

แบบจำลองการบำบัดน้ำเสียเครื่องเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยล้อกังหัน

Waste Water Treatment Model of Solar Aerator with Paddle Wheel

พริษา บริบูรณ์สุขศรี และ ณัฐ จันท์กรบ

หน่วยส่งเสริมเทคโนโลยีความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

19/1 ถนนเพชรเกษม แขวงหนองค้างพลู เขตหนองแขม กรุงเทพฯ 10160

*ติดต่อ: phonniphab@sau.ac.th, โทรศัพท์ : 0-2807-4500 ต่อ 385, โทรสาร: 0-2807-4528

ผู้พิมพ์ประสานงาน : phonniphab@sau.ac.th

วันที่รับบทความ: 25 พฤศจิกายน 2563 / วันที่แก้ไขบทความ: 15 ธันวาคม 2563 / วันที่ตอบรับการตีพิมพ์: 17 ธันวาคม 2563

บทคัดย่อ บทความนี้นำเสนอการศึกษาวิจัยเชิงทดลองของการหาสมรรถนะเครื่องเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยล้อกังหัน หลักการทำงานของเครื่องเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 270 วัตต์ จำนวน 1 แผง ทำหน้าที่รับพลังงานแสงอาทิตย์เปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า 18 โวลต์ ไปยังชุดควบคุมมอเตอร์ไร้แปรงถ่านซึ่งทำหน้าที่คอยควบคุมไฟที่จ่ายให้กับมอเตอร์โดยระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับชุดควบคุมมอเตอร์ไร้แปรงถ่านจะมีมอเตอร์วิเคราะห์พลังงานไว้ในวงจรค่าพลังงานไฟฟ้า ค่ากำลังไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้าเพื่อวิเคราะห์การทำงานของระบบ ระบบถูกนำไปเดินเครื่องเพื่อเติมอากาศให้กับน้ำเสีย ซึ่งถูกกักเก็บไว้ในบ่อจำลองขนาดปริมาตร 9.6 ลูกบาศก์เมตร และเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดไปตรวจวัดระดับของค่าบีโอดี ต่อเนื่องเป็นเวลา 49 วัน ผลการวิเคราะห์ระดับของพารามิเตอร์ พบว่าค่าบีโอดี มีการลดลงในรูปแบบลักษณะรูปแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล ด้วยอัตราการลดลงเท่ากับ 0.078 และได้สมการแบบจำลองความสามารถในการบำบัดน้ำเสีย เป็น $BOD = BOD(0) e^{-0.078t}$ ซึ่งผลการวิเคราะห์สมรรถนะจากการบำบัดบีโอดีของเครื่องเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์นี้ มีพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ได้ 3.38 กิโลวัตต์ใน 10 ชั่วโมงต่อวัน โดยค่าบีโอดีเริ่มต้นที่ 65 มิลลิกรัมต่อลิตร จะใช้เวลาในการบำบัด 15 วัน จึงจะให้ค่าบีโอดีลดอยู่ในระดับมาตรฐานที่ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสามารถรองรับการบำบัดน้ำเสียได้ถึง 41,297 มิลลิกรัมต่อวัน

คำสำคัญ: การเติมอากาศ, ล้อกังหัน, เซลล์แสงอาทิตย์, การบำบัดน้ำเสีย

Abstract The research of this study to present the experiment of the performance of a solar-aerator with paddle wheel. The operation principle of a 270-watt solar-powered oxygen filler, which receives solar energy and converts into electrical energy of 18 volts. Then, transfers to the brushless motor controller unit which is responsible for controlling the electricity supplied for the motor, between the solar panel and brushless motor controller unit. There is an energy meter to measure the electric power, electric charge and electric voltage to analyze system operations. The system is operated to fill the air in waste water which is stored in a simulated

pond of 9.6 cubic meters. The treated waste water is continuously collected and measured the level of BOD for 49 days. The results of analysis found that the BOD value was decreased in exponential characteristics with a decay rate equal to 0.078, as the equation model: $BOD = BOD(0) e^{-0.078t}$. The result of the performance analysis from the BOD treatment of a set of solar oxygenators, the electrical energy from the sun is 3.38 kilowatt within 10 hours per day. The initial BOD value to 65 milligrams per liter. It took 15 days for treatment and the BOD value decreases to level 20 milligrams per liter, which can support the load of waste water to 41,297 milligrams per day.

