0.15240	4.43846	0.09238	0.12065	7.08187	0.81799	0.12065	7.08187	1.91716	0.15240	4.43846	0.09238	14.63178
2	10	3.79717	0.64570	0.07620	0.15240	4.02937	0.07614	0.12065	6.42914	0.67415	0.12065	6.42914	1.58004	0.15240	4.02937	0.07614	16.77314
3	12.5	3.10678	0.64570	0.07620	0.15240	3.53989	0.05876	0.12065	5.64814	0.52031	0.12065	5.64814	1.21948	0.15240	3.53989	0.05876	18.03359
4	14.5	2.76158	0.64570	0.07620	0.15240	3.03009	0.04306	0.12065	4.83472	0.38124	0.12065	4.83472	0.89352	0.15240	3.03009	0.04306	19.19195
5	15.5	2.41638	0.64570	0.07620	0.15240	2.55103	0.03052	0.12065	4.07035	0.27022	0.12065	4.07035	0.63332	0.15240	2.55103	0.03052	19.45046
6	16	2.07118	0.64570	0.07620	0.15240	2.22247	0.02316	0.12065	3.54610	0.20509	0.12065	3.54610	0.48069	0.15240	2.22247	0.02316	19.37280
7	16.5	1.72599	0.64570	0.07620	0.15240	1.83602	0.01581	0.12065	2.92949	0.13997	0.12065	2.92949	0.32806	0.15240	1.83602	0.01581	19.29513
8	17	1.72599	0.64570	0.07620	0.15240	1.61748	0.01227	0.12065	2.58080	0.10863	0.12065	2.58080	0.25461	0.15240	1.61748	0.01227	19.68326
9	17	1.38079	0.64570	0.07620	0.15240	1.27633	0.00764	0.12065	2.03648	0.06764	0.12065	2.03648	0.15853	0.15240	1.27633	0.00764	19.19174
10	17.2	1.03559	0.64570	0.07620	0.15240	1.02511	0.00493	0.12065	1.63563	0.04363	0.12065	1.63563	0.10227	0.15240	1.02511	0.00493	18.96085
11	17.5	0.34520	0.64570	0.07620	0.15240	0.00000	0.00000	0.12065	0.00000	0.00000	0.12065	0.00000	0.00000	0.15240	0.00000	0.00000	18.41470

หมายเหตุ อุณหภูมิของน้ำขณะทำการทดลองมีค่า 27 องศา

ตารางที่ ข.10 ผลการคำนวณหาหัวรวมของสูบที่มีมุมที่ทางออกของกليبใบ 45 องศา (กึ่งกليبใบออกจากทางด้านในเป็นระยะ 5 ม.ม.)

ครั้งที่	Pressure Head		Elevation Head		ท่อตรง 1			ท่อง 90 องศา			ท่อขยายขนาด			ท่อตรง 2			Total Head
	ทางออก	ทางเข้า	ทางออก	ทางเข้า	D	V	h	D	V	h	D	V	h	D	V	h	
1	0.8	4.66017	0.64570	0.07620	0.15240	4.80899	0.10845	0.12065	7.67307	0.96026	0.12065	7.67307	2.25061	0.15240	4.80899	0.10845	9.45744
2	3	4.48757	0.64570	0.07620	0.15240	4.72327	0.10462	0.12065	7.53630	0.92633	0.12065	7.53630	2.17109	0.15240	4.72327	0.10462	11.36373
3	5	4.31497	0.64570	0.07620	0.15240	4.54314	0.09679	0.12065	7.24888	0.85702	0.12065	7.24888	2.00865	0.15240	4.54314	0.09679	12.94372
4	5.5	4.31497	0.64570	0.07620	0.15240	4.46976	0.09369	0.12065	7.13181	0.82957	0.12065	7.13181	1.94429	0.15240	4.46976	0.09369	13.34571
5	6	4.14237	0.64570	0.07620	0.15240	4.42805	0.09195	0.12065	7.06525	0.81415	0.12065	7.06525	1.90817	0.15240	4.42805	0.09195	13.61809
6	6.5	3.96977	0.64570	0.07620	0.15240	4.33475	0.08812	0.12065	6.91638	0.78020	0.12065	6.91638	1.82861	0.15240	4.33475	0.08812	13.82431
7	7	3.96977	0.64570	0.07620	0.15240	4.27298	0.08562	0.12065	6.81782	0.75813	0.12065	6.81782	1.77686	0.15240	4.27298	0.08562	14.24551
8	7.5	3.79717	0.64570	0.07620	0.15240	4.20135	0.08278	0.12065	6.70354	0.73292	0.12065	6.70354	1.71779	0.15240	4.20135	0.08278	14.48294
9	8	3.79717	0.64570	0.07620	0.15240	4.10996	0.07921	0.12065	6.55771	0.70138	0.12065	6.55771	1.64387	0.15240	4.10996	0.07921	14.87035
10	8.5	3.62457	0.64570	0.07620	0.15240	4.01935	0.07576	0.12065	6.41314	0.67080	0.12065	6.41314	1.57218	0.15240	4.01935	0.07576	15.08857
11	9	3.62457	0.64570	0.07620	0.15240	3.87008	0.07024	0.12065	6.17497	0.62190	0.12065	6.17497	1.45758	0.15240	3.87008	0.07024	15.41403
12	17.5	0.34520	0.64570	0.07620	0.15240	0.00000	0.00000	0.12065	0.00000	0.00000	0.12065	0.00000	0.00000	0.15240	0.00000	0.00000	18.41470

