วิธีการดำเนินงานวิจัย

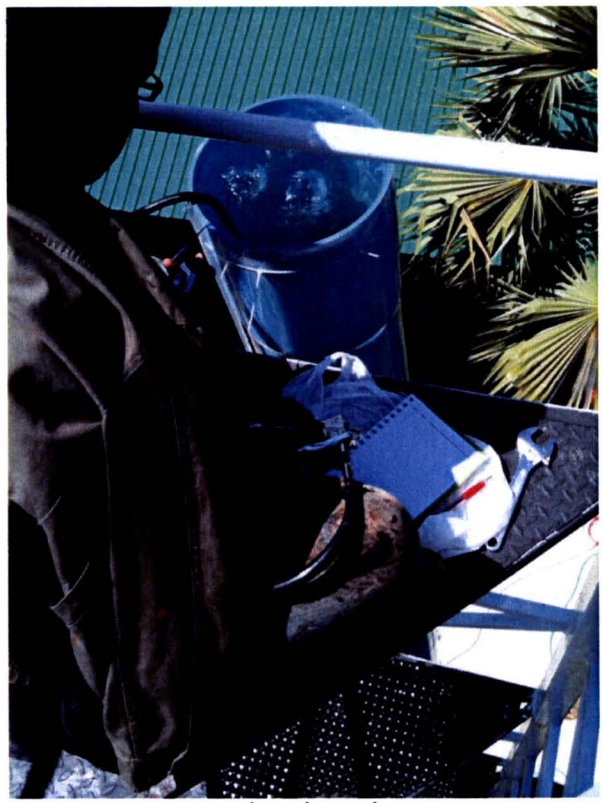
ในการวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาและพัฒนาเครื่องมือที่จะใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดีขึ้น ด้วยวิธีการเติมออกซิเจนลงในน้ำ โดยเครื่องปั๊มน้ำพลังงานภายในที่ไม่พลังงานสิ้นเปลืองสามารถทำงานได้เองตลอดเวลา ไม่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมหรือระบบนิเวศวิทยาทางธรรมชาติ

จากการรวบรวมข้อมูลที่ศึกษาถึงกระบวนการและวิธีการที่เกี่ยวพันธ์กับการที่น้ำแลกเปลี่ยนออกซิเจนกับอากาศ สิ่งมีชีวิต และสารเคมีอื่นๆ ของทางน้ำธรรมชาติ พบว่าในทางน้ำธรรมชาติมีกระบวนการที่ช่วยในการรักษาระดับออกซิเจนในน้ำ เช่น การสังเคราห์แสงของพืชน้ำ การไหลที่ปั่นป่วน การสำผัสอากาศของน้ำเป็นต้น ทั้งนี้กระบวนการเหล่านี้สามารถแปรผันลดลงและเพิ่มขึ้นตามฤดูกาลและสภาพสิ่งแวดล้อมในบริเวณนั้น การที่จะปรับปรุงคุณภาพน้ำในแม่น้ำธรรมชาติจะมีกระบวนการที่ซับซ้อนและสามารถนำมาใช้ได้หลายวิธี เช่น การเพิ่มออกซิเจนให้กับน้ำโดยการให้น้ำสำผัสกับอากาศ การสร้างความแปรปรวนให้กับกระแสน้ำเพื่อกระจายเพิ่มตัวและการแลกเปลี่ยนของออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศที่ผิวน้ำ

เพื่อทดสอบความสามารถในการดูดทรัพย์ออกซิเจนของน้ำที่สภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกันออกไปได้ทำการศึกษาและทดลองประสิทธิภาพของการเติมอากาศลงในน้ำด้วยวิธีต่างๆในภาคสนามดังรูปที่ 3.1ที่มีตัวแปรแตกต่างกันออกไป เช่น ขนาดของฟองอากาศ อุณหภูมิที่แตกต่าง ปริมาณความเข้มข้นของออกซิเจนเริ่มต้น ระยะเวลาที่อากาศสัมผัสกับน้ำ เป็นต้น ทั้งนี้ได้มีการกำหนดและควบคุมตัวแปรเฉพาะส่วนที่มีผลต่อการดูดซึมออกซิเจนของน้ำ ในการทดสอบเบื้องต้นได้ใช้วิธีการเติมอากาศลงในน้ำเสียตัวอย่างดังรูปที่โดยเครื่องปั๊มอากาศไฟฟ้าเพื่อที่จะศึกษาความสามารถในการดูดซึมอากาศของน้ำที่เวลาต่างๆกัน โดยในการทดลองกจะต้องทำการควบคุมอุณหภูมิและอัตราการให้อากาศ เพื่อลดความแปรปรวนที่จะเกิดขึ้นได้

ระยะเวลาที่อากาศจะสัมผัสกับน้ำเป็นตัวแปรหนึ่งที่สำคัญต่อการดูดซึมออกซิเจนของน้ำ จึงได้ทำการคำนวณหาระยะเวลาที่ฟองอากาศจะอยู่ในน้ำทำโดยการปล่อยอากาศใต้น้ำแล้วจับเวลาเพื่อคำนวณความเร็วการเคลื่อนที่ของฟองอากาศขนาดต่างๆ ดังรูปที่ 3.2 จากความเร็วของการเคลื่อนที่ของฟองอากาศขนาดต่างๆในแนวดิ่งจะสามารถนำมาคำนวณเป็นเวลาที่อากาศจะสัมผัสกับน้ำได้

รูปที่3.1 การทดสอบความสามารถในการดูดซึมออกซิเจนของน้ำเสียโดยการเติมอากาศ



รูปที่ 3.2การทดสอบหาความเร็วการเคลื่อนที่แนวดิ่งของฟองอากาศขนาดต่างๆ

เพื่อให้การออกแบบเครื่องปั๊มน้ำพลังงานภายในเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสามารถทำงานได้และสอดคล้องกับการสภาพตามธรรมชาติ จึงทำการสำรวจในบริเวณพื้นที่ลำน้ำที่มีปัญหาคุณภาพน้ำเพื่อหาชนิดและปริมาณพลังงานที่มีอยู่ในบริเวณและเหมาะสมในการที่จะใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ การสำรวจพบว่าพลังงานที่เหมาะสมเพื่อจะใช้คือพลังงานความเร็วจากกระแสน้ำ ตารางที่ 3.1 แสดงความเร็วของกระแสน้ำที่ได้จากการสำรวจบริเวณคลองที่มีปัญหาทางคุณภาพน้ำ