Keywords: Aerator, Paddle Wheel, Solar Cell, Wastewater treatment

1. บทนำ

ปัจจุบันปัญหาน้ำเสียจากบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรมที่ไม่ได้รับการบำบัดก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและสุขภาพอนามัยของมนุษย์ ทั้งความสกปรก และส่งกลิ่นไม่พึงประสงค์ วิธีการบำบัดน้ำเสียที่นิยมและง่ายหรือสะดวกในการติดตั้งที่สุดคือระบบเลี้ยงจุลินทรีย์แบบเดิมอากาศ แต่ระบบนี้ต้องเดินเครื่องจักรเดิมอากาศตลอดเวลาจึงทำให้มีค่าใช้จ่ายสูง หลายงานวิจัยพยายามลดต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้าที่นำมาใช้ในการเดินเครื่องโดยการใชพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อม (EPA) ที่พบว่า การเดิมอากาศด้วยระบบไฟฟ้าที่มากขึ้นไปนั้นจะเพิ่มการใช้พลังงานไฟฟ้า และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจนนำไปสู่ภาวะโลกร้อน รวมถึงเพิ่มต้นทุนการดำเนินงานมากเกินความจำเป็น จึงมีการใช้เทคโนโลยีการหมุนเวียนพลังงานแสงอาทิตย์มาช่วยลดความจำเป็นในการลดค่าใช้จ่ายและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกี่ยวข้องกับการผลิตพลังงานไฟฟ้า [1],[2] ซึ่งให้ผลดีในการเดิมอากาศเพื่อช่วยปรับสภาพน้ำสำหรับงานด้านการเกษตร เลี้ยงปลาหรือประมงอื่นๆ ซึ่งลักษณะงานค่อนข้างยืดหยุ่นได้มาก [3] แต่ในงานบำบัดน้ำเสียนั้นต้องการการคำนวณและประเมินการเดิมอากาศที่แม่นยำ

ตารางที่ 1 ผลสมรรถนะ Standard Aeration efficiency: SAE

Paddle wheel aerator types	Maximum SAE (kgO ₂ /kWh)
Three paddle wheels	1.95 [4]
Steel	2.95 [5],[6]
PVC	2.60 [5], [6]
61- 91 cm Dia., 15- 75 cm lengths and 8-18 cm depths	2.54 [7]
Two impellers	3.46 [8]
Taiwan model	1.188 [9]
Curved blade	2.95 [10]
Four Paddle impeller	1.019 [11]
Nigeria	1.30 [12]
Spiral	1.00 [11]

เพื่อให้สามารถรับมือการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรมได้อย่างถูกต้อง ได้มาตรฐานตามที่กฎหมายกำหนด ที่ผ่านมามีการศึกษาวิจัยเพื่อประเมินศักยภาพการเดิมออกซิเจนบำบัดน้ำเสียด้วยเครื่องเดิมอากาศที่ใช้การจ่ายพลังงานให้มอเตอร์ต้นกำลังด้วยไฟฟ้าในหลากหลายรูปแบบ และให้ผลเชิงสมรรถนะที่คิดในรูปน้ำหนักออกซิเจนที่ได้ต่อพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายไป (Standard Aeration efficiency: SAE) สูงสุดตั้งแต่ 1 ถึง 3.46 kgO₂/kWh ซึ่งได้แสดงดังตารางที่ 1 [4]-[12] โดยทั้งหมดใช้ไฟฟ้าจ่ายให้

มอเตอร์ต้นกำลังด้วยความเร็วรอบสม่ำเสมอตลอด 24 ชั่วโมง การใช้ข้อมูลดังกล่าวนี้มาใช้ประเมินเพื่อออกแบบการเติมอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์นั้นจะเป็นปัญหาในทางปฏิบัติ เนื่องจากความไม่คงที่ของไฟฟ้าที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ ไม่สามารถควบคุมให้คงที่ มีเสถียรภาพสม่ำเสมอเหมือนไฟจากโรงไฟฟ้าเช่นนั้นได้