หมายเหตุ อุณหภูมิของน้ำขณะทำการทดลองมีค่า 27 องศา

ตารางที่ ข.11 ผลการคำนวณหาหัวรวมของสูบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบใบ 45 องศา (กลีบกลีบใบออกจากทางด้านในเป็นระยะ 10 ม.ม.)

ครั้งที่	Pressure Head		Elevation Head		ท่อตรง 1			ท่ออ 90 องศา			ท่อขยายขนาด			ท่อตรง 2			Total Head
	ทางออก	ทางเข้า	ทางออก	ทางเข้า	D	V	h	D	V	h	D	V	h	D	V	h	
1	0.5	4.62565	0.64570	0.07620	0.15240	4.70194	0.10368	0.12065	7.50226	0.91798	0.12065	7.50226	2.15152	0.15240	4.70194	0.10368	8.97201
2	1	4.66017	0.64570	0.07620	0.15240	4.61698	0.09996	0.12065	7.36670	0.88511	0.12065	7.36670	2.07447	0.15240	4.61698	0.09996	9.38918
3	2	4.48757	0.64570	0.07620	0.15240	4.54314	0.09679	0.12065	7.24888	0.85702	0.12065	7.24888	2.00865	0.15240	4.54314	0.09679	10.11632
4	2.5	4.38401	0.64570	0.07620	0.15240	4.46976	0.09369	0.12065	7.13181	0.82957	0.12065	7.13181	1.94429	0.15240	4.46976	0.09369	10.41475
5	3	4.31497	0.64570	0.07620	0.15240	4.39686	0.09066	0.12065	7.01549	0.80272	0.12065	7.01549	1.88139	0.15240	4.39686	0.09066	10.74990
6	3.5	4.21141	0.64570	0.07620	0.15240	4.31412	0.08728	0.12065	6.88347	0.77280	0.12065	6.88347	1.81124	0.15240	4.31412	0.08728	11.03951
7	4	4.14237	0.64570	0.07620	0.15240	4.24222	0.08439	0.12065	6.76875	0.74725	0.12065	6.76875	1.75138	0.15240	4.24222	0.08439	11.37929
8	4.5	3.96977	0.64570	0.07620	0.15240	4.17080	0.08158	0.12065	6.65479	0.72230	0.12065	6.65479	1.69290	0.15240	4.17080	0.08158	11.61763
9	15.8	0.69039	0.64570	0.07620	0.15240	0.00000	0.00000	0.12065	0.00000	0.00000	0.12065	0.00000	0.00000	0.15240	0.00000	0.00000	17.05989

หมายเหตุ อุณหภูมิของน้ำขณะทำการทดลองมีค่า 27 องศา

ตารางที่ ข.12 ผลการคำนวณหาหัวรวมของสูบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบใบ 45 องศา (กลีบกลีบใบออกจากทางด้านในเป็นระยะ 15 ม.ม.)

ครั้งที่	Pressure Head		Elevation Head		ท่อตรง 1			ท่อ 90 องศา			ท่อขยายขนาด			ท่อตรง 2			Total Head
	ทางออก	ทางเข้า	ทางออก	ทางเข้า	D	V	h	D	V	h	D	V	h	D	V	h	
1	0.5	4.28045	0.64570	0.07620	0.15240	4.48022	0.09413	0.12065	7.14849	0.83345	0.12065	7.14849	1.95340	0.15240	4.48022	0.09413	8.32505
2	1	4.24593	0.64570	0.07620	0.15240	4.36576	0.08938	0.12065	6.96587	0.79141	0.12065	6.96587	1.85487	0.15240	4.36576	0.08938	8.64047
3	1.5	4.21141	0.64570	0.07620	0.15240	4.30382	0.08686	0.12065	6.86703	0.76911	0.12065	6.86703	1.80260	0.15240	4.30382	0.08686	9.02635
4	2	3.96977	0.64570	0.07620	0.15240	4.23199	0.08399	0.12065	6.75243	0.74365	0.12065	6.75243	1.74294	0.15240	4.23199	0.08399	9.19384
5	2.5	3.79717	0.64570	0.07620	0.15240	3.96935	0.07389	0.12065	6.33336	0.65421	0.12065	6.33336	1.53331	0.15240	3.96935	0.07389	9.20197
6	3	3.55553	0.64570	0.07620	0.15240	3.73274	0.06534	0.12065	5.95585	0.57855	0.12065	5.95585	1.35597	0.15240	3.73274	0.06534	9.19023
7	16	1.44983	0.64570	0.07620	0.15240	0.00000	0.00000	0.12065	0.00000	0.00000	0.12065	0.00000	0.00000	0.15240	0.00000	0.00000	18.01933

