

การประยุกต์ใช้พลังงานทดแทนแบบผสมผสานผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับใช้กับ ชุดบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมอาหารทะเล

Application of Hybrid Renewable Energy in Electricity Generation for Seafood Industrial Wastewater Treatment Industry

กิตติกร ขันแก้ว^{1*} และ นุชนาฏ นิลอ²

Kittikorn Khanklaeo^{1*} and Nutchanat Ninlaor²

Received: 3 February 2021, Revised: 3 August 2021, Accepted: 13 September 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับใช้กับชุดบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมอาหารทะเล เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในการบำบัด โดยการนำพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมมาใช้ในการทำงานของระบบควบคุมกระบวนการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 350 วัตต์ ควบคุมการเคลื่อนที่ของแผงตามดวงอาทิตย์ และกังหันลมแบบแกนตั้ง ขนาด 70 วัตต์ จำนวน 2 ตัว แบตเตอรี่ ขนาด 12 โวลต์ 150 แอมแปร์ต่อชั่วโมง มีระบบควบคุมการทำงานด้วยบอร์ด Arduino แล้วทำการเขียนโปรแกรมผ่านบอร์ด Lattepanda โดยนำพลังงานไฟฟ้าที่ได้ไปใช้กับชุดทดลองบำบัดน้ำเสีย ขนาด 80 ลิตร จากการทดสอบการทำงานในการบำบัดน้ำเสียพบว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี ของแข็งแขวนลอย และของแข็งละลายน้ำ ร้อยละ 98.17 98.12 และ 62.95 ตามลำดับ และมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด โดยพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม สามารถผลิตได้เฉลี่ย 3,002.8 วัตต์ ชั่วโมง ซึ่งกระบวนการบำบัดน้ำเสียในแต่ละรอบใช้พลังงานไฟฟ้าจำนวน 296 วัตต์ชั่วโมง และมีต้นทุนต่อหน่วยการผลิต 7.61 บาทต่อลูกบาศก์เมตร จะเห็นว่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้เพียงพอกับปริมาณไฟฟ้าที่ต้องการใช้ โดยในช่วงฤดูร้อนสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าช่วงฤดูฝน

คำสำคัญ: พลังงานทดแทน, พลังงานแสงอาทิตย์, พลังงานลม, บำบัดน้ำเสีย, อาหารทะเล

¹ สาขาวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง 92150

¹ Department of Engineering, Faculty of Engineering and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Trang Campus, Sikao, Trang 92150, Thailand.

² สาขาวิทยาศาสตร์ทางทะเลและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง 92150

² Department of Marine Science and Environment, Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Trang Campus, Sikao, Trang 92150, Thailand.

* ผู้รับผิดชอบประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): kh_kittikorn@hotmail.com Tel: 08 1080 6869

ABSTRACT

Objective of this research is to apply solar and wind energy to generate electricity for treating wastewater from the seafood industry to reduce the use of electrical energy in the treatment. Electric energy produced from solar and wind was used in the operation of the wastewater treatment control system. It was implemented by using a 350-watt solar cell to control the movement of the panels following the sun and two 70-Watt vertical axis wind turbines with 12 Volt 150 Amp-hour battery. Arduino board was used for a control system and LattePanda board was used in programming. The electric energy obtained was then used with the 80 liters wastewater treatment. The results revealed that the removal efficiencies of COD TSS and TDS are 98.17%, 98.12% and 62.95%, respectively. These are found to be within the standard. The electric power from solar energy and wind power can produce an average of 3,002.8 Watt hours where the wastewater treatment process uses 296 Watt hours of electricity in each cycle. The cost per production unit is 7.61 Baht per cubic meter. It was clearly indicated that the electricity produced is sufficient for the basic needs of electricity. During the summer, it can produce more electricity than rainy season.

Key words: renewable, solar energy, wind energy, wastewater treatment, seafood

บทนำ

ประเทศไทยตั้งอยู่ในพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการนำพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมไปใช้ประโยชน์ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งพลังงานที่ได้จากแสงอาทิตย์มีค่าเฉลี่ย 4-5 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อวัน โดยศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทยมีการกระจายตามพื้นที่ทั้งสี่ดวงอาทิตย์เฉลี่ยต่อปี พบว่าบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุด 18-20 เมกกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน และเมื่อทำการเฉลี่ยความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยทั้งปีของพื้นที่ทั่วประเทศ พบว่ามีค่าเท่ากับ 4.88 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อวัน (Department of Alternative Energy Development and Efficiency, 2017) และจากการสำรวจศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย พบว่าเป็นเขตที่มีความเร็วลมต่ำถึงปานกลาง 4-5 เมตรต่อวินาที ส่งผลให้การนำกังหันลมมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าควรเริ่มต้นที่ความเร็วลมไม่เกิน

3 เมตรต่อวินาที (Energy Policy and Planning Office, 2015)