ตารางที่ 3.1 ตารางความเร็วของการไหลของน้ำในแม่น้ำที่ตำแหน่งการสำรวจต่างๆ

	April	June	August	September
Location	Velocity(mps)	Velocity(mps)	Velocity(mps)	Velocity(mps)
Mouth of KBP	0.28	0.76	0.67	0.18
WatKlang Bang Phra(U/S of KBP1)	0.43	0.67	0.44	0.17
Lower reach	0.08	0.03	0.00	0.01
Middle reach	0.06	0.00	0.00	0.01
Paddy field near KDT2				
Upper reach	0.10	0.02	0.31	0.00
WatSisathong (near the mouth)	0.61	0.53	0.63	0.16
TesabanSoi 11/2(u/s of KCB1)	0.62	0.51	0.60	0.33
Lower reach (Sam KwaiPkueak)	0.02	0.15	0.15	0.20
Middle reach(Ban Rang Chim)	0.12	0.17	0.31	0.42
Outlet of swine farm d/s of KSKW2				
Upper reach (Ban NongChok)	0.14	0.19	0.16	0.23
Lower reach (at PhetKasem Road)	0.25	0.45	0.62	0.01
Middle reach (at WatTha Ni)	0.25	0.55	0.61	0.27
Lower reach	0.07	0.07	0.04	0.01
Middle reach	0.05	0.09	0.07	0.05
Shrimp pond near KW3				
Upper reach	0.00	0.04	0.04	0.04

จากข้อมูลความเร็วของกระแสน้ำในแต่ละจุดสามารถนำมาคำนวณเป็นพลังงานการเคลื่อนที่ที่เกิดจากแรงฉุดลากได้โดยสมการที่ 1

$$P = \frac{1}{2}\rho v^3 A C_d \quad \text{---------- (1)}$$

โดยที่ P= พลังงานที่เกิดจากแรงฉุดลากจากความเร็วของกระแสน้ำ(วัตต์)

ρ= ความหนาแน่นของน้ำ (กก./ลบ.ม)

v= ความเร็วกระแสน้ำ (เมตร/วินาที)

A = พื้นที่หน้าตัดรับน้ำ (ตร.ม.)

C_d= ค่าสปส.แรงฉุดลาก

สมการที่ 1 สามารถนำมาคำนวณเป็นพลังงานแรงฉุดลากที่มีอยู่ได้ตามธรรมชาติของกระแสน้ำ จากค่าพลังงานที่ได้สามารถสามารถนำมาคำนวณเป็นแรงบิดที่จะเกิดขึ้นที่แกนการหมุน เมื่อใบพัดมีการหมุนไหลตามความเร็วของกระแสน้ำ

$$T(\text{Torque}) = r \; x \; F \quad \text{----------(2)}$$

โดยที่ T= แรงบิด (กก.-เมตร)

r= รัศมี(เมตร)

F = แรงที่กระทำตั้งฉากกับทิศทางการหมุน(กก.)

โดยเมื่อนำสมการที่ 1 และสมการที่ 2 มารวมกันจะได้สมการที่ 3

$$T = \frac{P}{2\pi \times R} \quad \text{----------(3)}$$

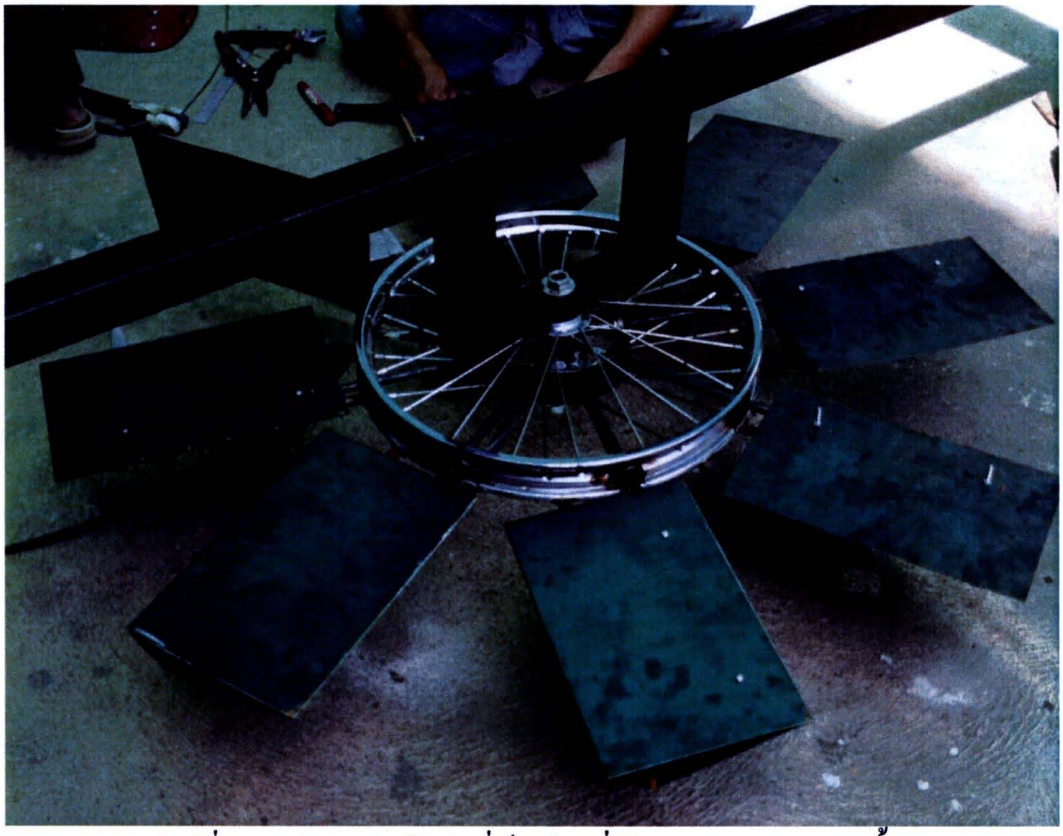
โดยที่ P= พลังงานที่เกิดจากแรงฉุดลากจากความเร็วของกระแสน้ำ(วัตต์)

T= แรงบิด (นิวตัน-เมตร)

R= ความเร็วของการหมุน (รอบ/วินาที)

สมการที่ 1และ 3 ใช้ในการคำนวณขนาดของใบพัดที่จะใช้เพื่อในการเก็บรวบรวมพลังงานความเร็วของกระแสน้ำ