การประยุกต์ออกแบบใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการเติมออกซิเจนเพื่อบำบัดน้ำเสีย มีการศึกษาการเติมออกซิเจนที่ใช้พลังงานต้นกำลังจากแสงอาทิตย์อยู่ [13] แต่เป็นไปในลักษณะการสร้างนวัตกรรมต้นแบบขนาดเล็กที่ใช้การดูดน้ำมาปล่อยให้ไหลผ่านอากาศได้ และการใช้ไม่ได้ทำการประเมินสมรรถนะให้เป็นรูปแบบสมการแบบจำลองศักยภาพของระบบเอาไว้ ทำให้ไม่สามารถใช้เป็นเกณฑ์อ้างอิงเพื่อการออกแบบได้ นอกจากนี้ในงานวิจัยของ Iqib Prasetyaningsari [14] ได้นำเสนอแนวทางการออกแบบโดยใช้ซอฟต์แวร์ ช่วยคำนวณ การใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาเป็นต้นกำเนิดพลังงานให้กับระบบบำบัดน้ำเสีย แต่ยังคงหลักการจ่ายไฟฟ้าสม่ำเสมอด้วยการใช้แบตเตอรี่สำรองซึ่งเพิ่มต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานสูง ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดมุ่งเน้นที่จะศึกษาศักยภาพการบำบัดน้ำเสียของเครื่องเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ รวมถึงประเมินสมรรถนะและค่าระดับคุณภาพน้ำจากวิธีการบำบัดน้ำเสียจากการเติมออกซิเจนด้วยกังหันที่ใช้กำลังขับเคลื่อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อนำผลที่ได้มาพัฒนา เป็นสมการแบบจำลองสำหรับความสะดวกในการนำไปใช้งานออกแบบ และดัดแปลงเทคนิคกระบวนการให้เหมาะสมกับสภาพจริงในการใช้งานบำบัดน้ำเสียต่อไป

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในการศึกษาประสิทธิภาพ เป็นแบบเติมออกซิเจนในอากาศลงน้ำเสียแบบใช้กังหันที่มีแหล่งกำเนิดพลังงานให้ต้นกำลังจากแสงอาทิตย์ประกอบด้วย ดังนี้

- (ก) มิติตัวเครื่อง กว้าง 1.30 x ยาว 1.64 x สูง 0.56 เมตร
- (ข) น้ำหนักรวม 70 กิโลกรัม
- (ค) ใช้แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 270วัตต์ และ มอเตอร์ชนิดไร้แปรงถ่านขนาด 500วัตต์
- (ง) ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ 100% ไม่ใช้แบตเตอรี่
- (จ) ทุนลอยน้ำจำนวน 4 ทุน
- (ฉ) กังหันตีน้ำแบบ 8 ใบพัด จำนวน 4 วงล้อ

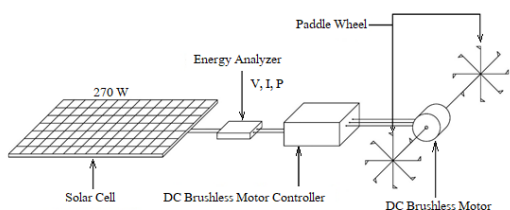
2.2 น้ำเสียทดสอบ เป็นน้ำเสียจากโรงอาหารในมหาวิทยาลัยฯ และศึกษาบ่มบ่อน้ำเสียจำลองแบบปิด ขนาด 3 เมตร x 4 เมตร x 1 เมตร และปริมาตรน้ำเสียขนาด 9.6 ลูกบาศก์เมตร

2.3 ตัวแปรที่ศึกษา

- 2.3.1 ตัวแปรต้นคือค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand: BOD) ลดลงที่สามารถทำได้ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน ชนิดเติมอากาศด้วยกังหันที่ใช้แหล่งกำเนิดพลังงานจากแสงอาทิตย์
- 2.3.2 ตัวแปรตาม คือเวลาในการบำบัดน้ำเสียในหน่วยวัน

2.4 โครงสร้างระบบเครื่องเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์

โครงสร้างของระบบการทำงานประกอบด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง ส่งจ่ายไปยังชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์ที่เป็นชนิดไร้แปรงถ่าน ติดตั้งมิเตอร์วัดค่าพารามิเตอร์สำหรับการวิเคราะห์พลังงาน ประกอบด้วย การวัดค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปขณะทำงานจ่ายไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ต้นกำลัง ถ่ายทอดกำลังไปยังเพลาลูกสูบกังหันให้หมุนตามความเร็วที่กำหนด โดยมีต้นทุนอุปกรณ์เป็นเงิน 20,000 บาท ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 โครงสร้างระบบการทำงานของเครื่องเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์