อุตสาหกรรมอาหารทะเล เป็นอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำจำนวนมากในกระบวนการผลิต ทั้งจากขั้นตอนการล้างวัตถุดิบ ล้างผลิตภัณฑ์ และล้างทำความสะอาดเครื่องจักร ฯลฯ โดยน้ำที่ผ่านการใช้แล้วจะมีการปนเปื้อนของเศษเนื้อปลา เลือดปลา หรือชิ้นส่วนของวัตถุดิบ ส่งผลให้น้ำมีความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในปริมาณสูง จะต้องบำบัดให้คุณภาพน้ำมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด ก่อนปล่อยออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะ การบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมอาหารทะเลมักใช้การบำบัดแบบเดิมอากาศ ซึ่งเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูง แต่มีข้อเสีย คือ ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบบำบัดค่อนข้างสูง เนื่องจากมีความจำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ เช่น บั้มดูดตะกอนจุลินทรีย์ เครื่องเดิมอากาศ เครื่องมือวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช)

เครื่องวัดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Sirianantapaiboon, 2014) ดังนั้นจึงได้ศึกษาการนำพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมมาผลิตไฟฟ้าสำหรับใช้กับชุดบำบัดน้ำเสียเพื่อใช้สำหรับอุตสาหกรรมอาหารทะเล รวมถึงกิจกรรมอื่นๆ ที่มีข้อจำกัดด้านพื้นที่ในการรองรับและบำบัดน้ำเสีย ในการออกแบบชุดบำบัดสามารถติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์และกังหันลมในพื้นที่บ่อบำบัดได้โดยตรง ซึ่งสามารถเพิ่มขนาดกำลังการผลิตไฟฟ้าได้ตามปริมาณการบำบัดที่ต้องการโดยติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์และกังหันลมที่มีขนาดกำลังไฟฟ้าที่มากขึ้น หรืออาจผลิตไฟฟ้าร่วมกับพลังงานอื่นๆ ที่เหลือใช้จากอุตสาหกรรม นอกจากนั้นยังสามารถออกแบบชุดบำบัดแบบเคลื่อนที่ เพื่อใช้เป็นระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กเฉพาะกิจ เช่น โรงงานปลาแป้น แปะปลาในย่านชุมชน ร้านอาหาร และอาจนำไปใช้กับน้ำเสียจากอุตสาหกรรมประเภทอื่นๆ โดยการศึกษาเป็นการช่วยส่งเสริมให้ใช้พลังงานทดแทน เพื่อลดภาระค่าไฟฟ้าของระบบบำบัดน้ำเสีย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ชุดบำบัดน้ำเสียพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม

ชุดบำบัดน้ำเสียใช้กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ปั๊มเติมอากาศ ปั๊มดูดน้ำ ระบบเปิด-ปิด น้ำ ไบพาสกวนสาร ฯลฯ ลักษณะของชุดบำบัดน้ำเสีย ดังภาพที่ 1(ก)

1.1 ถังบำบัดน้ำเสีย

1.1.1 ถังผสมสารเคมี ปริมาตร 80 ลิตร ทำจากอะคริลิก ส่วนบนของถังมีชุดเติมสารส้มและโพลีเมอร์ และมีสเต็ปเปอร์มอเตอร์ควบคุมการหมุนของไบพาส ส่วนล่างของถังเป็นรูปกรวยพร้อมมีวาล์วเปิด-ปิด เพื่อถ่ายตะกอนออกจากถัง

1.1.2 ถังเติมอากาศ ปริมาตร 80 ลิตร เป็นถังพลาสติกที่ทำหน้าที่รับน้ำที่แยกตะกอนแล้วจากถังผสมสารเคมี ภายในถังมีจุลินทรีย์และปั๊มเติมอากาศ

1.1.3 ถังตกตะกอน ปริมาตร 80 ลิตร ทำจากอะคริลิก มีหน้าที่ตกตะกอนจุลินทรีย์ ส่วนล่างของถังเป็นรูปกรวยพร้อมมีวาล์วเปิด-ปิด เพื่อดูดตะกอนจุลินทรีย์กลับไปยังถังเติมอากาศ

1.2 การผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้สำหรับชุดบำบัดน้ำเสีย

1.2.1 เซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 350 วัตต์ ชนิด Mono Crystalline แรงดันสูงสุดที่ 47.24 โวลต์ กระแสสูงสุดที่ 9.61 แอมแปร์

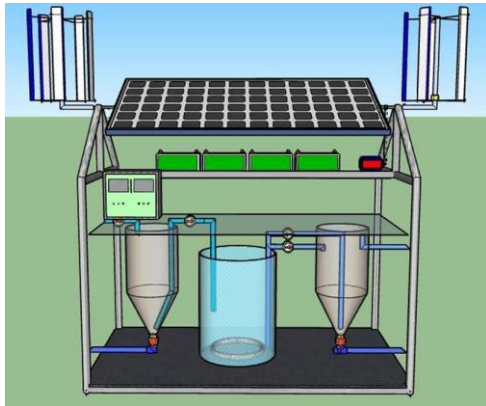
1.2.2 กังหันลมแบบแกนตั้ง โครงสร้างภายนอกเป็นสังกะสี มีน้ำหนักเบา มีใบพัดจำนวน 10 ใบ ความสูง 60 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร จำนวน 2 ตัว ขับเคลื่อนไบพาสด้วยเจนเนอเรเตอร์ ขนาด 12 โวลต์ 70 วัตต์ 1.2 แอมแปร์ นำมาต่ออนุกรมจำนวน 2 ตัว เพื่อให้มีแรงดันขนาด 24 โวลต์