หมายเหตุ อุณหภูมิของน้ำขณะทำการทดลองมีค่า 27 องศา

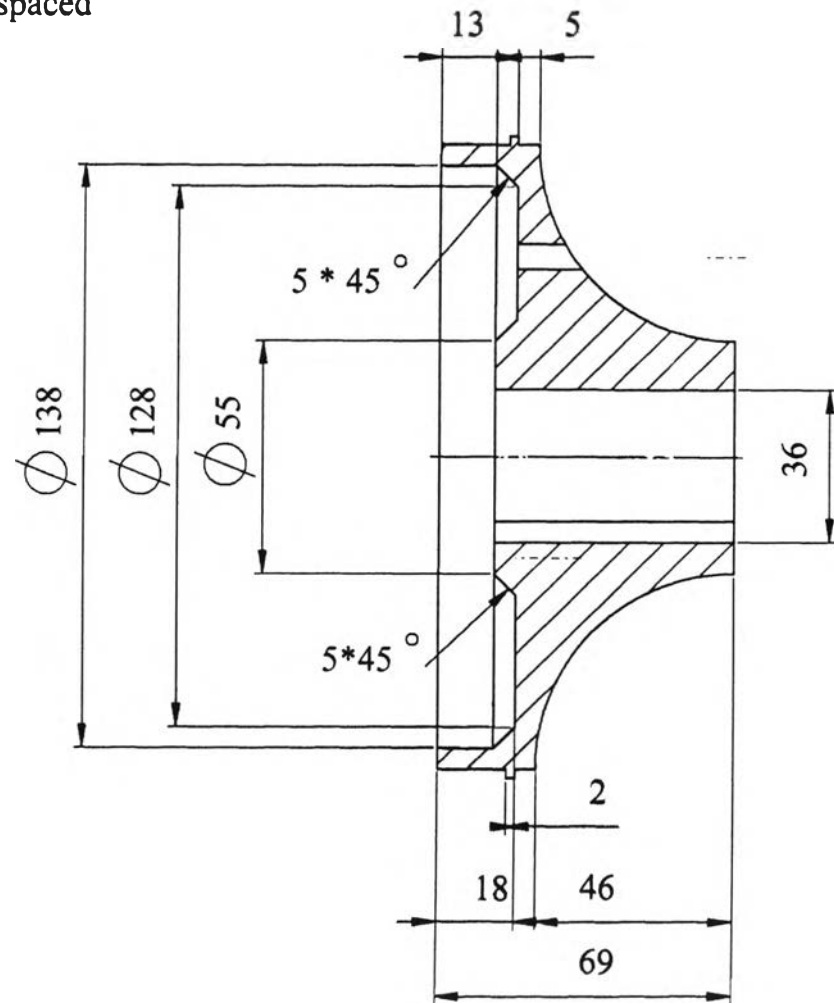
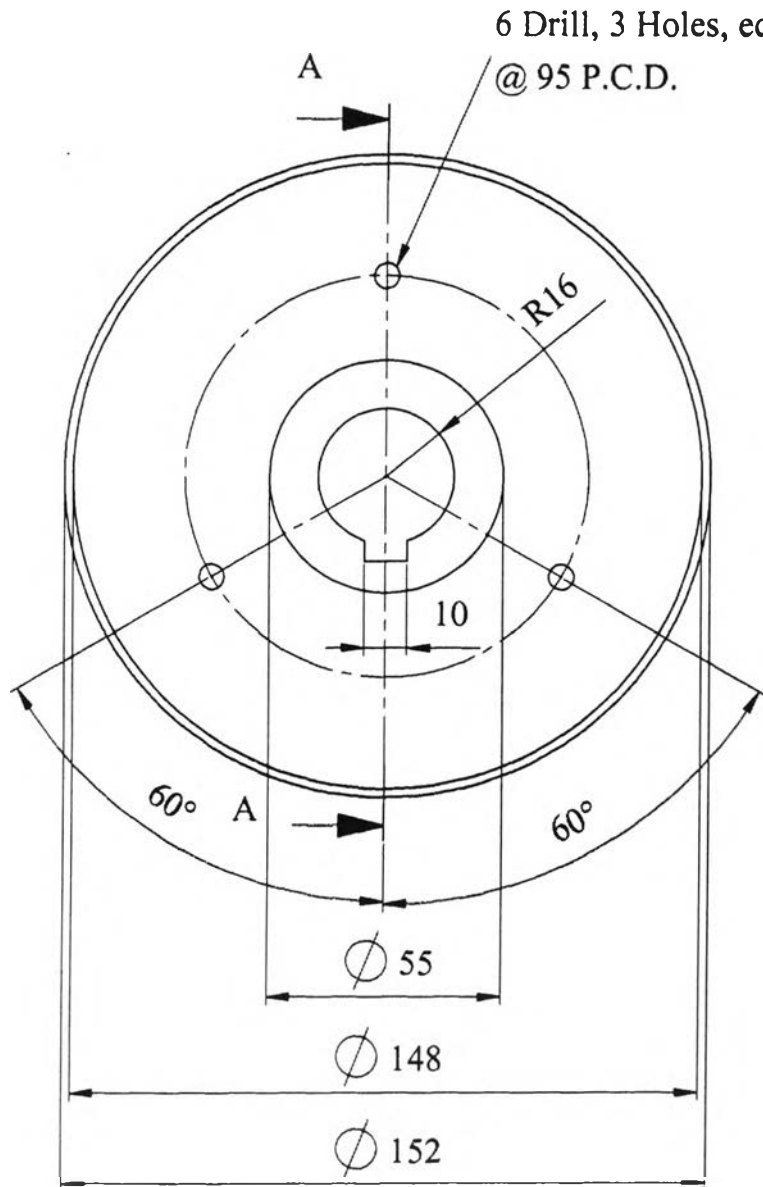
## ภาคผนวก ข