2.5 บ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon หรือ AL)

การสร้างบ่อ บ่อบทดสอบสร้างจากแผ่นพลาสติกหนา เชื่อมเป็นรูปทรงลูกบาศก์สี่เหลี่ยมขนาดขนาด กว้าง 3 เมตร ยาว 4 เมตร สูง 1 เมตร โดยติดตั้งไว้กลางบ่อน้ำจริง แล้วบรรจุปริมาณน้ำเสียลงบ่อบทดสอบจำนวน 9.6 ลูกบาศก์เมตร ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ลักษณะบ่อบทดสอบและการติดตั้งเครื่องเติมอากาศ

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

นำน้ำเสียจากบ่อรวมน้ำเสียของโรงอาหารในมหาวิทยาลัยฯ มาใส่ในบ่อบทดสอบ ปริมาตร 9.6 ลูกบาศก์เมตร สุ่มน้ำเสียค่าเริ่มต้นส่งตรวจที่ห้องปฏิบัติการเคมีของเอกชนที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน เพื่อตรวจสอบค่าพารามิเตอร์สำคัญจำนวน 5 ตัวคือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (Positive potential of the Hydrogen ions: pH) ค่าดีไอ (Dissolve Oxygen: DO) ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand: BOD) ค่าน้ำมันและไขมัน (Oil and Grease) ค่าของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid: SS)

3.1 ขั้นตอนการทำงาน

3.1.1 ทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้เครื่อง Power Analyzer/Meter วัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่ได้ส่งให้เครื่องเติมอากาศ ได้แก่ ค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า เพื่อคำนวณค่ากำลังไฟฟ้า และวัดค่าความเร็วรอบของกังหันวงล้อตีนน้ำด้วย โดยใช้เครื่องมือวัดความเร็วรอบ (Lutron DT-2234B Photo Tachometer) ทั้งช่วง No Load และช่วง Full Load ดังแสดงรูปที่ 3



รูปที่ 3 กังหันเครื่องเติมอากาศและ การวัดความเร็วรอบขณะ No load

3.1.2 เก็บตัวอย่างน้ำเสียจากบ่อบทดสอบก่อนนำเครื่องเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ลงบ่อบำบัดน้ำเสีย จำลองและส่งตัวอย่างน้ำเสียตรวจวิเคราะห์ค่าคุณภาพน้ำกรณีก่อนเริ่มเปิดเครื่องเติมอากาศเพื่อทำการบำบัด

3.1.3 นำเครื่องเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ลงบ่อบทดสอบบำบัดน้ำเสียจำลอง เปิดระบบทำงานและบันทึกค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า

3.1.4 เก็บตัวอย่างน้ำเสียจากบ่อบทดสอบบำบัดน้ำเสียขณะเครื่องเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ทำงานตามระยะเวลาการทำงานที่กำหนดและส่งตัวอย่างน้ำเสียตรวจวิเคราะห์ค่าคุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการเคมี หลังการทดลองเดินเครื่องบำบัดน้ำเสียทุก ๆ 7 วัน



รูปที่ 4 เก็บตัวอย่างน้ำเสียก่อนบำบัดน้ำเสีย

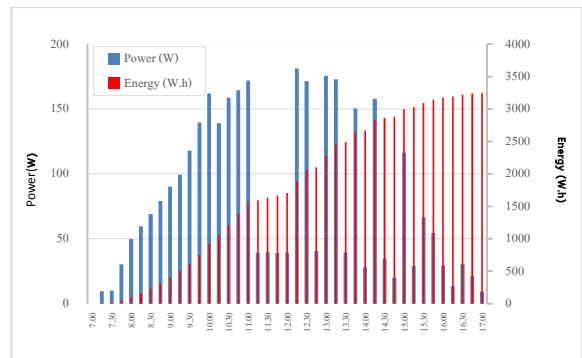
รูปที่ 5 นำเครื่องเดิมอากาศยานแสงอาทิตย์ลงบ่
ทดลองบำบัดน้ำเสีย

