การออกแบบและสร้างอุปกรณ์เติมอากาศในน้ำชนิดใบพัดแบบหนามทุเรียนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

Design and Fabrication of Solar Powered Durian Thorns Impeller Aerator in Water with Solar Energy

อุทัย ผ่องรัศมี* เสนีย์ ศิริไชย จักรกฤษณ์ ขันทอง ภาสกร ผ่องรัศมี และ ช่วงชัย ชุปวา

Uthai Phongrasamee*, Seney Sirichai, Jakkrit Khanthong, Passakron Phongrasamee and Chuangchai Chuppava

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

Faculty of Engineering and Industrial Technology, Phetchaburi Rajabhat University

***Corresponding author; E-mail:** Uthai_mt@hotmail.com

Received: 29 April 2020 /Revised: 30 July 2020 /Accepted: 18 September 2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบอุปกรณ์เติมอากาศในน้ำและปัจจัยที่มีผลกระทบต่อสมรรถนะอุปกรณ์เติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับบ่อน้ำเสียที่มีพื้นที่ 150 ตารางเมตร มีค่าออกซิเจนในน้ำเฉลี่ย 4.50 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรด-ด่าง เฉลี่ย 8.67 และค่าสารแขวนลอย เฉลี่ย 171 พีพีเอ็ม ซึ่งใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบและสร้างอุปกรณ์เติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ผลการวิจัยพบว่า ด้านการออกแบบทุ่นมีปริมาตรเฉลี่ย 0.1215 ลูกบาศก์เมตร ใบพัดเป็นแบบหนามทุเรียน มีพื้นที่ผิวรวมเฉลี่ย 10.80 ตารางเมตร ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 0.35 กิโลวัตต์ชั่วโมง และประสิทธิภาพอุปกรณ์เติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 63.78 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผลการวิเคราะห์ตัวแปรที่เป็นผลกระทบที่ทำให้เกิดน้ำเสีย วัดค่าออกซิเจนในน้ำเพิ่มขึ้น 38.44 เปอร์เซ็นต์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ลดลง 6.69 เปอร์เซ็นต์ และค่าสารแขวนลอยลดลง 31.58 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของน้ำผิวดิน พบว่าค่าที่วัดได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของน้ำผิวดิน เมื่อพิจารณาจุดคุ้มทุนอุปกรณ์เติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์มีระยะเวลาคืนทุน 10.40 ปี

คำสำคัญ : ออกซิเจนในน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ ใบพัดหนามทุเรียน

Abstract

The purpose of this research aims to design a water aerator driven by solar energy and study the variable that effect of aerator in water by solar energy's capacity system for wastewater wells area as 150 m2. Oxygen, pH and suspension in water was an average 4.50 mg/L, average 8.67 and average 171 ppm., respectively. All four data were used as data for design and fabrication equipment aerator in water with solar energy. The result was found that the buoy's volumetric was as average 0.1215 m3. The durian propeller has an average of 10.80 m2. The solar cell was used about an average 0.35 kWh. An aerator device efficiency in water by solar energy has an average surface as 63.78%. After implementation, oxygen in wastewater was increase to 38.44%. The pH was decreased an average as 9.69% and (TDS) was decreased an average as 31.58%. When compared to the standard of inland water quality, it was found that all of variable was standard of inland water. When it was considered the equipment breakeven point of aerator in water by solar energy, the payback period was 10.40 years.

Keywords: Oxygen in water, Solar Energy, Durian Thorns Impeller

บทนำ

ปัญหามลพิษในแหล่งน้ำมีความสำคัญเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีสิ่งปนเปื้อนสารมลพิษจากน้ำเสียในแหล่งกำเนิดต่างๆ เช่น น้ำเสียจากครัวเรือน น้ำเสียจากการเกษตรกรรม น้ำเสียจากภาคอุตสาหกรรมต่างๆ ส่งผลให้คุณภาพของแหล่งน้ำผิวดินซึ่งเป็นแหล่งผลิตน้ำดิบ ในการผลิตน้ำประปาเสื่อมโทรมลง ซึ่งผลต่อน้ำเกิดการเน่าเสีย ซึ่งไม่สามารถนำมาใช้ในการอุปโภคและบริโภคได้ ทำให้แหล่งน้ำผิวดินในประเทศไทยมีปริมาณลดลงมาก เกิดการขาดแคลนแหล่งน้ำเพื่อนำไปใช้ในกิจกรรมต่างๆ ของประชาชน ดังนั้น กรมควบคุมมลพิษในการส่งเสริมให้ชุมชนขนาดเล็กทั่วประเทศไทย มีระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพเหมาะสำหรับใช้ในการบำบัดน้ำเสียภายในชุมชน หรือภายในหน่วยงานของรัฐหรือภายในหน่วยงานภาคอุตสาหกรรม โดยมุ่งเน้นเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพ มีราคาในการสร้างถูก สะดวกต่อการดำเนินงาน ไม่ซับซ้อนในการควบคุมฯ ดังนั้น พื้นที่ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี จึงนับเป็นทางเลือกหนึ่งที่ได้รับความสนใจเนื่องจากเป็นหน่วยงานของรัฐ ที่มีหน้าที่ในการผลิตบัณฑิตฯ วิจัย บริการวิชาการ และทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม ซึ่งมีพื้นที่โดยประมาณ 74,800 ตารางเมตร และมีพื้นที่รองรับการใช้น้ำจากบ้านพัก และอาคารต่างๆ ประมาณ 800 ตารางเมตร โดยเฉพาะบ่อน้ำผิวดินหน้าอาคาร 7 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มี