1.2.3 แบตเตอรี่ ชนิด Deep Cycle ขนาด 12 โวลต์ 150 แอมแปร์ต่อชั่วโมง จำนวน 4 ก้อน นำมาต่อกันแบบอนุกรมจำนวน 2 ชุด ชุดละ 2 ก้อน แล้วนำมาต่อกันแบบขนานเพื่อให้ได้แรงดัน ขนาด 24 โวลต์ 300 แอมแปร์ต่อชั่วโมง พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์และกังหันลมจะถูกเก็บไว้ในแบตเตอรี่

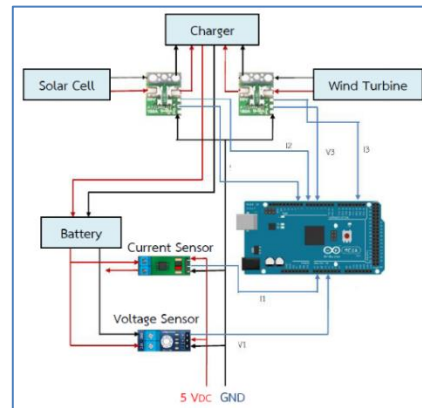
1.2.4 การควบคุมและแสดงผลการทำงาน มีการควบคุมการทำงานของชุดบำบัดน้ำเสียผ่านบอร์ด Arduino (Pumpuang, 2018) ซึ่งใช้กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม โดยจะทำหน้าที่รับค่าต่างๆ เช่น ค่าความขุ่น ออกซิเจนละลายน้ำ พีเอช อุณหภูมิ ระดับน้ำ และแสดงผลผ่านบอร์ด Lattepanda และบอร์ด Arduino ยังทำหน้าที่

ควบคุมการทำงานของมอเตอร์สำหรับใบพัด บั้มเติม
อากาศ บั้มดูดน้ำ วาล์วเปิด-ปิด ถึง การเชื่อมต่อ

วงจรไฟฟ้าดังภาพที่ 1(ข)



(ก)



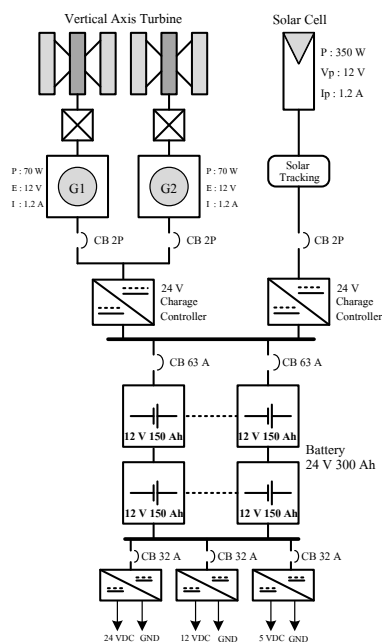
(ข)

ภาพที่ 1 ก) ชุดบำบัดน้ำเสียพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม

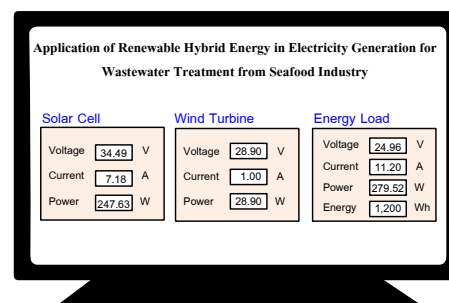
ข) การเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์และกังหันลม

ระบบการผลิตและจ่ายไฟฟ้า การแสดงค่า
ปริมาณไฟฟ้า และค่าคุณภาพน้ำผ่านทางหน้าจอของ
ชุดบำบัด ดังภาพที่ 2(ก) และ 2(ข) และผังการ

ควบคุมการใช้กำลังไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์
และพลังงานลม ดังภาพที่ 3



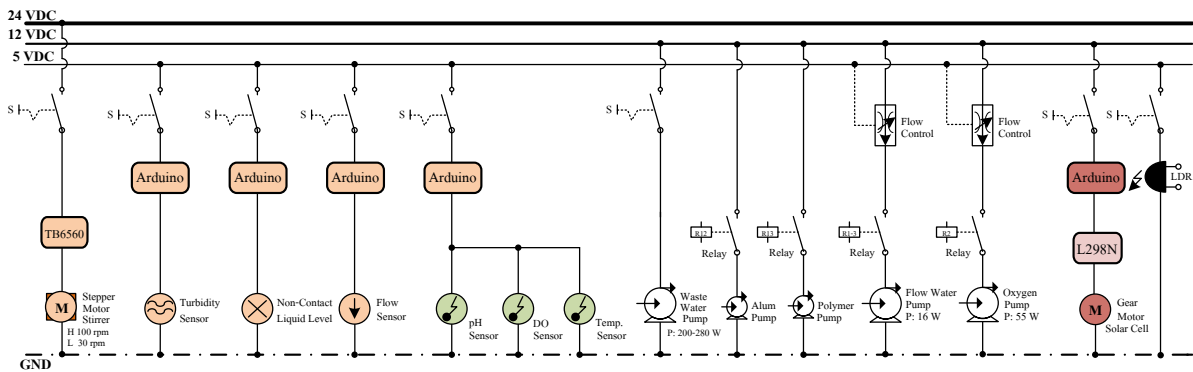
(ก)