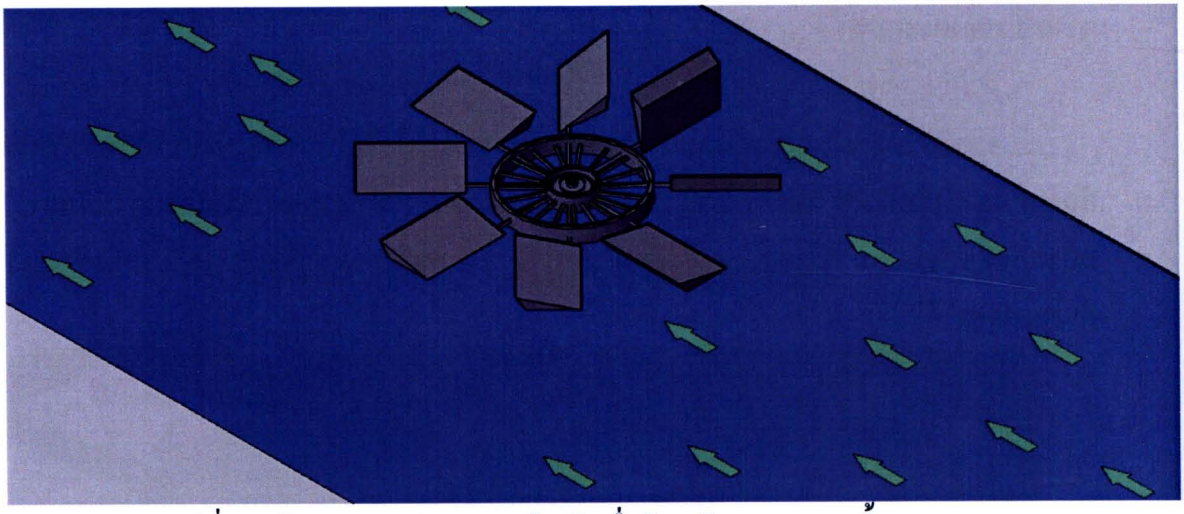
จากนั้นได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องขนาดเล็กเพื่อใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพในห้องทดลองดังรูปที่ 3.3 โดยทำการทดสอบความสามารถในการทำงานของใบพัดควบคู่ไปกับการวัดค่าพลังงานเพื่อคำนวณหาค่าแรงฉุดลากที่เกิดขึ้นในขณะที่ใบพัดวิ่งทวนน้ำซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลงได้



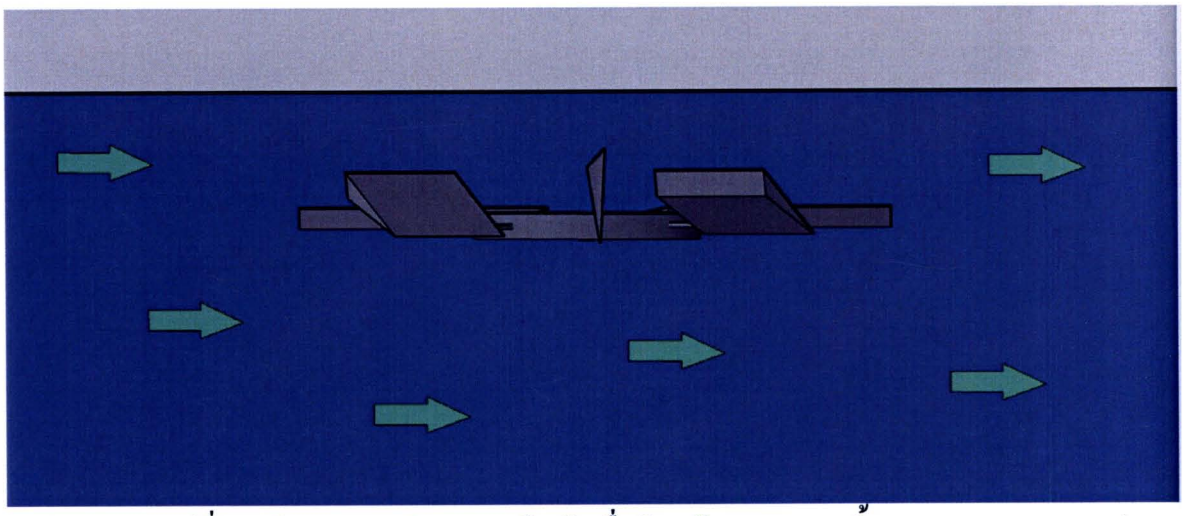
รูปที่ 3.3 รูปแบบของใบพัดที่เป็นส่วนที่รับพลังงานจากกระแสน้ำ

จากการออกแบบพบว่าใบพัดแบบปรับมุมองศาตั้งขึ้นได้สามารถนำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการรับน้ำและช่วยไม่ให้เกิดการกีดขวางทางน้ำ ตัวใบพัดจะมีหลักการทำงานโดยตัวใบพัดจะยกขึ้นเองเมื่ออยู่ในทิศทางการไหลของน้ำและตกลงเองเมื่ออยู่ในทิศทางสวนกระแสน้ำ โดยการยกตัวและหุบตัวของตัวใบพัดจะช่วยให้พลังงานมากขึ้นและมีการสูญเสียพลังงานลดลง ดังแสดงในรูปที่ 3.4 และ 3.5

เมื่อเปรียบเทียบใบพัดแบบปรับตัวได้กับใบพัดแบบธรรมดาที่ไม่สามารถปรับมุมองศาการรับน้ำในตัวได้ ใบพัดแบบปรับมุมได้สามารถทำให้พลังงานได้มากกว่าการทำงานของกังหันแบบธรรมดาที่พื้นที่หน้าตัดการรับน้ำเดียวกัน



รูปที่ 3.4 ลักษณะการทำงานของใบพัดเพื่อรับพลังงานกระแสน้ำ (Isometric)



รูปที่ 3.5 ลักษณะการทำงานของใบพัดเพื่อรับพลังงานกระแสน้ำ (Side View)

ได้ทำการศึกษาความสามารถของการทำงานของใบพัดโดยการทดลองความสามารถของการยกตัวของใบพัดเมื่อไหลตามกระแสน้ำและลู่หุบลงเมื่อไหลต้านกระแสน้ำดังรูปที่ 3.6 ใบพัดสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ได้ทำการเก็บข้อมูลของความเร็วของกระแสน้ำและความเร็วรอบของการหมุนของใบพัด