พื้นที่ประมาณ 150 ตารางเมตร ที่เป็นบ่อน้ำผิวดินที่รองรับการใช้น้ำของอาคาร 3 อาคาร 7 จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น คุณภาพน้ำในบ่อดังกล่าวมีคุณภาพน้ำไม่ได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดิน เช่น ค่าออกซิเจนในน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าสารแขวนลอย ส่งผลให้บ่อน้ำผิวดินเน่าเสีย มีกลิ่นเหม็น ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ และส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมในบริเวณดังกล่าว

Figure 1. Area used in this study

ดังนั้น จึงเห็นควรมีระบบบำบัดน้ำเสียที่มีพื้นที่ประมาณ 150 ตารางเมตร เพื่อควบคุมคุณภาพน้ำให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดิน ซึ่งส่งผลที่ดีต่อสิงที่มีชีวิตอยู่ในน้ำและสิ่งแวดล้อมภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี จึงนำมาสู่การออกแบบระบบอุปกรณ์เติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งงานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบระบบเติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ และเพื่อศึกษาตัวแปรที่มีผลกระทบต่อการออกแบบ และจุดคุ้มทุนระบบเติมอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีขอบเขตที่ศึกษา คือ ด้านการออกแบบระบบเติมอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ และด้านการวิเคราะห์ตัวแปรที่เป็นผลกระทบต่อการออกแบบและจุดคุ้มทุน ระบบเติมอากาศด้วยด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

วิธีดำเนินการวิจัย

1) ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อแหล่งน้ำเสียหน้าอาคาร 7 และหลังอาคาร 3 มีพื้นที่ประมาณ 150 ตารางเมตร พบว่ามีปริมาณก๊าซออกซิเจน (DO) เฉลี่ย 4.50 mg/L ซึ่งมีปริมาณก๊าซออกซิเจนในน้ำต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดิน 5 mg/L ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ได้เฉลี่ย 8.67 พบว่าความความเป็นกรด-ด่างในน้ำ มีความเป็นด่างประมาณ 1.46 ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่าง สูงกว่าเกณฑ์น้ำผิวดิน ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่าง

ประมาณ 7.00 และค่าสารแขวนลอย (TDS) พบว่ามีปริมาณสารแขวนลอยเฉลี่ย 171 ppm. สอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดิน ซึ่งในการเก็บข้อมูลต่างๆ ใช้ระยะเวลาการเก็บข้อมูล 3 วัน (10.00-16.00 น.) โดยเก็บข้อมูล วันละ 7 ครั้ง จำนวน 4 จุด แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยดังแสดงใน Figure 2