### แบบประกอบและแบบรายละเอียดของใบพัดทดสอบ

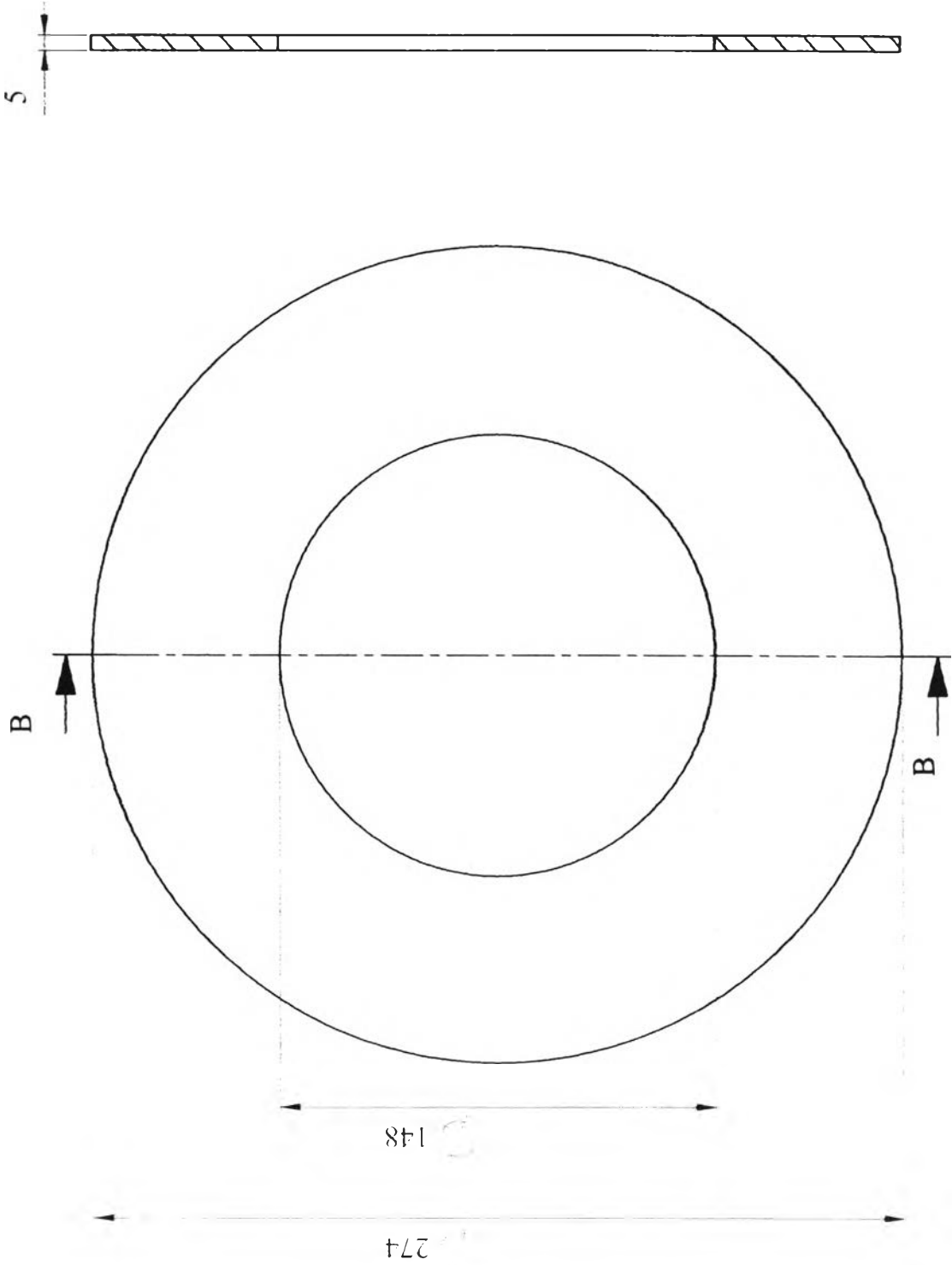
รายละเอียดของแบบใบพัดทดสอบมีดังนี้

- Suction Eye
- Plate
- แผ่นประกอบใบพัด
- กลีบใบพัดที่มุมที่ทางออกของกลีบใบ 15 องศา
- กลีบใบพัดที่มุมที่ทางออกของกลีบใบ 30 องศา
- กลีบใบพัดที่มุมที่ทางออกของกลีบใบ 45 องศา