4. ผลการดำเนินงาน

4.1 การทดสอบสมรรถนะการสร้างกำลังขณะ No Load

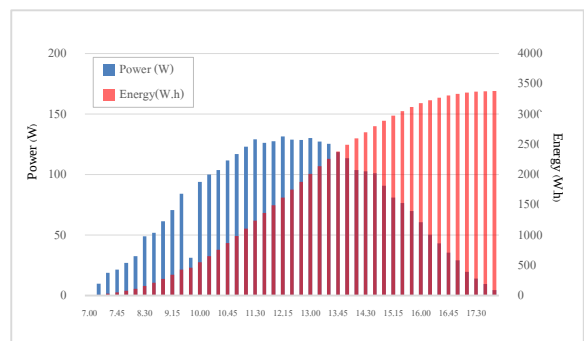
เป็นการทดสอบโดยการวางเครื่องรับพลังงานแสงอาทิตย์บนพื้นดินโดยที่กังหันไม่ต้องแบกรับภาระ ภายใต้สภาวะแตกต่าง ๆ เพื่อสังเกตพฤติกรรมของพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าโดยทดสอบตั้งแต่เวลา 7.00 – 17.00 น. พบว่ากำลังไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นและลดลงตามความเข้มของแสงอาทิตย์ค่าสูงสุดอยู่ที่ 185 วัตต์ เวลา 12:15 น. ซึ่งในบางช่วงเวลามีเมฆบดบังแสงอาทิตย์ ค่ากำลังไฟฟ้าจะตกลงต่ำกว่า 50 วัตต์ และพลังไฟฟ้าสะสมได้ทั้งหมด

3,251.57 วัตต์ใน 10 ชั่วโมง(กลางวัน) ดังแสดงในรูปที่ 6 ผลที่ปรากฏนี้เมื่อจำลองเป็นสมการคณิตศาสตร์พบว่ากำลังไฟฟ้าในกรณีที่ไม่มีเมฆบดบังเลย และสภาพขณะ No Load จะได้เป็นตามสมการที่ (1)



รูปที่ 6 กราฟค่ากำลังไฟฟ้าขณะเดินระบบ

แบบ No Load



รูปที่ 7 กราฟค่ากำลังไฟฟ้าขณะเดินระบบ

แบบ Full Load

$$P(t_h) = 185 \sin\left(\frac{\pi}{10}t_h\right) \quad (1)$$

โดยที่ $P(t_h)$ คือ กำลังไฟฟ้าที่ได้จากแสงแดดในหน่วยวัตต์
 t_h คือ เวลา ในหน่วยชั่วโมง

4.2 การทดสอบสมรรถนะการสร้างกำลังขณะ Full Load

การทดสอบสมรรถนะขณะ Full Load เป็นการทดสอบโดยการนำเครื่องรับพลังงานแสงอาทิตย์วางไว้บนบ่บำบัดน้ำเสียจำลองโดยที่กังหันรับภาระดัดน้ำเดิมอากาศ โดยทดสอบเวลา 7.00 - 17.00 น. ค่ากำลังไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นและลดลงตามความเข้มของแสงอาทิตย์ ค่าสูงสุด

อยู่ที่ 131 วัตต์ เวลา 12:15 น. ในบางช่วงเวลานั้นมีเมฆบดบังแสงอาทิตย์ ค่ากำลังไฟฟ้าจะตกลงต่ำถึง 31 วัตต์ และช่วงไม่มีเมฆบังได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด 131 วัตต์ โดยพลังไฟฟ้าสะสมได้ทั้งหมด 3,382.16 วัตต์ ในเวลา 10 ชั่วโมง (กลางวัน) ดังรูปที่ 7 โดยผลค่าสูงสุดของกำลังไฟฟ้าอยู่ที่ 131 วัตต์ ในกรณีที่ไม่มีเมฆมาบดบัง ในขณะที่ Full Load ค่ากำลังไฟฟ้าแต่ละช่วงเวลาสามารถจำลองสมการคณิตศาสตร์ ดังสมการที่ (2) ดังนี้