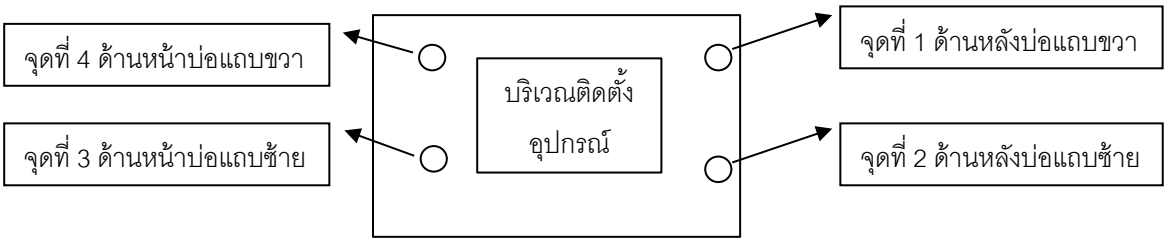

Figure 2. Areas of aerator installation and wastewater collection

2) นวัตกรรมเครื่องกล เติมอากาศให้แก่น้ำ ผู้วิจัยได้ศึกษาการประดิษฐ์เครื่องกลเติมอากาศอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (14 ธันวาคม 2531) สำหรับการบำบัดน้ำเสียนั้น มีอยู่ 2 วิธีคือ เป็นการเติมอากาศลงไปใต้ผิวน้ำ แล้วกระจายเป็นฟองเล็กๆ ส่วนอีกวิธีคือ ใช้กังหันน้ำวิดน้ำขึ้นที่สูงแล้วปล่อยตกลงมาเป็นฝอย หรือจะทำเป็นรูปแบบน้ำตก หรือพลังน้ำไหลก็ได้ จึงพระราชทานพระราชดำริแก่เจ้าหน้าที่ของกรมชลประทาน ให้พัฒนาเครื่องกลเติมอากาศแบบภูมิปัญญาไทย ทั้งหมดมี 9 รูปแบบ [1] ได้แก่ แบบเป่าอากาศ (RX-1), แบบผิวน้ำหมุนชนิดทุ่นลอย (RX-2), แบบเป่าอากาศหมุนใต้น้ำ (RX-3), แบบแรงดันใต้น้ำ (RX-4), แบบดูด-อัดอากาศใต้น้ำ (RX-5), แบบตีน้ำอากาศสัมผัส (RX-6), แบบดูดอัดอากาศลงใต้น้ำ (RX-7), แบบจับเกาะจุลินทรีย์ (RX-8) และ แบบกระจายน้ำสัมผัสกับอากาศ (RX-9) สำหรับงานวิจัยนี้ จะใช้หลักการออกแบบและสร้างอุปกรณ์เติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบเครื่องกลเติมอากาศที่ผิวน้ำหมุนช้าแบบทุ่นลอย (Chaipattana Aerato, RX-7) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งของพลังงาน เป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกผสม (Polycrystalline) [2-3] จำนวน 2 แผง มีกำลังไฟฟ้าสูงสุด 330 W, แรงเคลื่อนไฟฟ้า 37.5 V, และกระแสไฟฟ้า 8.89 A ดังแสดงใน Figure 3

Figure 3. Installing solar cell on the roof

2) ส่วนต้นกำลังใช้มอเตอร์ชนิดกระแสตรง ขนาด 750 W, 18.7 A ที่ความเร็วรอบ 530 rpm (โดยส่งถ่ายกำลังแบบใช้โซ่มีอัตราส่วน 1:4)

3) ทุ่นลอยน้ำ ทำจากวัสดุพลาสติก จำนวน 3 ทุ่น เพื่อรองรับชุดกังหันแบบหนามทุเรียนและชุดต้นกำลัง

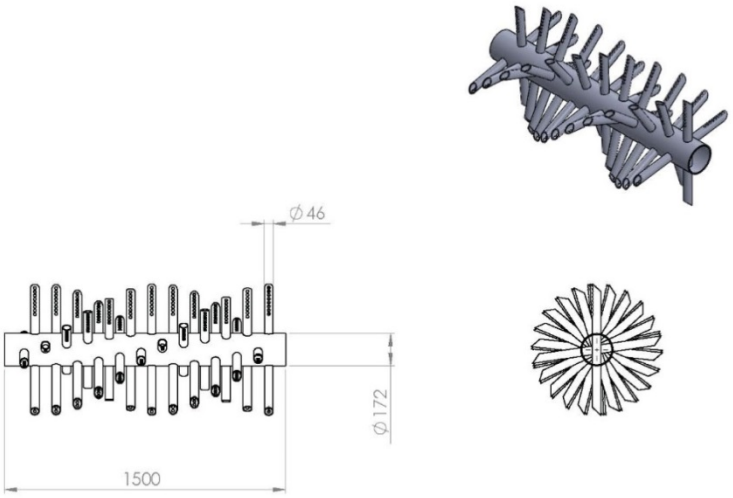

Figure 4. Durian thorn impeller structure

4) ชุดกังหันเติมออกซิเจนที่ผิวน้ำ จะออกแบบเป็นหนามทุเรียน โดยเลือกใช้วัสดุท่อพีอี (Polyethylene, PE) เป็นใบกังหัน จำนวน 54 ใบ [4] ดังแสดงใน Figure 4

5) ตัวแปรที่ศึกษาและเงื่อนไขที่กำหนด

5.1) การศึกษาประสิทธิภาพการเติมออกซิเจนของอุปกรณ์เติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับบ่อน้ำเสีย บริเวณหน้าอาคาร 7 มีพื้นที่ 150 ตารางเมตร

1) ตัวแปรต้น ได้แก่ ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า อุณหภูมิของสภาวะแวดล้อม และปริมาณก๊าซออกซิเจนในบ่อน้ำเสีย

2) ตัวแปรตาม ได้แก่ ประสิทธิภาพอุปกรณ์เติมอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนที่เพิ่มขึ้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง และสารแขวนลอยลดลง

6) ทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบ

6.1) การหาปริมาตรของทุ่นที่สามารถรับน้ำหนักอุปกรณ์เติมอากาศ

$$mg = \rho g v \quad (1)$$

เมื่อ V = ปริมาตรของทุ่น (m^3)

m = น้ำหนักรวมของอุปกรณ์เติมอากาศ (kg)

g = อัตราเร่งแรงดึงดูดของโลก (m/s^2)