รูปที่ 3.6 การทดสอบการทำงานของใบพัด

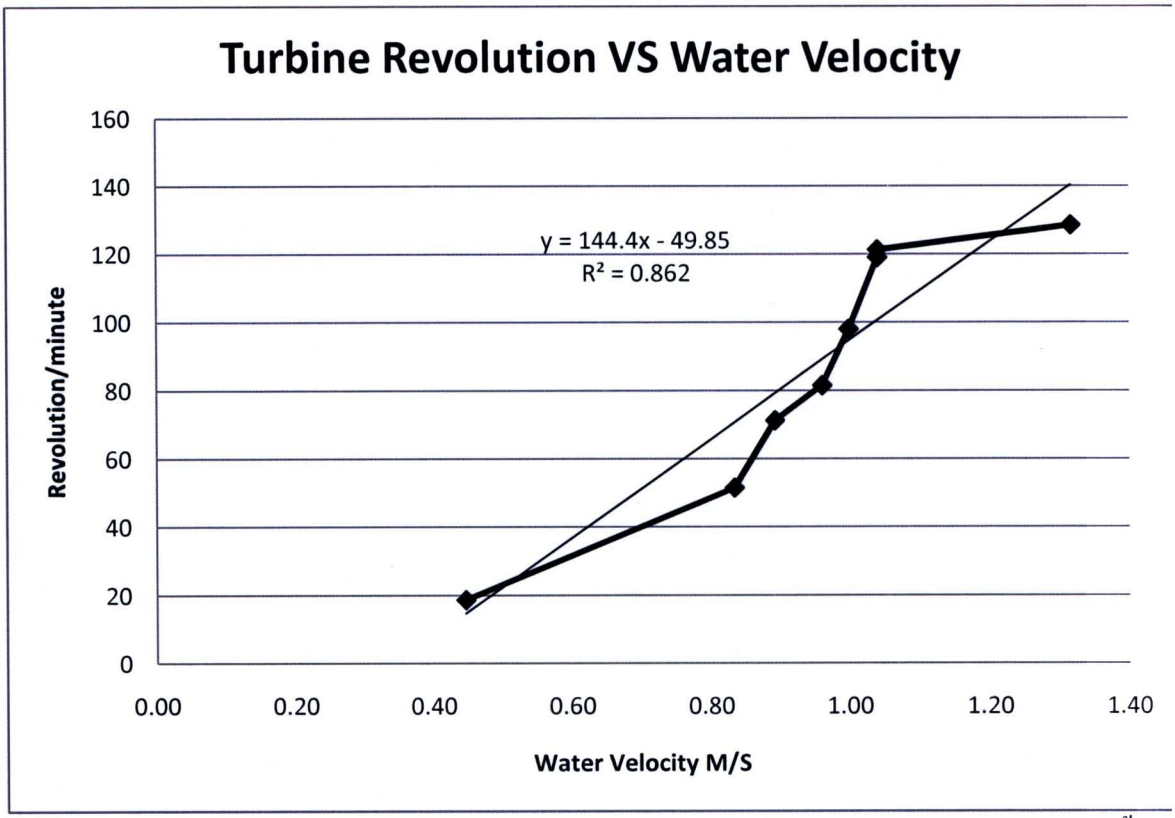
จากการทดลองพบว่าความเร็วการไหลของกระแสน้ำที่เป็นปัจจัยสำคัญต่อการผลิตพลังงานของเครื่องจักรพบว่าสามารถหาความสัมพันธ์ของความเร็วการหมุนของใบพัดต่อความไหลการไหลของกระแสน้ำหรือค่า TSR (Tip Speed Rotation) ได้จากสมการที่

$$TSR = (BTS)/(Vs) \qquad \text{----------(4)}$$

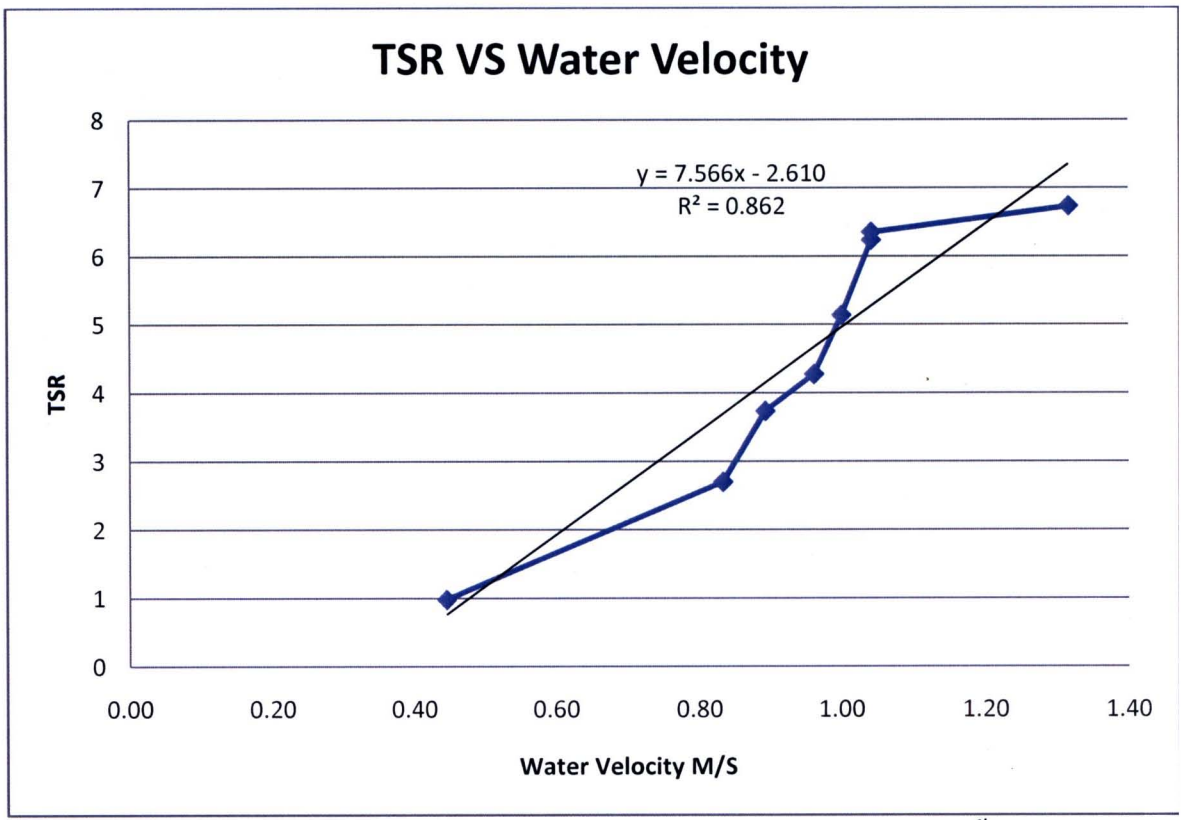
โดยที่ TSR = อัตราส่วนของความเร็วที่ปลายใบพัดต่อความเร็วของการไหล