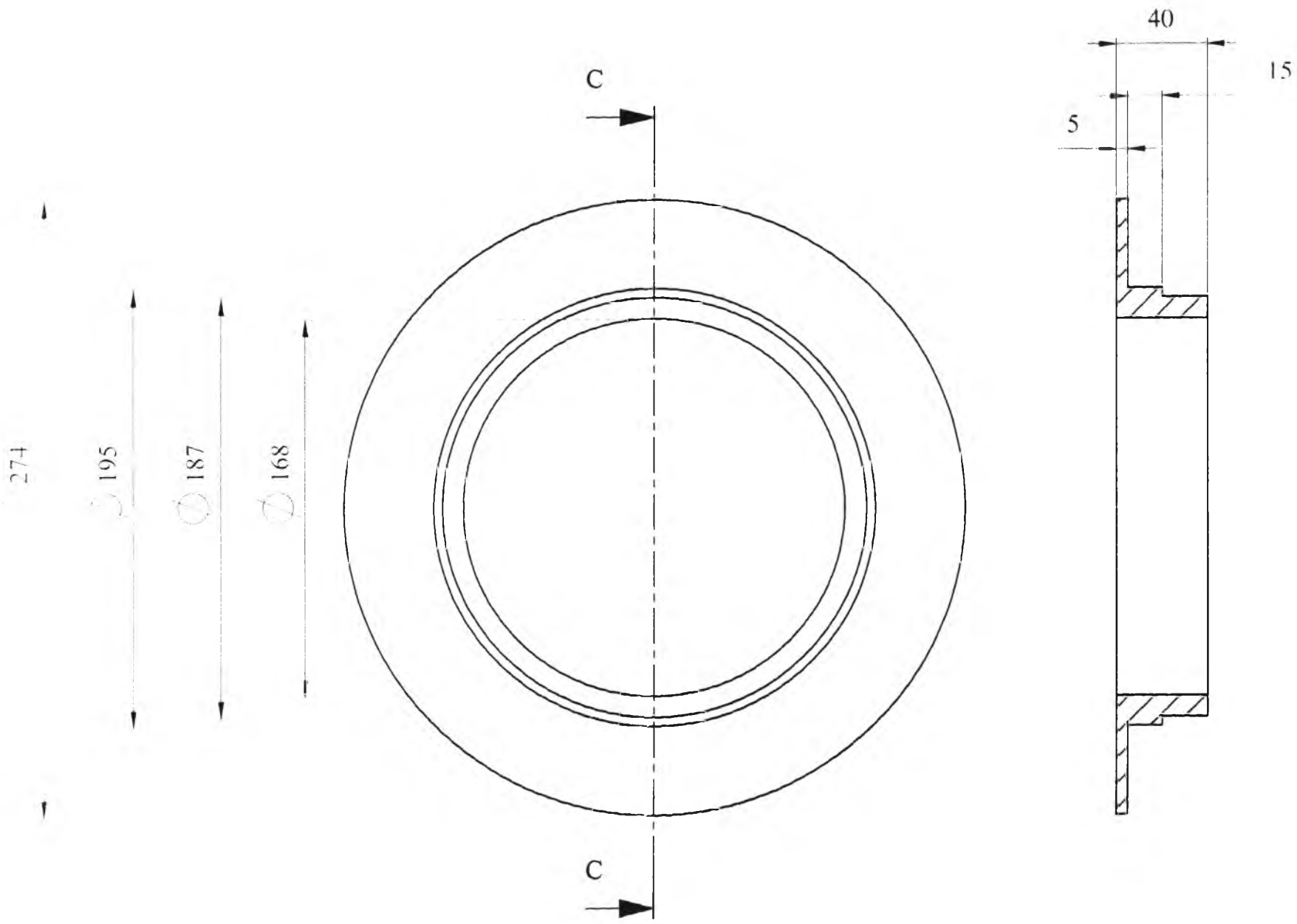
โดยแต่ละชิ้นส่วนมีรายละเอียดดังนี้



SUCTION EYE