ρ = ความหนาแน่นของน้ำ (kg/m^3)

6.2) การหาขนาดของแรงที่กระทำกับใบพัด ใช้ทฤษฎีสัมประสิทธิ์แรงฉุด

$$F_{DT} = \frac{1}{2} C_{DT} \rho A V^2 \quad (2)$$

เมื่อ F_{DT} = แรงฉุดเนื่องจากความดัน (N)

C_{DT} = สัมประสิทธิ์แรงต้าน (1.00)

ρ = ความหนาแน่นของน้ำ (kg/m^3)

A = พื้นที่ใบพัด (ตารางเมตร)

V = ความเร็วใบพัด (m/s)

6.3) การหาแรงบิดที่เกิดขึ้นกับใบพัด

$$\tau = F_{DT} r \quad (3)$$

เมื่อ τ = แรงบิด (Nm)

r = รัศมีใบพัด (m)

6.4) การหากำลังงานที่ใช้ขับใบพัด

$$P = \frac{2\pi\tau n}{60} \quad (4)$$

เมื่อ P = กำลังงานที่ใช้ขับใบพัด (W)

n = ความเร็วรอบใบพัด (rpm)

6.5) การหาประสิทธิภาพอุปกรณ์เติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \quad (5)$$

เมื่อ η = ประสิทธิภาพอุปกรณ์เติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (%)

P_{out} = กำลังงานที่ได้จากมอเตอร์ (W)

P_{in} = กำลังที่ได้จากความเข้มข้นของแสงอาทิตย์เฉลี่ย (W)

7) การหาปริมาตรน้ำเสียภายในบ่อ

Q=(½ x ผลรวมด้านคู่ขนาน x ความสูงของน้ำ x ความยาวของน้ำ) (6)

เมื่อ Q = ปริมาตรน้ำเสียภายในบ่อ (m^3)

8) การหาประสิทธิภาพการถ่ายเทก๊าซออกซิเจนในน้ำ

$$SAE_T = \frac{(SOTR)Q}{P} \quad (7)$$

เมื่อ SAE_T = ประสิทธิภาพการถ่ายเทก๊าซออกซิเจนในน้ำ (%)

$SOTR$ = อัตราการถ่ายเทออกซิเจนสภาวะมาตรฐาน (kgO_2/kWh)

P = กำลังงานที่ใช้ขับใบพัด (W)

9) ลำดับขั้นการเก็บข้อมูล

9.1) ชุดทดลองนี้ประกอบไปด้วยแผงโซล่าเซลล์ จำนวน 2 แผง ซึ่งมีระบบควบคุมเร่งหรี่เพื่อควบคุมความเร็วของมอเตอร์ตามที่กำหนด และในการทดสอบเก็บข้อมูลจะดำเนินการเก็บข้อมูลทุกๆ 1 ชั่วโมง เริ่มเวลา 9.00 – 16.00 น. (7 ครั้ง) จำนวน 3 วัน

9.2) การเก็บข้อมูลผลการทดลองก่อนเดินอุปกรณ์เติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ได้แก่ ค่า TDS, DO และ pH ตามลำดับ

9.3) การเก็บข้อมูลผลการทดลองหลังเดินอุปกรณ์เติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ได้แก่ ค่า TDS, DO และ pH ตามระยะเวลาทุกๆ 1 ชั่วโมง (7 ครั้ง) ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยทั้ง 3 วัน ดังแสดงใน Figure 5

Figure 5. Equipment installation of oxygen in wastewater wells

Table 1. Initial data before using solar aerator installation

Time (hr)	pH	TDS (ppm)	DO (mg/L)	P_S (W)	P_M (W)
09.00-10.00	8.47	162.00	4.97	345.60	211.00
10.00-11.00	8.36	128.33	5.18	348.32	218.54
11.00-12.00	8.25	121.33	5.40	365.65	241.15
12.00-13.00	8.15	120.33	5.62	372.71	246.80
13.00-14.00	8.06	119.30	5.83	315.53	190.28
14.00-15.00	7.95	118.31	6.04	279.2	146.95
15.00-16.00	7.83	117.00	6.23	220.4	84.78

Note : All data were collected from 3 - 5 April 2019

ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองจะนำมาหาค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆ ตามวัตถุประสงค์การวิจัยต่อไป

ผลการวิจัย

การออกแบบระบบเติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับบ่อน้ำเสีย ที่มีพื้นที่ 150 ตารางเมตร เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบและจุดคุ้มทุนต่อการออกแบบระบบเติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1) ด้านการออกแบบระบบเติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ได้ออกแบบใบพัดแบบหนามทุเรียนมีจำนวนใบพัด 54 ใบ โดยพื้นที่เฉลี่ยรวม