BTS = ความเร็วการหมุนที่ปลายของใบพัด เมตร / วินาที

Vs = ความเร็วการไหลของกระแสน้ำ เมตร / วินาที



รูปที่ 3.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่ปลายใบพัดต่อความเร็วการไหลของกระแสน้ำ

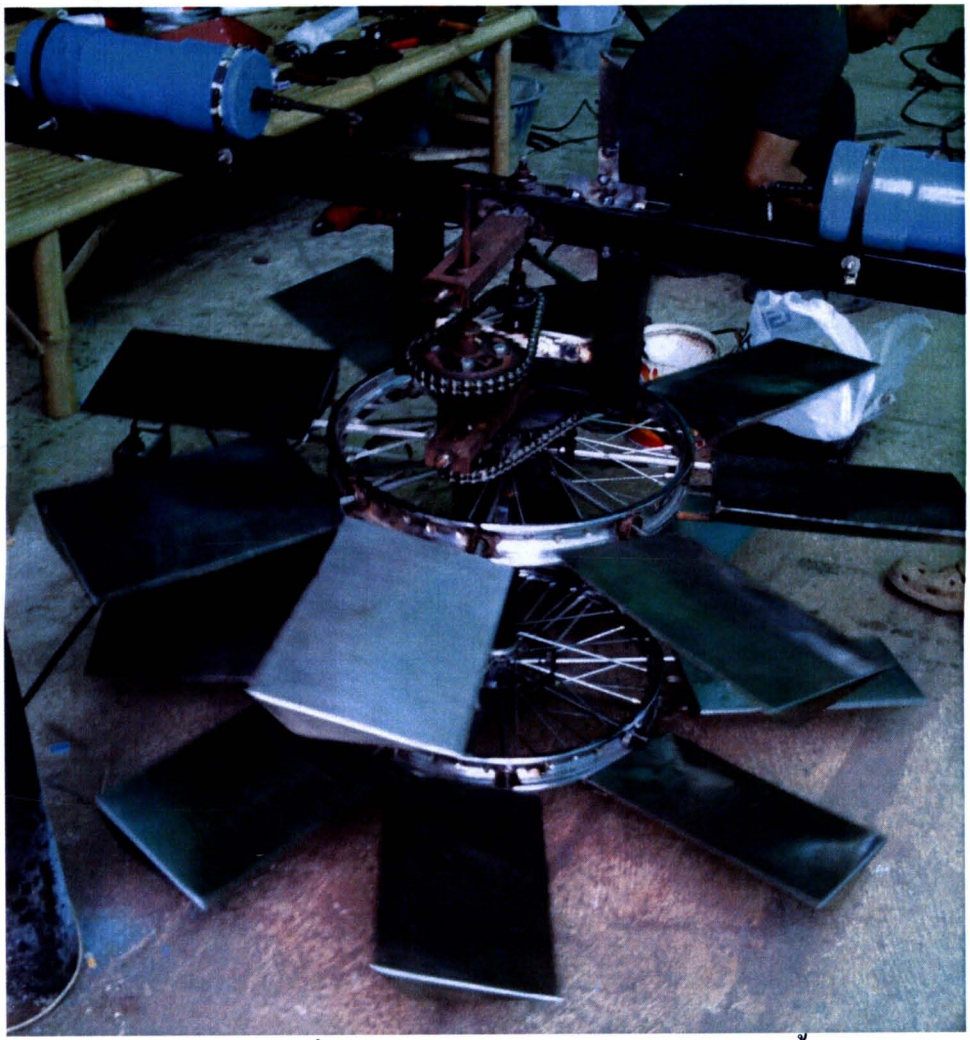


รูปที่ 3.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TSR ต่อความเร็วการไหลของกระแสน้ำ

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่ปลายใบพัดต่อความเร็วกระแสน้ำ สามารถคำนวณค่า TSR ได้ดังรูปที่ ซึ่งกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่ปลายใบพัดต่อความเร็วกระแสน้ำทำให้สามารถประมาณค่าความเร็วของใบพัดได้ตามค่า TSR

จากข้อมูลที่มีอยู่เช่น พลังงานชนิดและพลังงานที่จะนำมาใช้ ความเร็วของการไหล ขนาดคลอง สภาพทางธรรมชาติของคลอง สามารถนำมาคำนวณขนาดของเครื่องและขนาดของใบพัด เพื่อใช้ในการสร้างต้นแบบเครื่องปั๊มน้ำพลังงานภายในให้เหมาะสมกับสภาพตามธรรมชาติ และมีความสามารถในการให้พลังงานเพียงพอในการอัดน้ำและอากาศลงใต้น้ำได้

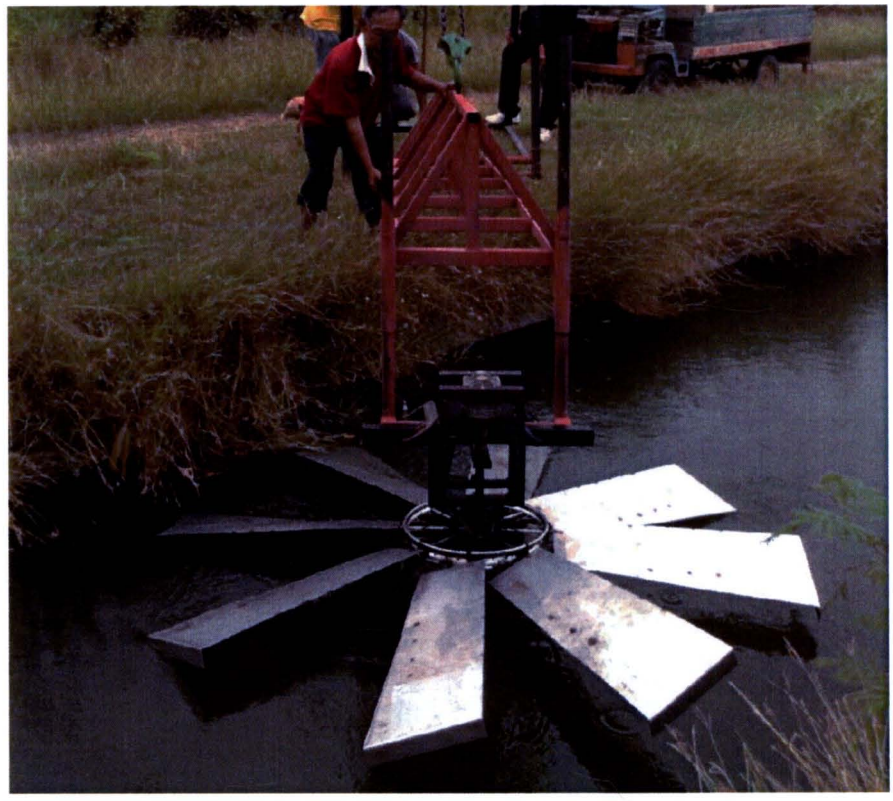
จากการออกแบบใบพัดเพื่อใช้เก็บพลังงานซึ่งเป็นใบพัดที่สามารถปรับมุมได้ มีแกนหมุนในแนวดิ่งสามารถเพิ่มพลังงานให้แก่เครื่องโดยการเพิ่มชั้นของใบพัดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการรับพลังงานให้มากขึ้นได้ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 รูปแบบของใบพัดรับพลังงานแบบ 2 ชั้น