$$P(t_h) = 131 \sin\left(\frac{\pi}{10} t_h\right) \quad (2)$$

4.3 ความเร็วรอบขณะ No Load เทียบกับ Full Load

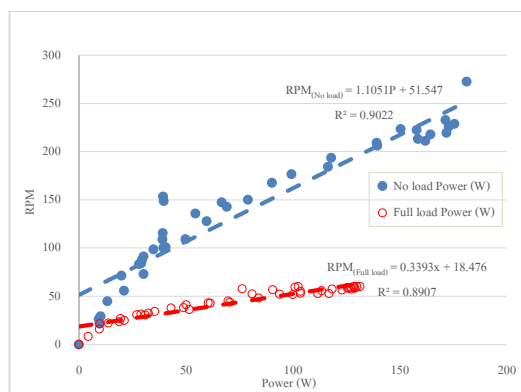
วิเคราะห์งานหมุนขณะ No Load ภายใต้สภาพแสงแดดธรรมชาติ พบความเร็วรอบมอเตอร์ค่าต่ำจนถึงสูงสุด 272.5 รอบต่อนาที (ไร้เมฆบัง) กำลังไฟฟ้าสูงสุด 185 วัตต์ และยังพบว่าความเร็วรอบมีความสัมพันธ์ลักษณะเป็นเชิงเส้นกับกำลังไฟฟ้า ตั้งแต่ที่ระดับ 100 รอบต่อนาที และค่ากำลังไฟฟ้าตั้งแต่ 40 วัตต์ขึ้นไป โดยช่วงดังกล่าวพบความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบ (RPM) เทียบกับกำลังไฟฟ้า (P) ได้เป็นสมการเส้นตรงตามสมการที่ (3)

$$RPM_{(No\ load)} = 1.1051P + 51.547 \quad (3)$$

และขณะ Full Load ภายใต้สภาพแสงแดดธรรมชาติเช่นกัน พบความเร็วรอบมอเตอร์สูงสุด 57.7 รอบต่อนาที กำลังไฟฟ้าสูงสุด 131 วัตต์ และยังพบว่าความเร็วรอบมีความสัมพันธ์ลักษณะเป็นเชิงเส้นกับกำลังไฟฟ้า ตั้งแต่ที่ความเร็วรอบ 21 รอบต่อนาทีและค่ากำลังไฟฟ้าตั้งแต่ 9.7 วัตต์ขึ้นไป โดยพบความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบ (RPM) เทียบกับกำลังไฟฟ้า (P) ได้เป็นสมการเส้นตรงตามสมการที่ (4)

$$RPM_{(Full\ load)} = 0.3393P + 18.476 \quad (4)$$

จะเห็นว่า ศักยภาพการบิดหมุนของเพลาลูกเบี้ยวให้ก้านหินดีน้ำเดิมอากาศมีความแตกต่างจากการบิดหมุนบนอากาศเปล่า สัดส่วน $1.105/0.3393 = 3.256$ เท่า ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 กราฟเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้า-ความเร็วรอบในการดีน้ำเดิมอากาศ ในสภาพ No Load และ Full Load

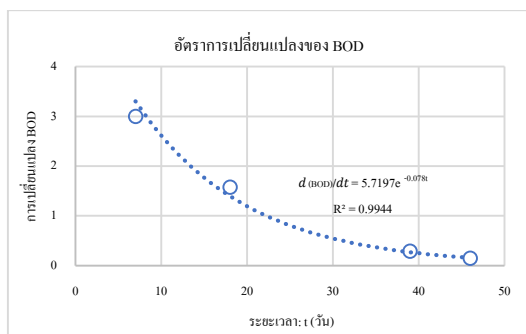
4.4 ผลการทดสอบระดับคุณภาพการบำบัดน้ำเสีย

ตารางที่ 2 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำเทียบกับเวลา

ครั้งที่	ระยะเวลา: t (วัน)	พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์	
		pH	BOD ₅ (มก/ล)
1	0	6	65
2	7	6	40
3	14	7	23
4	21	7	19
5	28	8	8
6	35	8	8
7	42	8	4
8	49	9	5

เมื่อนำผลที่ได้นี้มาวิเคราะห์หาความสามารถในการลดค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand: BOD) โดยพิจารณาจากค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าบีโอดี (Differential of BOD: d(BOD)) ที่ลดลงได้ในแต่ละวัน (dt) ดังแสดงในรูปที่ 9 จะพบว่าค่าการเปลี่ยนแปลงของบีโอดี ในแต่ละวัน มีค่าลดลงเป็นไปตามสมการที่ (5)

$$\frac{d(BOD)}{dt} = 5.5197e^{-0.078t} \quad (5)$$



รูปที่ 9 การเปลี่ยนแปลงของค่าบีโอดีที่ลดลงได้รายวัน

พฤติกรรมการลดลงแบบนี้เป็นลักษณะการลดลงในรูปแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential) และจะพบความสัมพันธ์ของความสามารถในการเปลี่ยนแปลงค่าบีโอดีให้ลดลงต่อวัน ด้วยอัตราเท่ากับ 0.078 และจากสมการนี้สามารถนำไปประเมินหาสมรรถนะของการบำบัดน้ำเสียรายวันที่เป็นผลจากการเติมอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์นี้ได้จากการอินทิเกรต ดังสมการที่ (6)