10.80 ตารางเมตร มีจำนวน 3 ทุ่น ซึ่งมีปริมาตรเฉลี่ยรวม 0.1215 m^3 ขนาดของเครื่องต้นกำลังใช้มอเตอร์ขนาด 750 W โดยมีการส่งถ่ายกำลังด้วยโซ่ในอัตราทด 4 : 1 ซึ่งมีมวลรวมทั้งหมดของระบบเติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากับ 54 kg และใช้แผงโซล่าเซลล์ที่สามารถรับพลังงานแสงอาทิตย์ได้ 660 W (8.85 A)

ผลการวิจัยจากการออกแบบระบบเติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ได้แรงเคลื่อนไฟฟ้า 36 V กระแสไฟฟ้า 4.70 A เป็นพลังงานให้แก่เครื่องต้นกำลังมอเตอร์ที่ความเร็วรอบ 530 rpm เพื่อหมุนเพลากังหันแบบหนามทุเรียน

2) ด้านปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพระบบเติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งมีปัจจัยที่จะแสดงความสัมพันธ์ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH), ค่าสารแขวนลอย (Total Dissolved Solids: TDS) และค่าออกซิเจน (O_2) ในบ่อน้ำเสีย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1) การแสดงผลค่าปริมาณออกซิเจน (O_2) ในบ่อน้ำ

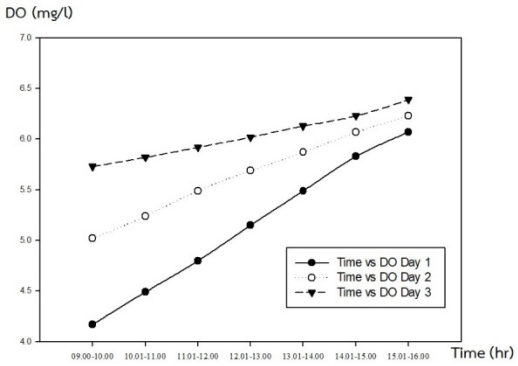

Figure 6. The graph shows the relationship between oxygen values and time.

จาก Figure 6 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ปริมาณก๊าซออกซิเจนในน้ำกับระยะเวลาการเก็บข้อมูล โดยเริ่มเวลาการเก็บข้อมูล 9.00-16.00 น. (7 ครั้ง/วัน) จำนวน 3 วัน โดยใช้อุปกรณ์เติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสดงอาทิตย์สำหรับกังหันแบบหนามทุเรียน ที่ความเร็วรอบเฉลี่ย 116 rpm ผลการทดลอง พบว่า เมื่อเวลา 9.00-10.00 น. สามารถวัดปริมาณออกซิเจนในน้ำ ของวันที่ 1-3 ได้ 4.17, 5.20 และ 5.70 mg/L ช่วงเวลา 12.00-13.00 น. วัดค่าปริมาณออกซิเจนในน้ำได้ 5.15, 5.69 และ 6.02 mg/L และช่วงเวลา 15.00-16.00 น. วัดค่าปริมาณออกซิเจนได้ 6.07, 6.23 และ 6.39 mg/L ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์การทำงานระบบอุปกรณ์เติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า ค่าปริมาณออกซิเจนในบ่อน้ำเสีย (DO) มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา รวมทั้งปริมาณของพลังงานที่ได้รับจากแสงอาทิตย์ ต้องมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 30-35°C ซึ่งวัดค่าปริมาณออกซิเจนเฉลี่ยได้ 6.21 mg/L เมื่อเปรียบเทียบกับค่าปริมาณออกซิเจนก่อนการใช้อุปกรณ์เติมอากาศในน้ำได้ค่าเฉลี่ย 4.50 mg/L และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าปริมาณออกซิเจนในน้ำผิวดินทั่วไปจะมีค่าอยู่ระหว่าง 5-7 mg/L ดังนั้นการออกแบบระบบเติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จะมีความเหมาะสมกับปริมาณน้ำในบ่อน้ำเสีย บริเวณหน้าอาคาร 7 ที่มีพื้นที่ 150 ตารางเมตร เท่านั้น ซึ่งส่งผลดีต่อสิ่งมีชีวิตอยู่ในน้ำและสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะเรื่องกลิ่นที่เกิดจากน้ำเสียลดลง

2.2) การแสดงผลค่าปริมาณค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) ในน้ำ