การเพิ่มปริมาณชั้นของใบพัดจะเป็นการเพิ่มพื้นที่รับพลังงานจากการไหลของกระแสน้ำที่ไหลผ่านตัวเครื่องโดยจะส่งผลให้สามารถรับพลังงานได้มากขึ้นและสามารถนำพลังงานที่เพิ่มมากขึ้นมาใช้ในการเพิ่มปริมาณน้ำและอากาศที่จะใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำได้มากขึ้น โดยไม่มีการเพิ่มพื้นที่ในทางน้ำธรรมชาติ

เนื่องจากความเร็วการไหลของน้ำในแม่น้ำธรรมชาติมีค่าน้อยทำให้ค่าความเร็วรอบของการหมุนของใบพัดและพลังงานมีค่าน้อย จึงได้ทำการทดเฟืองให้เครื่องมีความเร็วรอบในการทำงานมากขึ้นเพื่อเพิ่มปริมาณอากาศที่อัดลงในน้ำให้มากขึ้น เพื่อเพิ่มปริมาณพลังงานที่ได้มากขึ้นจึงได้ทำการทดลองใบพัดที่ขนาดต่างๆ ดังรูปที่ 3.9 แสดงการทดสอบใบพัดขนาดยาว 1 เมตร กว้าง 0.45 เมตร เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของใบพัด

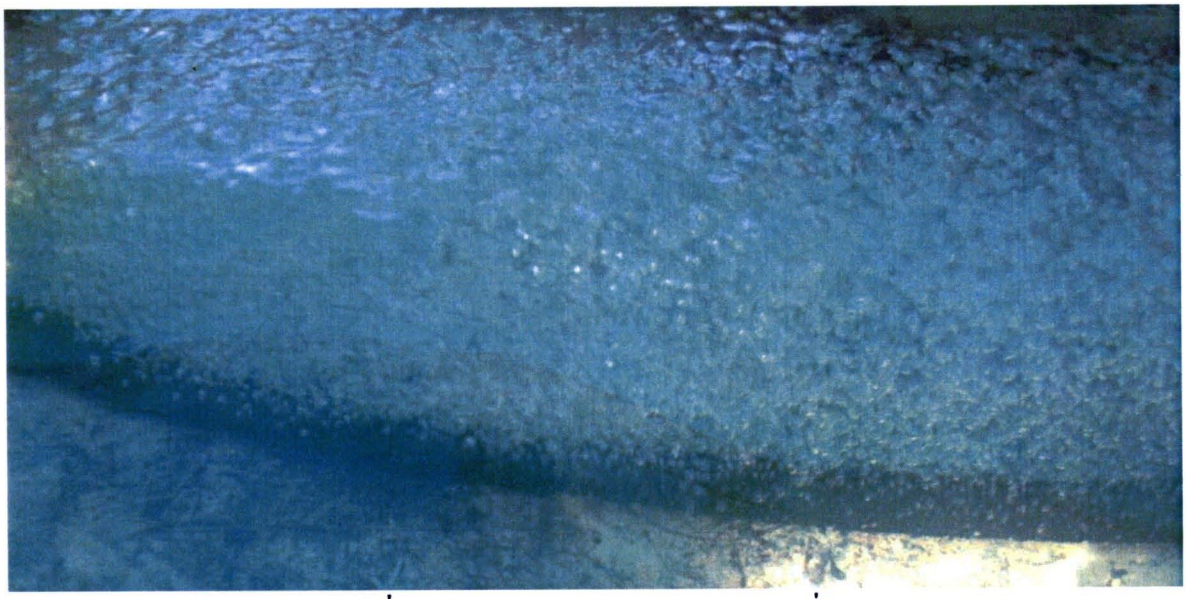


รูปที่ 3.9 รูปแสดงการทดสอบใบพัดขนาด 1 เมตร

วิธีการอัดอากาศและน้ำจะทำโดยการเปลี่ยนพลังงานที่ได้จากความเร็วของกระแสน้ำมาเป็นพลังงานกลที่หมุนโดยใบพัดที่เปิดรับน้ำ จากพลังงานกลที่ได้จึงทำการทดรอบการหมุนเนื่องจากพลังงานที่ได้มีค่ารอบความเร็วน้อยแต่มีค่าแรงบิด(Torque)สูงเพื่อให้ได้รอบการทำงานมากขึ้น จากนั้นจึงทำการ