(ข)

ภาพที่ 2 ก) วงจรการผลิตและจ่ายไฟฟ้าของระบบบำบัดน้ำเสีย

ข) การแสดงค่าปริมาณไฟฟ้าและค่าคุณภาพน้ำผ่านทางหน้าจอ



ภาพที่ 3 วงจรการควบคุมการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย

2. ขั้นตอนการดำเนินงาน

2.1 การเก็บข้อมูลพลังงาน ทำการเก็บข้อมูล ความเข้มแสงอาทิตย์และความเร็วลม จากนั้นนำไป คำนวณหาพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ แล้วนำข้อมูลที่ ได้เทียบกับภาระของระบบไฟฟ้าที่ต้องใช้ในชุด บำบัดน้ำเสียส่วนต่างๆ เช่น บั๊มเติมอากาศ บั๊มดูดน้ำ การทำงานของใบพัด การปล่อยน้ำออกจากถัง ฯลฯ

2.2 การบำบัดด้วยกระบวนการทางเคมี เป็น การเติมสารส้มและโพลิเมอร์ในอัตราส่วนที่ เหมาะสมเพื่อแยกตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำเสีย มีขั้นตอนดังนี้

2.2.1 การหาปริมาณสารเคมีที่เหมาะสม (Jar Test) โดยการใช้สารส้มและโพลิเมอร์เพื่อทำให้ เกิดการรวมตัวของตะกอน และสามารถแยกตะกอน ออกจากน้ำเสียได้ (Lawrence *et al.*, 2010) ทำโดย ตวงน้ำเสียปริมาตร 0.5 ลิตร ใส่บีกเกอร์ จำนวน 6 ใบ จากนั้นเติมสารส้มความเข้มข้นร้อยละ 5 ปริมาตร 1 2 3 4 5 และ 6 มิลลิลิตร และเติมโพลิเมอร์ความ เข้มข้นร้อยละ 1 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ ทุกใบ จะเห็นว่าตะกอนแขวนลอยในน้ำเสียมีการจับ ตัวและตกตะกอน ทำซ้ำอีกรอบโดยใช้ปริมาณ สารส้มเท่ากับที่เติมในบีกเกอร์ที่ลักษณะน้ำมีความ ไสมากที่สุด และเติมโพลิเมอร์ ปริมาตร 1 2 3 4 5 และ 6 มิลลิลิตร จะทำให้ได้ปริมาณสารส้มและโพลิ

เมอร์ที่เหมาะสมต่อการบำบัดน้ำเสีย โดยจะนำไปใช้ ในการทดสอบกับชุดบำบัดน้ำเสีย

2.2.2 ทำการดูดน้ำจากถังรวมน้ำเสียเข้าสู่ ถังผสมสารเคมี จากนั้นเติมสารส้มและโพลิเมอร์ลง ในถังผสมสารเคมีด้วยอัตราส่วนที่เหมาะสมที่ได้จาก ข้อ 2.2.1 เปิดใบพัดกวนให้น้ำเสียและสารเคมีผสม เข้ากัน โดยเมื่อเติมสารส้มกวนด้วยความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 3 นาที และเมื่อเติมโพลิเมอร์ กวนด้วยความเร็วรอบ 20 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที (Cristovao *et al.*, 2014) เก็บตัวอย่างน้ำที่แยก ขึ้นกับตะกอนไปทำการวิเคราะห์หาค่าพีเอช ซีโอดี ของแข็งแขวนลอย และของแข็งละลายน้ำ (APHA., 2012) จากนั้นเปิดวาล์วส่งน้ำเสียส่วนบนที่ไม่มี ตะกอนแขวนลอยไปยังถังเติมอากาศ และเปิดวาล์ว ถ่ายตะกอนออกจากถังทางส่วนล่างที่มีลักษณะเป็น รูปกรวย