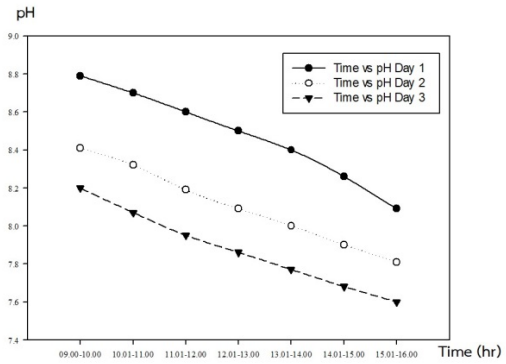

Figure 7. The relationship between water pH and time

จาก Figure 7 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ปริมาณค่าความเป็นกรด – ด่าง ในน้ำกับระยะเวลาการเก็บข้อมูลโดยเริ่มเวลาการเก็บข้อมูล 9.00-16.00 น.(7 ครั้ง/วัน) จำนวน 3 วัน โดยใช้อุปกรณ์เติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสดงอาทิตย์สำหรับกังหันแบบหนามทุเรียน ที่ความเร็วรอบเฉลี่ย 116 rpm ผลการทดลอง พบว่า เมื่อเวลา 9.00-10.00 น. สามารถวัดปริมารค่าความเป็นกรด – ด่างในน้ำ ของวันที่ 1-3 ได้ 8.79, 8.41 และ 8.20 ช่วงเวลา 12.00-13.00 วัดค่าปริมาณค่าความเป็นกรด – ด่างในน้ำได้ 8.50, 8.09 และ 7.86 และช่วงเวลา 15.00-16.00 น. วัดค่าปริมาณค่าความเป็นกรด – ด่างได้ 8.09, 7.81 และ 7.60 ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์การออกแบบระบบเติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ใบพัดแบบหนามทุเรียน พบว่า ปริมาณค่าความเป็นกรด – ด่างในบ่อน้ำเสีย (pH) มีปริมาณลดลง (เป็นกลาง) ตามสัดส่วนระยะเวลา ซึ่งคิดเป็นค่าเฉลี่ยได้ 7.83 และเมื่อเปรียบเทียบค่าปริมาณความเป็นกรด – ด่างมาตรฐานน้ำผิวดินอยู่ระหว่าง 6.50-9.00 แล้วค่าความเป็นกรด – ด่าง อยู่ในเกณฑ์ [5-6] ดังนั้น น้ำในบ่อบริเวณด้านหน้าอาคาร 7 สามารถใช้ในการเพาะปลูกและเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้

2.3) การแสดงค่าสารแขวนลอย (TDS) ในน้ำ

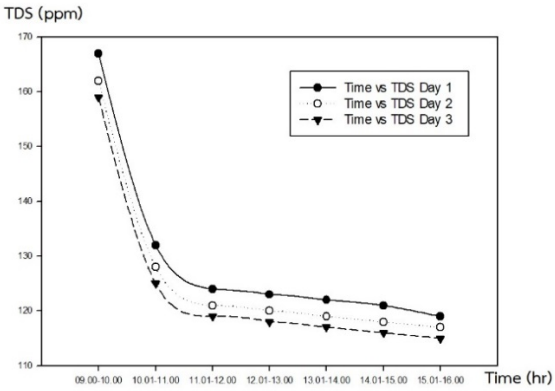

Figure 8. The graph shows the relationship between TDS and time

จาก Figure 8 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสารแขวนลอยในน้ำกับระยะเวลา สำหรับการเก็บข้อมูล โดยเริ่มเวลาการเก็บข้อมูล 9.00-16.00 น. (7 ครั้ง/วัน) จำนวน 3 วัน โดยใช้อุปกรณ์เติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสดงอาทิตย์สำหรับกังหันแบบหนามทุเรียน ที่ความเร็วรอบเฉลี่ย 116 rpm ผลการทดลอง พบว่า เมื่อเวลา 9.00-10.00 น. สามารถวัดค่าปริมารสารแขวนลอยในน้ำของวันที่ 1 -3 ได้ 167, 162 และ 159 ppm ช่วงเวลา 12.00-13.00 น. วัดค่าปริมาณสารแขวนลอยในน้ำได้ 123, 120 และ 118 ppm และช่วงเวลา 15.00-16.00 น. วัดค่าปริมาณสารแขวนลอยได้ 119, 117 และ 115 ppm ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์การการทำงานระบบอุปกรณ์เติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า ค่าปริมาณสารแขวนลอยในน้ำ (TDS) มีปริมาณลดลง

ตามระยะเวลา รวมทั้งปริมาณของพลังงานแสงอาทิตย์ที่รับจากดวงอาทิตย์ ต้องมีอุณหภูมิ 30-35 °C ซึ่งสามารถคิดเป็นค่าเฉลี่ยได้ 119.6 ppm ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบปริมาณค่าสารแขวนลอยของมาตรฐานน้ำผิวดิน ไม่ควรเกิน 500 ppm เมื่อวิเคราะห์ปริมาณค่าสารแขวนลอยในบ่อน้ำเสียบริเวณหน้าอาคาร 7 มีปริมาณค่าสารแขวนลอยน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐาน เพราะน้ำที่ปล่อยมาจากอาคารต่างๆ นั้น ถูกแยกในบางส่วนสำหรับส่วนที่เป็นสารแขวนลอย ส่งผลให้ปริมาณค่าสารแขวนลอยมีจำนวนน้อย แต่อย่างไรก็ตาม ถ้าใช้ระบบอุปกรณ์เติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ยิ่งจะทำให้ปริมาณค่าสารแขวนลอยลดลงตามลำดับ