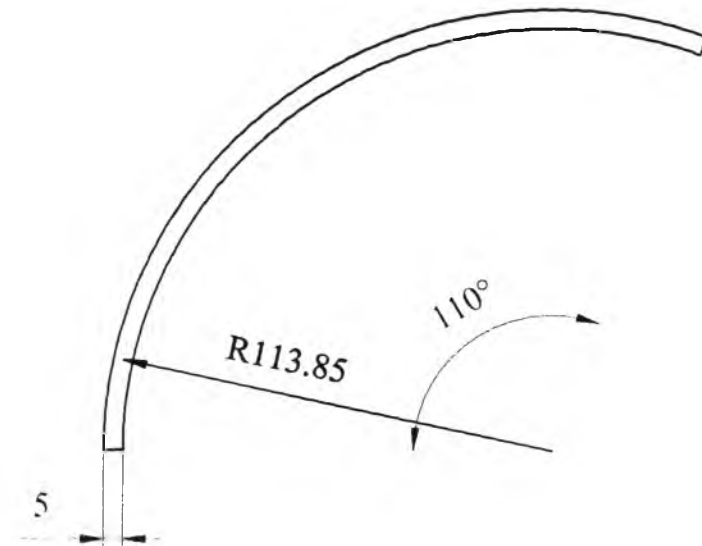
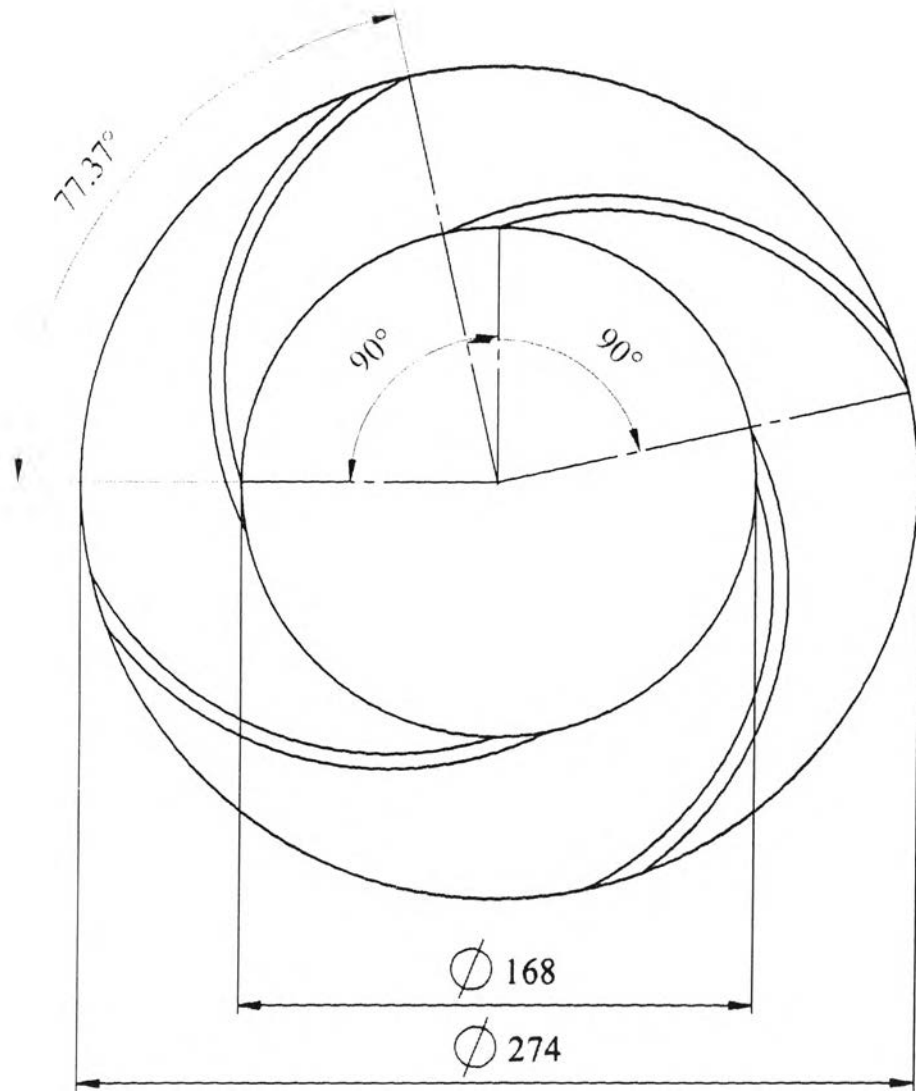