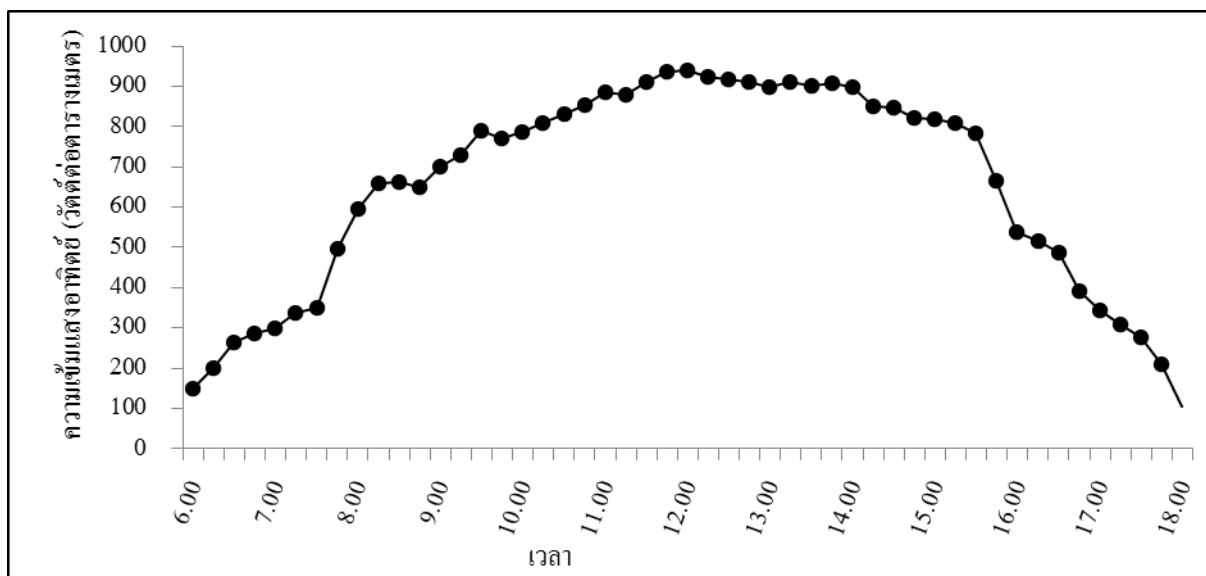
2.3 การบำบัดด้วยกระบวนการทางชีวภาพ เป็นการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบเอเอส ซึ่ง ประกอบด้วยถังเติมอากาศ และถังตกตะกอน (Department of Industrial Works, 2011) โดยในถัง เติมอากาศมีความเข้มข้นของจุลินทรีย์ 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำที่ถูกส่งมายังถังเติมอากาศ จะมีการเติมออกซิเจนให้จุลินทรีย์ใช้ย่อยสลาย สารอินทรีย์ที่ยังเหลืออยู่ในน้ำเป็นเวลา 5 ชั่วโมง จากนั้นจะส่งน้ำเสียและจุลินทรีย์ไปยังถังตกตะกอน

และปล่อยให้แยกชั้น เป็นเวลา 4 ชั่วโมง โดยจุลินทรีย์จะตกตะกอนลงสู่ส่วนล่างของถัง และน้ำใสจะอยู่ส่วนบน เก็บตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์หาค่า พีเอช ซีโอดี ของแข็งแขวนลอย และของแข็งละลายน้ำ จากนั้นปล่อยน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วออกนอกชุดบำบัด ส่วนจุลินทรีย์จะดูด กลับไปยังถังเดิมอากาศเพื่อใช้งานต่อไป

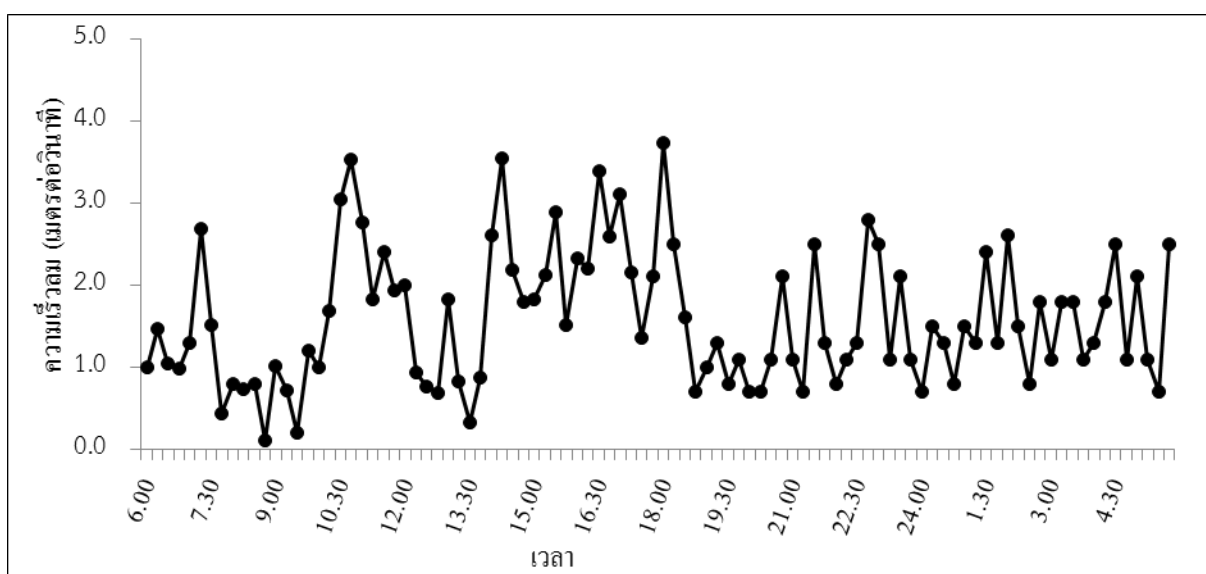
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้