2.4) การแสดงผลประสิทธิภาพอุปกรณ์เติมอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

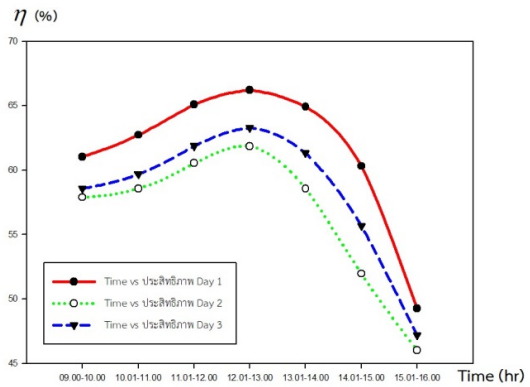

Figure 9. The relationship between the efficiency of aeration equipment in water using solar energy in water and time

จาก Figure 9 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ประสิทธิภาพอุปกรณ์เติมอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ในน้ำกับระยะเวลา โดยเริ่มเวลาการเก็บข้อมูลเวลา 9.00-16.00 น. (7 ครั้ง/วัน) จำนวน 3 วัน โดยใช้อุปกรณ์เติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับกังหันแบบหนามทุเรียน ที่ความเร็วรอบเฉลี่ย 116 rpm ผลการทดลอง พบว่า อุปกรณ์เติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพในแต่วัน เท่ากับ 66.21%, 61.87% และ 63.28% ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์การทำงานระบบอุปกรณ์เติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพอุปกรณ์เติมอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ในน้ำขึ้นอยู่กับปริมาณของพลังงานที่ได้รับจากดวงอาทิตย์เป็นหลัก โดยเฉพาะวันที่ 2 จะพบว่า การทดลองได้ค่าพลังงานต่ำสุด (190.87 kW) เมื่อเทียบกับวันที่ 1 และวันที่ 3 (ของการทดลอง) ส่งผลให้ประสิทธิภาพอุปกรณ์เติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ต่ำ ซึ่งเมื่อคิดค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพอุปกรณ์เติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จะได้ค่า 63.78%

2.5) การแสดงค่าประสิทธิภาพในการถ่ายเทออกซิเจนในน้ำ

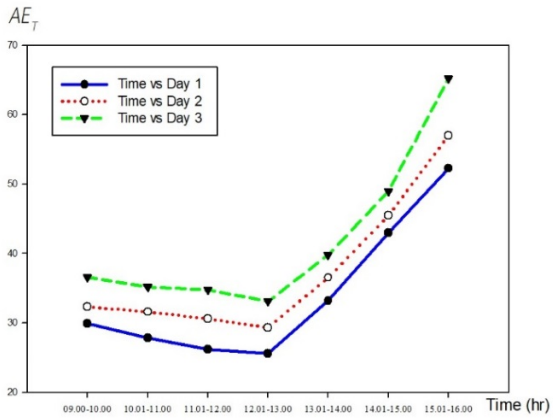

Figure 10. The relationship ship between water oxygen transfer and time

จาก Figure 10 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ประสิทธิภาพการถ่ายเทออกซิเจนในน้ำกับระยะเวลาของแต่ละวัน (3 วัน) ซึ่งในแต่ละวันวัดค่าออกซิเจนทุกๆ หนึ่งชั่วโมง โดยเริ่มเวลาการเก็บข้อมูลเวลา 9.00-16.00 น. (7 ครั้ง/วัน) พบว่า ประสิทธิภาพในการถ่ายเทออกซิเจนให้แก่น้ำมีค่าเพิ่มสูงขึ้นในแต่ละวันที่ 52.28%, 57.03% และ 65.24% ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพการถ่ายเทออกซิเจนในน้ำตลอดระยะเวลา 3 วัน มีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ย 58.18% ในขณะเดียวกันมีปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการถ่ายเทออกซิเจนในน้ำ เช่น ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ช่วงเวลา 9.00-12.00 น. และ 15.00-16.00 น. และช่วงที่มีค่าประสิทธิภาพการถ่ายเทออกซิเจนสูงสุด คือ ช่วงเวลา 12.00-13.00 น. ของแต่ละวัน ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 32.7 °C นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ ในบ่อน้ำเสียอีก เช่น สภาพของน้ำเสียภายในบ่อ เป็นต้น

2.6) การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนการออกแบบระบบเติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