PLATE

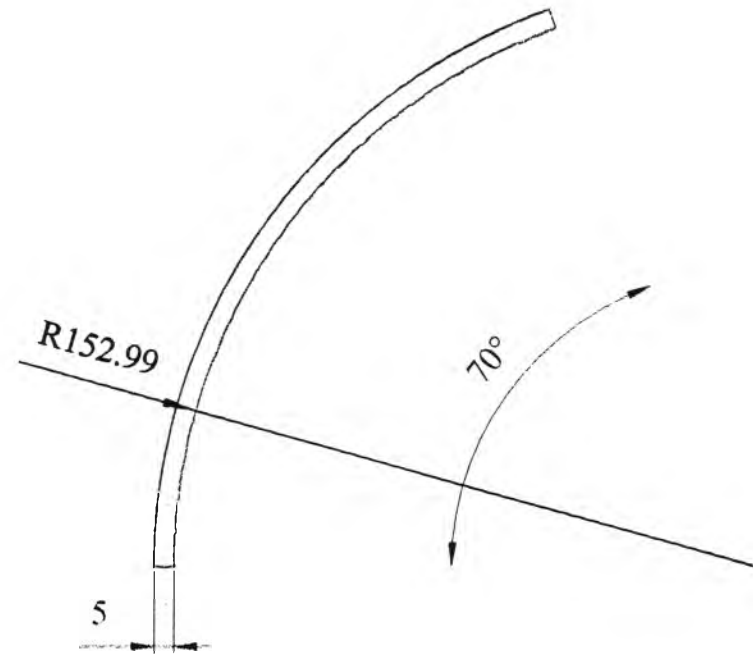
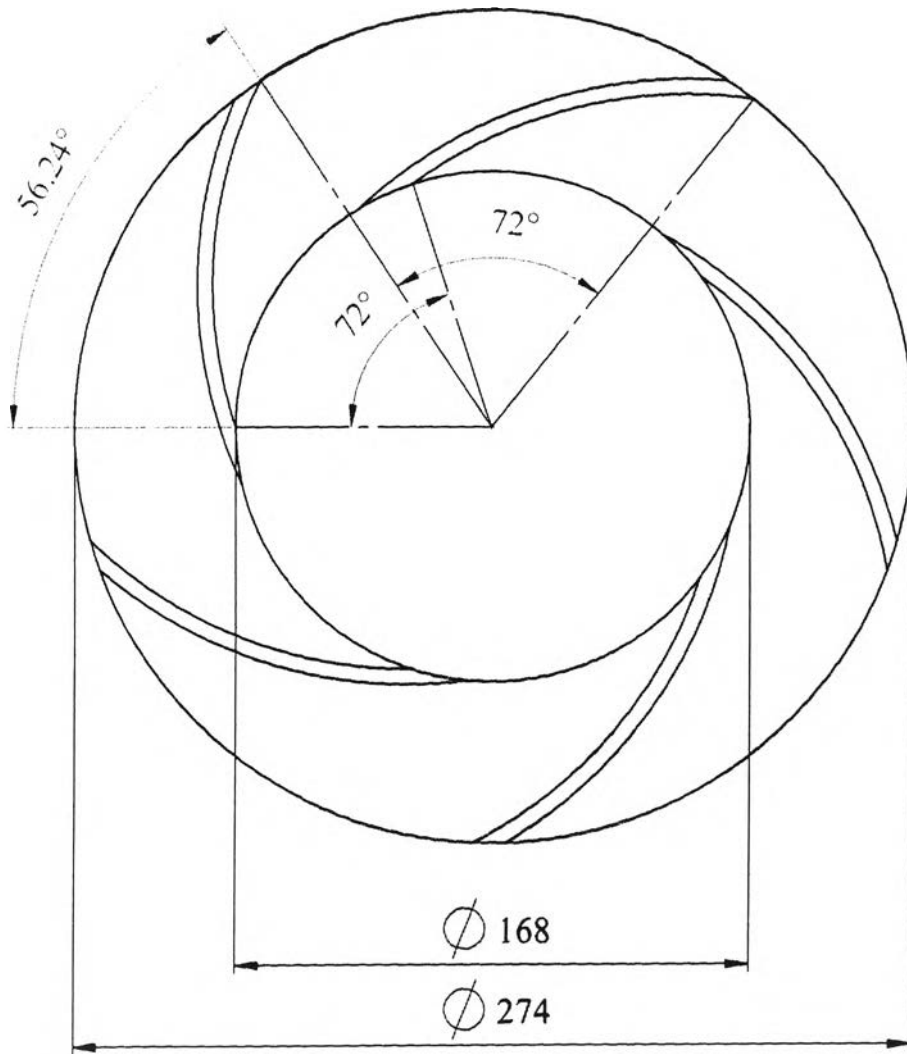