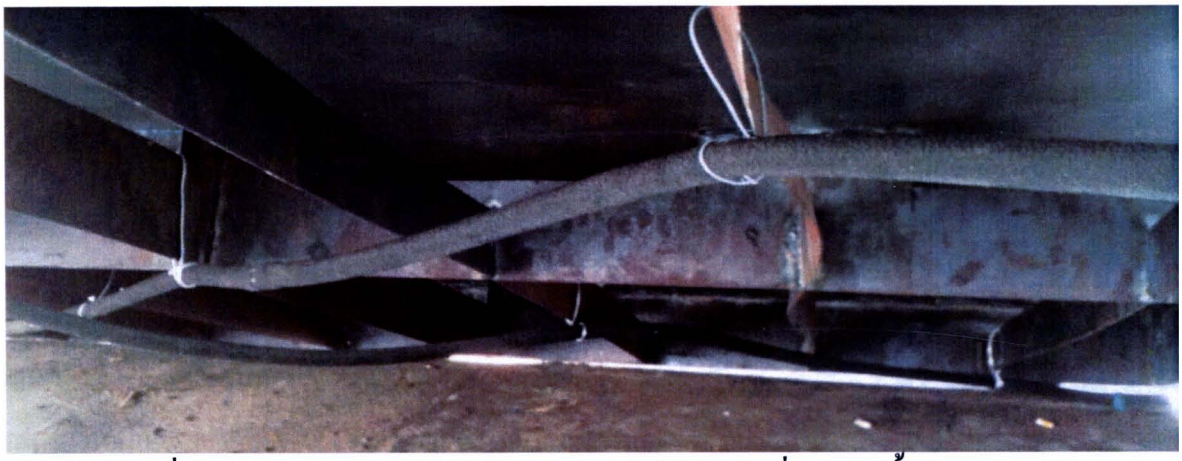
แปลงพลังงานกลให้เป็นพลังงานศักย์โดยการใช้กระบอกสูบ กระบอกสูบที่ใช้มีความสามารถที่จะอัดอากาศหรือน้ำลงในน้ำเสียได้

จากอากาศหรือน้ำที่ได้ทำการอัดนั้นจะถูกส่งผ่านลงใต้น้ำผ่านที่ส่งไปออกที่ท่อปล่อย ซึ่งท่อปล่อยเป็นที่ที่ถูกออกแบบมาเพื่อปล่อยอากาศลงในน้ำโดยเฉพาะดังรูปที่ 3.10 โดยตัวท่อมีคุณสมบัติพิเศษคือมีรูพรุนขนาดเล็กมากอยู่โดยรอบตัวท่อ ซึ่งเหมาะสมสำหรับการสร้างฟองอากาศขนาดเล็กมากเพื่อเพิ่มพื้นที่สัมผัสระหว่างอากาศและน้ำให้มีมากที่สุด สามารถที่จะปล่อยฟองอากาศขนาดเล็กได้อย่างต่อเนื่องและไม่อุดตัน



รูปที่ 3.10 รูปแสดงการปลาอยอากาศของที่พรุนอากาศ

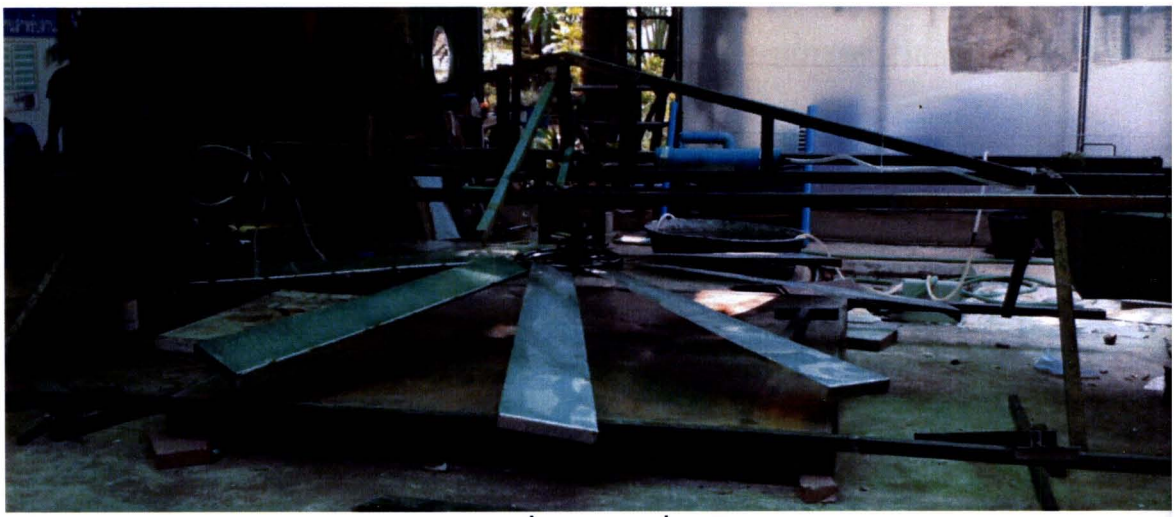
ผลจากการออกแบบคาดว่าระยะเวลาที่อากาศสัมผัสกับน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญที่จะส่งผลต่อความสามารถที่น้ำเสียจะสามารถดูดซึมออกซิเจนจากฟองอากาศได้ จึงทำการสร้างถังกักอากาศขนาด 2.4 x 2.4 เมตร เพื่อเป็นตัวกักอากาศใต้น้ำเพื่อเพิ่มระยะเวลาการสัมผัสระหว่างน้ำและอากาศให้มากขึ้น



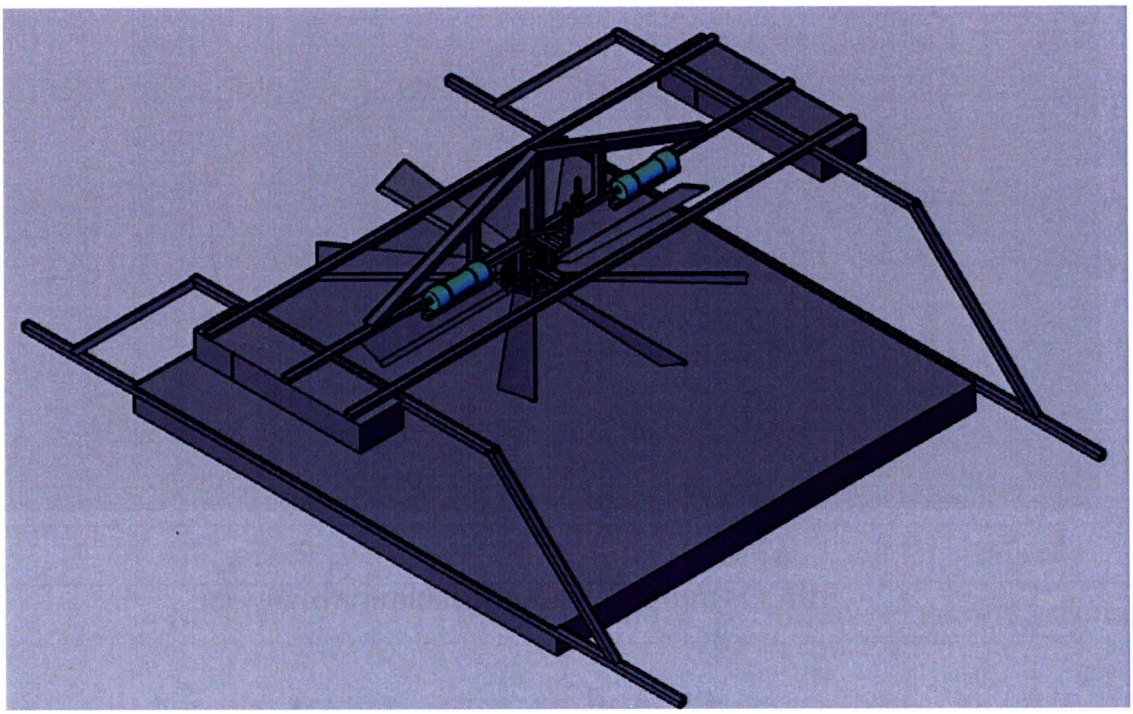
รูปที่ 3.11 รูปแสดงการวางท่อปล่อยอากาศใต้ถังกักอากาศที่จะอยู่ใต้น้ำ