$$BOD(t) = \int 5.5197e^{-0.078t} dt \quad (6)$$

ซึ่งรูปแบบของคำตอบจะได้พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงเป็นไปในลักษณะเดียวกันคือเอ็กซ์โพเนนเชียล โดยค่าเริ่มต้นจะเริ่มลดจากค่าบีโอดีเริ่มต้น หรือ BOD(0) ดังสมการที่ (7)

$$BOD(t) = BOD(0) e^{-0.078t} \quad (7)$$

โดยที่ BOD(0) คือค่าบีโอดีเริ่มต้นของกระบวนการ

t คือเวลาที่ทำการบำบัดน้ำเสียในหน่วยวัน

4.3.1 การวิเคราะห์สมรรถนะการบำบัดบีโอดี

ทั้งหมดนี้อยู่บนพื้นฐานของการทดสอบระบบบำบัดน้ำเสียด้วยกังหันเติมอากาศที่พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ในช่วงฤดูร้อน ซึ่งมีพลังงานไฟฟ้าที่แปลงจากแสงอาทิตย์ได้ในอัตรา 3.38 kW ใน 10 ชั่วโมงต่อวัน และน้ำเสียมีปริมาตรเท่ากับ 9.6 ลูกบาศก์เมตร โดยน้ำเสียมีค่าบีโอดีเริ่มต้นที่ 65 มิลลิกรัมต่อลิตร

$$t = -\frac{1}{0.078} \ln \left(\frac{BOD \text{ มาตรฐาน}}{BOD(0)} \right) = -\frac{1}{0.078} \ln \left(\frac{20}{65} \right) = 15.11 \text{ วัน}$$

จากสมการจะเห็นได้ว่าเครื่องเติมอากาศระบบนี้ 1 ชุดมีความสามารถในการรองรับภาระกำจัดบีโอดี (BOD load) ได้เท่ากับ $(9.6/15.11)65 = 41.297$ กรัมต่อวัน หรือรับโหลดการบำบัดน้ำเสียได้เท่ากับ 41,297 มิลลิกรัมต่อวัน

4.3.2 การประยุกต์ใช้งาน

ยกตัวอย่าง โรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่งมีน้ำเสียโดยค่าบีโอดีเท่ากับ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ปล่อยน้ำเสียออกวันละ 8 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน จะต้องใช้เครื่องเติมอากาศเพื่อบำบัดน้ำเสียด้วยระบบแบบนี้เท่ากับกี่ชุด การคำนวณหา ภาระบีโอดี (BOD load) = $8 \times 200 = 1,600$ มิลลิกรัมต่อลิตร หรือต้องรับมือกับภาระน้ำเสียเท่ากับ 1,600,000 มิลลิกรัมต่อวัน ดังนั้นแล้วจึงต้องใช้เครื่องเติมอากาศแบบนี้จำนวนเท่ากับ $1,600,000/41,297$ ชุด ซึ่งเท่ากับ 38.74 ชุด หรือ 39 ชุด

5. สรุป

เครื่องเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ 1 เครื่องที่ประกอบไปด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 270 วัตต์ จำนวน 1 แผง ศักยภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงแดด 3.38 กิโลวัตต์ ใน 10 ชั่วโมงต่อวัน กับระบบบำบัดน้ำเสียปริมาตรน้ำอยู่ที่ 9.6 ลูกบาศก์เมตรกับประสิทธิภาพในการเติมออกซิเจนลงไปในน้ำ การวิเคราะห์ความสามารถในการลดของค่าบีโอดีเปลี่ยนแปลงรายวัน มีพฤติกรรมตอบสนองแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล ตามสมการ