แผ่นประกบใบพัด

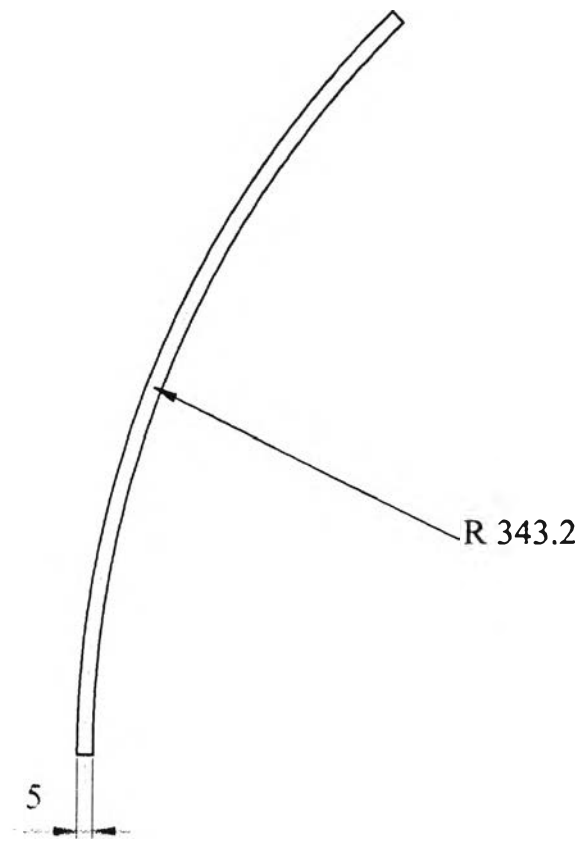
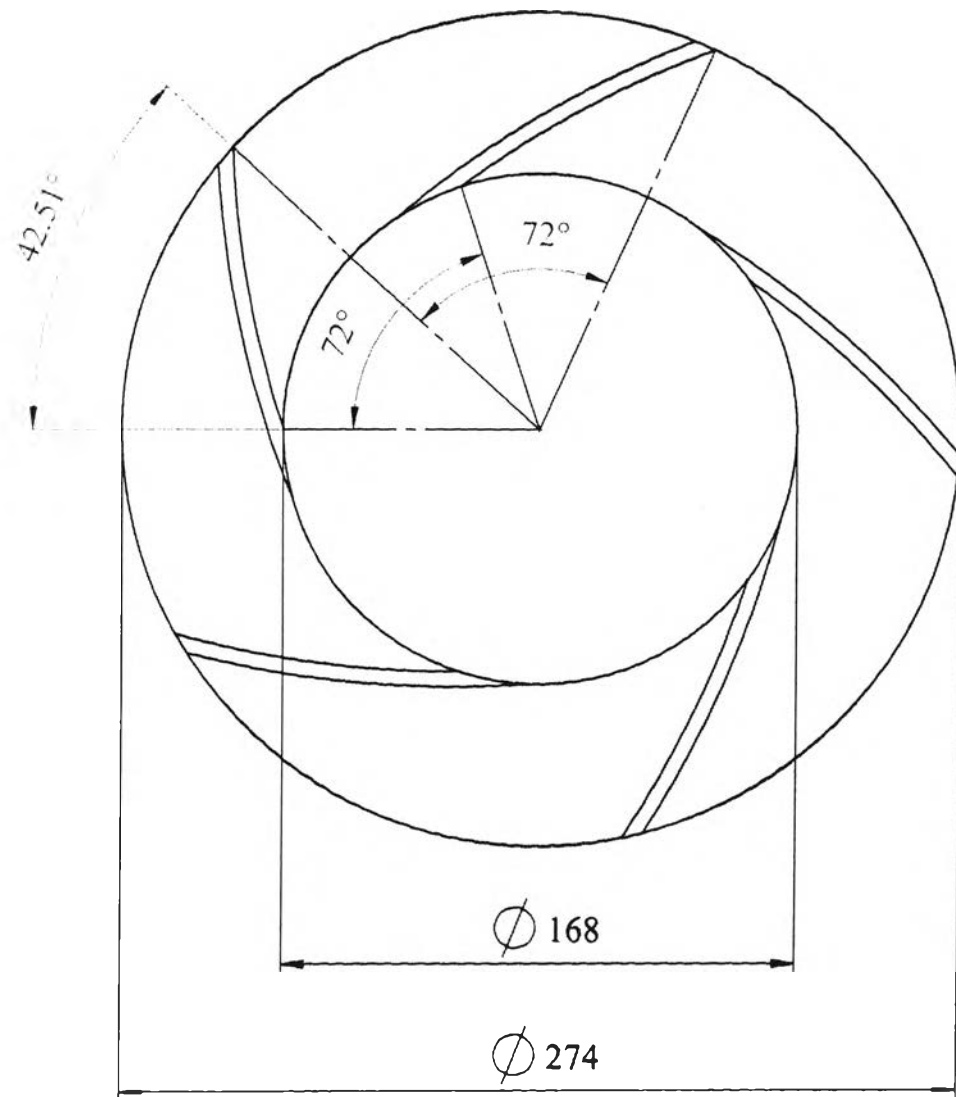




กลีบใบพัดที่มุมที่ทางออกของกลีบใบ 15 องศา



กลีบใบพัดที่มุมที่ทาออกของกลีบใบ 30 องศา



กลีบใบพัดที่มุมที่ทางออกของกลีบใบ 45 องศา

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายปวีศ หนูเกตุ เกิดเมื่อวันที่ 7 เดือนกุมภาพันธ์ พุทธศักราช 2523 ที่จังหวัดราชบุรี สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เมื่อปีการศึกษา 2544 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเมื่อปีการศึกษา 2545