ข้อมูลความเข้มแสงอาทิตย์และความเร็วลมที่เวลาต่างๆ ในแต่ละวัน โดยทำการเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 1 เดือน พบว่าความเข้มแสงอาทิตย์มีค่าเฉลี่ย 649 วัตต์ต่อตารางเมตรต่อวัน และความเร็วลมมีค่าเฉลี่ย 1.7 เมตรต่อวินาที ดังภาพที่ 4 และ 5



ภาพที่ 4 ข้อมูลความเข้มของแสงอาทิตย์ในแต่ละวัน



ภาพที่ 5 ข้อมูลความเร็วลมในแต่ละวัน

จากการวัดความเข้มแสงอาทิตย์และความเร็วลมขณะทำการทดสอบงานวิจัย พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับการตรวจวัดศักยภาพระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมขนาดจิ๋วบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามัน (Khanklaeo, 2013) และมีค่าความเร็วลมใกล้เคียงกับรายงานโครงการจัดทำแผนที่ลมระดับไมโครสเกลสำหรับส่งเสริมการพัฒนาพลังงานลมในประเทศไทย สถานีเสาวัดความเร็วลมภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (Janjai *et al.*, 2013) และพบว่าในช่วงฤดูร้อนสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าช่วงฤดูฝน

จากข้อมูลนำค่าที่ได้มาคำนวณพลังงานไฟฟ้า โดยพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั้งหมดเท่ากับ 3,002.8 วัตต์ชั่วโมง ซึ่งผลิตจากพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม 2,671.3 และ 331.5 วัตต์ชั่วโมง

ตามลำดับ มีสัดส่วนพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ต่อทั้งหมด ร้อยละ 89:11 ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมที่ทำการทดลองในพื้นที่เดียวกัน โดยสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าในแต่ละวันพบว่าพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ ร้อยละ 75-85 และพลังงานลมผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ ร้อยละ 8-15 (Khanklaeo *et al.*, 2017) ทั้งนี้พลังงานไฟฟ้าที่ได้จะขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลต่างๆ

2. การทดสอบชุดบำบัดน้ำเสีย

การประยุกต์ใช้พลังงานทดแทนแบบผสมผสานผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับใช้กับชุดบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมอาหารทะเล การทดสอบทำในพื้นที่โล่งที่มีแสงอาทิตย์และเป็นพื้นที่รับลมได้ทุกทิศทาง ลักษณะของชุดบำบัดน้ำเสีย แสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ลักษณะของชุดบำบัดน้ำเสียด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม

2.1 การหาปริมาณสารเคมีที่เหมาะสม (Jar Test) พบว่า น้ำเสียปริมาตร 0.5 ลิตร ต้องใช้ปริมาณสารส้ม 6 มิลลิลิตร และโพลิเมอร์ 1 มิลลิลิตร จากนั้นนำอัตราส่วนของสารส้มและโพลิเมอร์ ไปคำนวณเพื่อใช้ในการเติมลงในถังเติมสารเคมีของชุดบำบัด

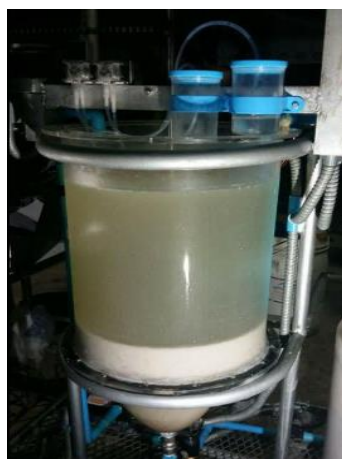
2.2 การบำบัดน้ำเสียด้วยชุดบำบัด

2.2.1 การบำบัดด้วยกระบวนการทางเคมี
เมื่อเติมน้ำเสียลงในถังผสมสารเคมีปริมาตร 70 ลิตร และเติมสารส้ม ($6 \times 2 \times 70$) 840 มิลลิลิตร หลังจากนั้นเติมโพลิเมอร์ ($1 \times 2 \times 70$) 140 มิลลิลิตร กวนให้ผสมกันด้วย โดยปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมในการทำ

ปฏิกิริยาจะขึ้นอยู่กับลักษณะของน้ำเสียที่นำมาใช้ จะสังเกตเห็นว่าเกิดกระบวนการโคแอกกูเลชันและฟล็อกกูเลชัน โดยสารเคมีจะเกิดการแตกตัวและจับกับตะกอนแขวนลอยขนาดเล็ก ทำให้ตะกอนแขวนลอยจะค่อยๆ มารวมกลุ่มกันจับตัวเป็นฟล็อกและมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น แล้วตกลงสู่ข้างล่างของถัง (Cristovao *et al.*, 2014) ดังภาพที่ 7(ก) ส่วนบนจะเป็นน้ำที่แยกตะกอนแขวนลอยออกไปแล้วจะส่งไปบำบัดโดยใช้กระบวนการทางชีวภาพ