$$BOD(t) = BOD(0) e^{-0.078t}$$

ความสามารถในการบำบัดน้ำเสียของเครื่อง 1 ชุด จะสามารถลดค่าบีโอดีจากเริ่มต้น 65 มิลลิกรัมต่อลิตร จนถึงระดับตามเกณฑ์มาตรฐาน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ใช้เวลา 15 วัน และสามารถรองรับภาระน้ำเสียได้ 41,297 มิลลิกรัมต่อวัน สามารถนำสมการแบบจำลองสมรรถนะที่นำเสนอนี้มาใช้เป็นแนวทางการออกแบบระบบเติมอากาศบำบัดน้ำเสียให้กับโรงงานอุตสาหกรรมได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นางสาวนฤพร ทศน์สุวรรณ นางสาวชนิศาภา สอนช่วย และนายอัศรภาม อุณหพันธ์ นักศึกษาหลักสูตร สาขาวิชาวิศวกรรมความปลอดภัย ที่ช่วยสนับสนุนการเก็บข้อมูลวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] Department of Energy and Environmental Protection Agency, Washington D. C. (2000). Carbon dioxide emissions from the generation of electric power in the United States. URL:<https://www.eia.gov>, access on 26/10/2019
- [2] Hudnell, K., Green, D., Vien, R., Butler, S., Rahe G., Bruce A. R. & Bleth, J. (2010). Improving wastewater mixing and oxygenation efficiency with solar- powered circulation, Clean Technologies and Environmental Policy. 13, pages 731– 742 University of North Carolina, Chapel Hill.
- [3] Kamal Sarma, A. Rahman and A. Dey. (2018). Impact of solar operated aerator on dissolved oxygen and fish growth. J. Exp. Zool. India Vol. 21, No. 2, pp. 1041-1046, 2018.
- [4] Busch RL, Tucker CS, Steeby JA, Reames JE. An evaluation of three paddle wheel aerators used for emergency aeration of channel catfish ponds. Aquacultural Engineering. 1984; 3:59-69.
- [5] Ahmad T, Boyd CE. Design and performance of paddle wheel aerators. Aquacultural Engineering. 1988; 7- (39-62).
- [6] Boyd CE, Ahmad TLa-fa, Z. Evaluation of plastic pipe, paddle wheel aerators, Aquacultural Engineering. 1988; 7:63-72.
- [7] Moore JM, Boyd C.E. Design of small paddle wheel aerators. Aquacultural Engineering. 1992; 11:55-69.
- [8] Fast AW, Tan EC, Stevens DF, Olson JC, Qin J, Barclay DK. Paddlewheel aerator oxygen transfer efficiencies at three Salinities. Aquacultural Engineering. 1991; 19:99-103.
- [9] Peterson & Walker (2002). Effect of speed on Taiwanese paddlewheel aeration. Aquacultural Engineering 26(2):129-147.
- [10] Bhuyar LB, Thakre SB, Ingole NW. Design characteristics of curved blade aerator w. r. t. aeration efficiency and overall oxygen transfer coefficient and comparison with cfd modeling. International Journal of Engineering, Science and Technology. 2009; 1(1):1-15.
- [11] Roy SM, Moulick S, Mukherjee CM, Mal BC. Effect of rotational speeds of paddle wheel aerator on aeration cost. American Research thoughts. 2015; 2(1):3069-3087.
- [12] Omofunmi OE, Adewumi JK, Adisa AF, Alegbeleye SO. Development of a paddle wheel aerator for small and medium fish farmers in Nigeria. IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering. 2016; 13(1):50-56.
- [13] Chonmapat Torasa, et.al. (2016). Int. J. Ind. Electronics and Electrical Engineering, ISSN: 2347-6982 Volume-5, Issue-2, Feb.-2017
- [14] Igib Prasetyaningsari, Agus Setiawan and Ahmad Agus Setiawan. (2013). Design optimization of solar powered aeration system for fish pond in Sleman Regency, Yogyakarta by HOMER software. Energy Procedia 32: 90 – 98.

ประวัติผู้ประพันธ์



พรนิภา บริบูรณ์สุขศรี
วท.ม(สุขศาสตร์อุตสาหกรรม
และความปลอดภัย)
มหาวิทยาลัยมหิดล
สนใจงานวิจัยด้าน สุขศาสตร์

อุตสาหกรรมและความปลอดภัย วิศวกรรม
สิ่งแวดล้อมและการจัดการอุตสาหกรรม



ณัฐ จันทร์กรบ
วศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า)
พระจอมเกล้าลาดกระบัง
สนใจงานวิจัยด้าน พลังงาน
ระบบสื่อสาร งานควบคุม

อัตโนมัติ สิ่งแวดล้อมและการจัดการอุตสาหกรรม