บ่อน้ำเสียบริเวณหน้าอาคาร 7 มีพื้นที่ประมาณ 150 ตารางเมตร มีปริมาตรน้ำเสีย 266.67 m^3 ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างอุปกรณ์เติมอากาศในน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้แผงโซล่าเซลล์ขนาด 330 W (2 แผง) รวม 660 W เมื่อคิดพลังงานสูงสุดจะได้ (0.35 x 10) x 0.66 = 2.31 kWh ซึ่งการผลิตของพลังงานแผงโซล่าเซลล์ตลอดทั้งวันจะคิดที่ 80% (20% สูญเสีย) [7] ดังนั้น แผงโซล่าเซลล์ผลิตพลังงานได้ 2.31 x 0.8 = 1.85 หน่วย เมื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้า ค่าพลังงานไฟฟ้าหน่วยละ 3.28 บาท จะประหยัดค่าไฟฟ้าได้ 1.85 x 3.28 ≈ 6 บาท/วัน คิดเป็นเดือนประมาณ 186.2 บาท และ ปีละ 2,235 บาท ส่วนต้นทุนค่าออกแบบและสร้างระบบเติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ประมาณ 23,350 บาท ดังนั้น เมื่อพิจารณาจุดคุ้มทุนระบบเติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ จะเท่ากับ 10.4 ปี ทั้งนี้ยังไม่คำนึงถึงค่าการบำรุงรักษาในระหว่างอุปกรณ์เติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ทำงาน

สรุปผลการวิจัย

การออกแบบระบบเติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อใช้บำบัดน้ำเสีย ที่มีขนาดพื้นที่ 150 ตารางเมตร มีปริมาตรน้ำ 266.67 m^3 ซึ่งเก็บข้อมูลก่อนการใช้อุปกรณ์เติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ได้ดังนี้ ค่าออกซิเจนในน้ำเฉลี่ย 4.50 mg/L ค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำเฉลี่ย 8.67 และค่าสารแขวนลอดเฉลี่ย 171 ppm เมื่อได้ออกแบบระบบการเติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเครื่องต้นกำลัง 1 HP ที่อัตราความเร็วรอบเฉลี่ย 116 rpm ใช้ค่าพลังงานมีความเข้มข้นของแสงเฉลี่ย 350 W เพื่อเติมอากาศให้แก่น้ำ ผลการวิเคราะห์สรุปได้ว่า ตลอดระยะเวลาการเติมอากาศให้น้ำทั้ง 3 วัน สามารถวัดค่าปริมาณออกซิเจนได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.3844 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ลดลงร้อยละ 0.00969 และค่าสารแขวนลอยลดลงร้อยละ 0.3158 ผลจากการเติมอากาศให้น้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ส่งผลให้คุณภาพน้ำมีคุณสมบัติดีขึ้นตามตัวแปรที่ศึกษา ข้อค้นพบ จากการวิจัยยังมีปัจจัยบางอย่างไม่สามารถควบคุมได้ พื้นของบ่อน้ำเสียบริเวณที่เป็นส่วนโค้งหรือเว้า ค่าปัจจัยที่ได้กล่าวมาจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อย

กว่าบริเวณติดตั้งอุปกรณ์เติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยค่าความเข้มข้นพลังงานของแสงจากดวงอาทิตย์ที่ได้รับจะไม่คงที่ ส่งผลกระทบต่อตัวแปรที่ศึกษาดังกล่าว

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์การวิจัยได้นั้น ผู้วิจัยต้องขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรีได้ให้ใช้พื้นที่ในการศึกษา ตลอดจนสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรีที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือและครุภัณฑ์ทดลอง และขอบคุณนักศึกษาที่ช่วยเก็บข้อมูลผลการทดลองจนทำให้งานวิจัยประสบความสำเร็จทุกประการ

เอกสารอ้างอิง

1 เฉลิมเกียรติ นาคา. 2558. *การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องเติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับเพาะพันธุ์ปลา*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

2 Robert Foster, Majid Ghassemi and Alma Cota. 1962. Solar energy. *renewable energy and the environment 1st ed*. NW: CRC. pp 60-66

3 Choosakul N., M. Buddhakala, N. Barnthip, A. Muakngam and C. Banglieng. 2011. Application of solar cell for daytime weather study. *Energy procedia*, Vol 9. pp 171-177

4 ปรีชา สุขใจ. 2557. *เครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำแบบกังหันขนาดเล็ก*. คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5 เจียมจิตร ขวัญแก้ว. 2550. *การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักวิจัยและพัฒนากรมชลประทาน. หน้า 52-58

6 บรรจง สุขแจ่ม. 2556. *ปรับปรุงเครื่องเติมอากาศผิวน้ำ*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมอิเลคทรอนิกส์

7 กลุ่มอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. 2554. *แนวทางการเติมอากาศเพื่อป้องกันน้ำเน่า*. คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2554