2.2.2 การบำบัดด้วยกระบวนการทางชีวภาพ โดยใช้ระบบเอเอส ซึ่งในถังเดิมอากาศมีการเติม

อากาศเพื่อให้จุลินทรีย์ใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายอินทรีย์ในน้ำเสีย และมีใบพัดกวนเพื่อให้ น้ำเสียและจุลินทรีย์มีการสัมผัสกันทั่วถึงตลอดเวลา ลักษณะน้ำเสียและจุลินทรีย์ในถัง ดังภาพที่ 7(ข) และเมื่อทิ้งให้ตกตะกอนในถังตกตะกอนเพื่อแยกจุลินทรีย์และน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วส่วนบนจะมีลักษณะน้ำใสและตะกอนก็จะตกลงข้างล่าง ดังภาพที่ 7(ค) จากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำหลังการบำบัดไปวิเคราะห์หาค่าต่างๆ และดูจุลินทรีย์กลับไปยังถังเดิมอากาศเพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสียในรอบต่อไป



(ก) ถังผสมสารเคมี



(ข) ถังเดิมอากาศ



(ค) ถังตกตะกอน

ภาพที่ 7 ลักษณะของน้ำในถังของชุดบำบัด

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำหลังการบำบัดด้วยกระบวนการทางเคมี และกระบวนการทางชีวภาพ ดังตารางที่ 1 โดยในการบำบัดทางเคมี จะเห็นว่าของแข็งแขวนลอยมีค่าน้อยลงในขณะที่ของแข็งละลายน้ำมีค่าสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากในน้ำเสียมีทั้งของแข็งละลายน้ำจากตัวอย่างน้ำก่อนการบำบัด และของแข็งที่เป็นสารอินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำที่เกิดจากสารเคมีที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาโคแอกกูแลนต์ (Cristovao *et al.*, 2014) ซึ่งได้แก่สารส้มและ

โพลิเมอร์ที่ใช้ในการทำให้เกิดฟล็อกและตกตะกอนสารแขวนลอยในน้ำเสีย

ในการบำบัดทางชีวภาพด้วยระบบเอเอส จุลินทรีย์ในถังเดิมอากาศจะย่อยสลายสารอินทรีย์ให้กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัด COD มีค่าสูง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Moussaoui *et al.* (2019)

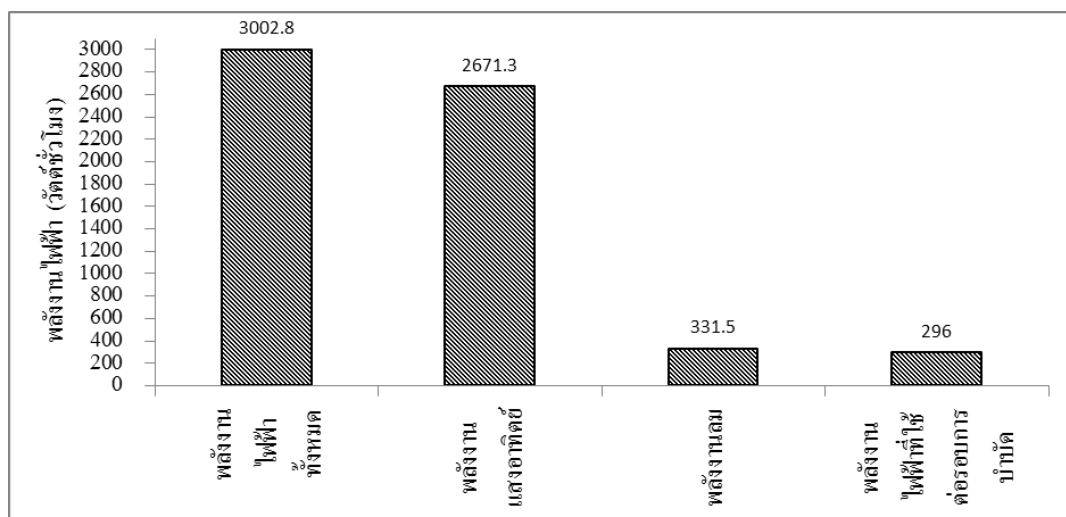
ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่บำบัดโดยชุดบำบัดเสีย

ตัวอย่างน้ำ	พารามิเตอร์			
	พีเอช	ซีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ของแข็งละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
น้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัด	6.43	6,300	2,550	4,750
น้ำเสียหลังบำบัดทางเคมี	6.41	4,133	650	7,175
น้ำเสียหลังบำบัดทางชีวภาพ	7.26	115	48	1,760
ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ(ร้อยละ)		97.22	92.62	75.47
ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียรวม(ร้อยละ)		98.17	98.12	62.95

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำจะเห็นว่าชุดบำบัดน้ำเสียสามารถบำบัดน้ำเสียได้โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดมีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนดตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรม และเขตประกอบการอุตสาหกรรม พ.ศ. 2559 โดยชุดทดลองการบำบัดน้ำเสียทั้งการบำบัดทางเคมีและการบำบัดทางชีวภาพพบว่ามี

ประสิทธิภาพในการกำจัด COD ของแข็งแขวนลอย (TSS) และของแข็งละลายน้ำ (TDS) เท่ากับร้อยละ 98.17 98.12 และ 62.95 ตามลำดับ