จากการออกแบบจึงได้รูปแบบเครื่องเติมอากาศดังรูปที่ 3.12 3.13 และ3.14 โดยมีลักษณะดังนี้

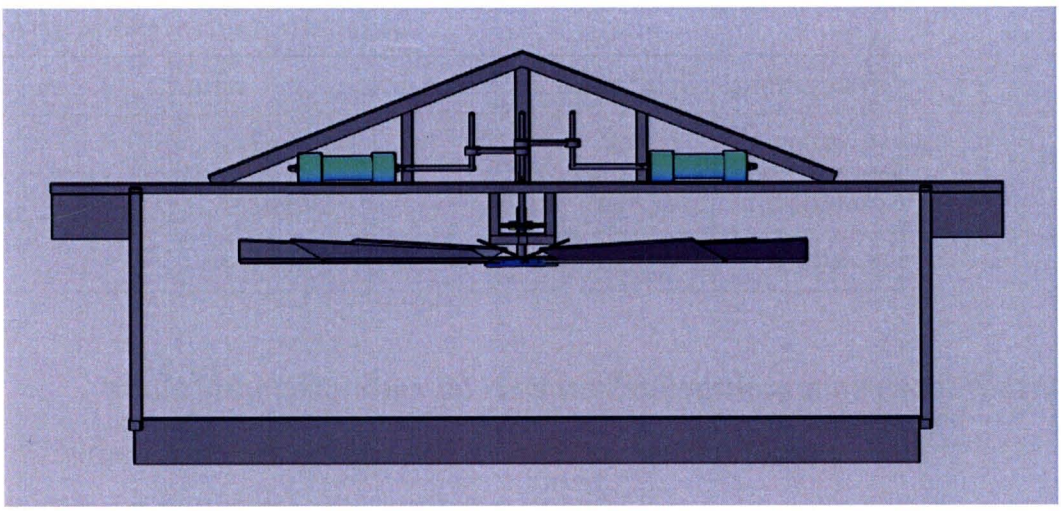
- ขนาดใบพัดที่ 1.5 เมตร
- มีพื้นที่รับน้ำของใบทั้งหมด 1.6 ตารางเมตร
- จำนวนชั้นของใบพัด 1 ชั้น
- มีใบพัดวางเรียงกันในแนวราบทั้งหมด 8 ใบ
- มีอัตราทดเฟืองรอบใบพัดต่อความเร็วการอัดอากาศอยู่ที่ 1: 3.7 เท่า
- จำนวนกระบอกสูบ 2 กระบอก
- ปริมาตรกระบอกสูบประมาณ 4 ลิตร
- ถังกักเก็บอากาศใต้น้ำขนาด 2.4 x 2.4 x 0.15 เมตรอากาศ
- ท่อปล่อยฟองอากาศยาว 4 เมตรใต้ถังกักเก็บอากาศ



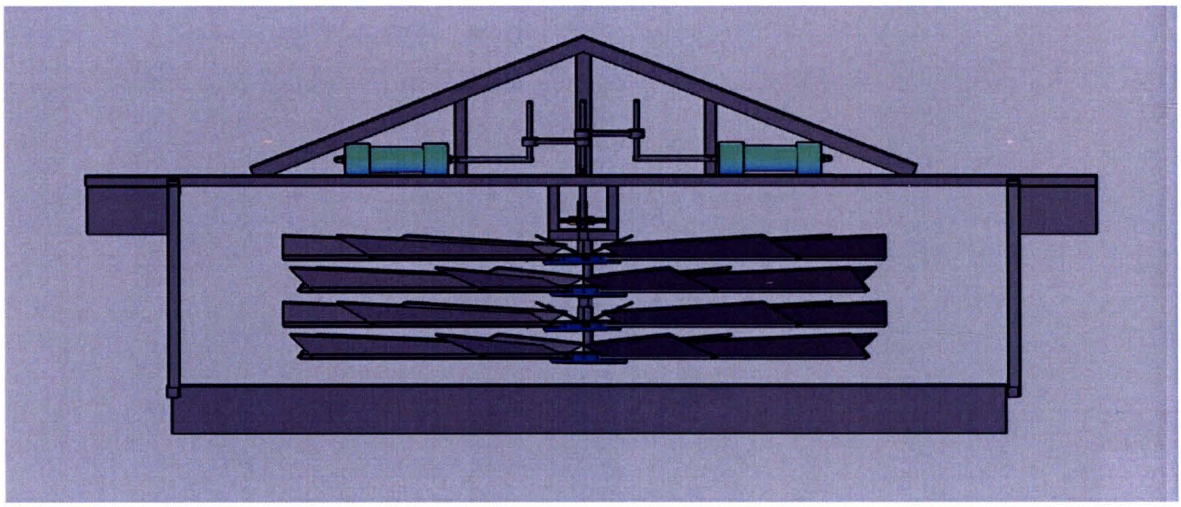
รูปที่ 3.12 รูปเครื่องเติมอากาศ



รูปที่ 3.13 แบบ Isometric เครื่องเติมอากาศ



รูปที่ 3.14 แบบ Front View เครื่องเติมอากาศใบพัดชั้นเดียว



รูปที่ 3.15 แบบ Front View เครื่องเติมอากาศใบพัด 4 ชั้น

รูปที่ 13.5 การออกแบบเครื่องเครื่องปั๊มน้ำพลังงานภายในแบบ ใบพัด 4 ชั้นซึ่งจะสามารถเพิ่มกระสิทธิภาพการอัดอากาศได้มากขึ้น