การประยุกต์ใช้พลังงานทดแทนแบบผสมผสานผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับใช้กับชุดบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมอาหารทะเล พบว่าต้องใช้พลังงานไฟฟ้า 296 วัตต์ชั่วโมงต่อการบำบัด ซึ่งพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์และกังหันลมเฉลี่ย 3,002.8 วัตต์ชั่วโมง ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับชุดบำบัด

เมื่อทำการทดสอบชุดบำบัดอย่างต่อเนื่อง โดยใช้ปริมาตรน้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตร พบว่าต้นทุนต่อหน่วยการผลิตเป็น 2.53 กิโลวัตต์ชั่วโมง คิดเป็นค่าใช้จ่ายกรณีไฟฟ้าหน่วยละ 3 บาท คิดเป็นเงิน 7.61 บาท ซึ่งในระบบบำบัดน้ำเสียอุปกรณ์เดิมอากาศและเครื่องสูบน้ำใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดเป็นร้อยละ 70 และ 25 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบบำบัดน้ำเสียทั้งหมด

จากการศึกษาเทคโนโลยีชุดบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปแบบเคลื่อนที่ชนิดเดิมอากาศที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ส่วนใหญ่แหล่งพลังงานได้จากพลังงานไฟฟ้า ซึ่งแตกต่างกับชุดบำบัดในงานวิจัยที่ต้องการเน้นการนำพลังงานทดแทนที่มีศักยภาพในพื้นที่มาใช้ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงาน เพื่อช่วยลดต้นทุนค่าไฟฟ้าในการเดินระบบ

สรุป

พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์และกังหันลมนำมาใช้กับปั๊มเดิมอากาศปั๊มดูดน้ำ ระบบเปิด-ปิด น้ำ ไบพาสกวนสาร โดยสามารถผลิตไฟฟ้าได้เฉลี่ย 3,002.8 วัตต์ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งเพียงพอกับการะทางไฟฟ้าที่ต้องการใช้กับชุด

บำบัดน้ำเสีย โดยสามารถบำบัดน้ำเสียให้มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม โดยมีค่าซีโอดี ของแข็งแขวนลอย และของแข็งละลายน้ำเท่ากับ 115 48 และ 1,760 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และมีต้นทุนต่อหน่วยผลิต 7.61 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ชุดบำบัดสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโรงงานอุตสาหกรรม และสามารถเพิ่มขนาดกำลังการผลิตไฟฟ้าได้ตามปริมาณการบำบัดที่ต้องการ นอกจากนี้หากมีข้อจำกัดในเรื่องของพื้นที่สร้างบ่อเก็บน้ำเสียก็นำชุดบำบัดน้ำเสียนี้ไปใช้ในรูปแบบเคลื่อนที่ได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้การสนับสนุนทุนสำหรับการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- APHA. 2012. **Standard method for the examination of water and wastewater**. 22th ed. American Public Health Association and the Water Environment Federation, Washington DC., USA.

- Cristovao, R.O., Botelho, C.M., Martins, R.J., Loureiro, J.M. and Boaventura, R.A. 2014. Primary treatment optimization of a fish canning wastewater from a Portuguese plant. **Water Resources and Industry** 6(2014): 51-63.
- Department of Alternative Energy Development and Efficiency. 2017. **Project to improve solar energy potential map from satellite imagery for Thailand**. Published documents, Ministry of Energy, Bangkok. (in Thai)
- Department of Industrial Works. 2011. **Wastewater treatment system**. 3th ed. Department of Industrial Works, Bangkok. (in Thai)
- Energy Policy and Planning Office. 2015. **Project to study measures to promote electricity production from renewable energy**. Published documents, Ministry of Energy, Bangkok. (in Thai)
- Janjai, S., Promsen, W. and Masiri, I. 2013. **A Final Report of the Project: Generation of Microscale Wind Maps for Promoting Wind Energy Utilization in Thailand**. Published documents, Department of Physics, Silpakorn University, Bangkok. (in Thai)
- Khanklaeo, K. 2013. The Small Hybrid Solar and Wind for Unelectrified Home Coastal Area in Thailand, pp. 751-756. *In Proceedings of InternationalConference on Alternative Energy in Developing Countries and Emerging Economies (2013 AEDCEE)*. Thaksin University, Thailand.
- Khanklaeo, K., Karnjana, S. and Inpan, P.H. 2017. Landslide Warning System by Solar Energy and Wind Energy for Community, pp. 1-8. *In Proceedings of 16th National Environmental Conference and 6th International Conference on Environmental Engineering*. Environmental Engineering Association of Thailand. (in Thai)
- Lawrence, K., Nazih, K., William, A. and Donald, B. 2010. **Flotation Technology**. Humana Press, New York.
- Moussaoui, T.El., Belloulid, M.O., Jaouad, Y., Mandi, L. and Ouazzani, N. 2019. Municipal sewage wastewater treatment by activated sludge process : results of a pilot scale study. **Applied Journal of Environmental Engineering Science** 5(4): 390-401.
- Pumpuang, P. 2018. **Writing and application of Arduino programs**. Se-Education Public Company Limited, Bangkok. (in Thai)
- Siriantapaiboon, S. 2014. **Wastewater treatment system**. Top Publishing, Bangkok. (in Thai)