วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2020.12.005

บทความวิจัย

การประยุกต์ใช้แผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์ร่วมกับพอลิเมอร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการตกตะกอนในน้ำเสียอุตสาหกรรมน้ำผลไม้

วัฒนา หงษี ศศิธร หาสิน และ วนัสพรรัศม์ สวัสดี*

สาขาวิชานวัตกรรมการจัดการสิ่งแวดล้อม, วิทยาลัยนวัตกรรมการจัดการ, มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์

* ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: Vanatpornratt@vru.ac.th

วันที่รับบทความ: 16 กรกฎาคม 2563; วันที่ทบทวนบทความ: 17 สิงหาคม 2563; วันที่ตอบรับบทความ: 18 กันยายน 2563
วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 9 ธันวาคม 2563

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้แผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์ร่วมกับการใช้ Cationic Polymer เพื่อนำไปเพิ่มประสิทธิภาพในการตกตะกอนในระบบบำบัดน้ำเสียของอุตสาหกรรมน้ำผลไม้ จากผลการดำเนินงานวิจัยพบว่าแผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์และพอลิเมอร์สามารถลดค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำ ค่าความขุ่นในน้ำ และการลดค่าความสกปรกในรูปซีโอดีตามลำดับ ซึ่งค่าซีโอดีเหลือเพียง 27 mg L^{-1} โดยประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 96 เปรียบเทียบก่อนและหลังการติดตั้งแผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์ นอกจากนี้ในส่วนของการกำจัดปริมาณของแข็งทั้งหมดพบว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมดมีค่า 1,000 mg L^{-1} นอกจากนี้ค่าความขุ่นที่ออกจากบ่อตกตะกอนหลังติดตั้งแผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์ ร่วมกับ Cationic Polymer พบว่าลดลงจากค่าเริ่มต้น 90 NTU เหลือเพียง 3 NTU ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์สามารถลดปริมาณของแข็ง ค่าความขุ่น และตะกอนค่าซีโอดีได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนั้นจากผลการวิจัยการใช้แผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์เข้ามามีส่วนช่วยในการกักตะกอนภายในบ่อตกตะกอนถือเป็นสิ่งที่น่าสนใจ และควรมีการต่อยอดเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ เพื่อทำให้คุณภาพของน้ำเสียเพิ่มขึ้น และสามารถหมุนเวียนใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมต่อไป

คำสำคัญ: แผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์; การตกตะกอน; น้ำเสียอุตสาหกรรมน้ำผลไม้; การบำบัดน้ำเสีย

บทความวิจัย

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2020.12.005

Tube Settler Application with Polymer for Sedimentation Efficiency in Beverage Industry Wastewater

Watthana Hongsri Sasitorn Hasin and Vanatpornratt Sawasdee*

Program of Innovation of Environmental Management, College of Innovative Management, Valaya Alongkorn Rajabhat University under The Royal Patronage

* Corresponding author, E-mail: Vanatpornratt@vru.ac.th

Received: 16 July 2020; Revised 17 August 2020; Accepted: 18 September 2020
Online Published: 9 December 2020

Abstract: This research aims to tube settler application and cationic polymer for sedimentation efficiency in wastewater treatment in beverage industry wastewater. The result of this research was found that tube settler and polymer application can reduce total solids, turbidity, and COD, respectively. The COD after sedimentation with Tube Settler was presented 27 mg L^{-1}. The efficiency of wastewater treatment was 96% when comparing before and after tube settler utilization. Moreover, the total solid removal was reduced to 1,000 mg L^{-1}. Turbidity removal after tube settler and the cationic polymer was reduced from 90 NTU to 3 NTU. Tube Settler can be effectively reduced total solids, turbidity, and COD, respectively. Therefore, this research was tube settler and polymer application that was obtained the reducing of sediment in the sedimentation tank that was interesting. Finally, this research can be continuing to be applied within other industries for wastewater treatment efficiency increasing and can be circulated in industry.

Keywords: Tube Settler; Sedimentation; Beverage Industry Wastewater; Wastewater Treatment

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2020.12.005

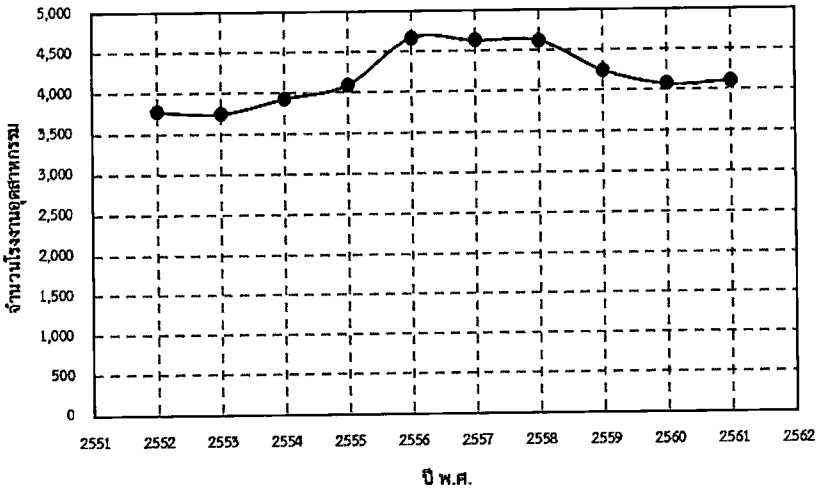
บทความวิจัย

1. บทนำ

ปัจจุบันมีการขยายตัวของอุตสาหกรรมในประเทศไทยเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์ ของแข็งแขวนลอยสูง ซึ่งมากกว่า 90% ของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียจะเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต [1] ซึ่งกระบวนการบำบัดน้ำเสียนั้นสามารถแบ่งได้เป็น กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ ซึ่งในแต่ละกระบวนการมีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียที่แตกต่างกัน ในการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพนั้น ใช้ในการกำจัดของแข็งชิ้นใหญ่ที่ติดมากับน้ำเสีย โดยสามารถกำจัดก่อนเข้าระบบการบำบัดทางเคมี และทางชีวภาพ อีกทั้งยังป้องกันไม่ให้เศษขยะของแข็งที่มีขนาดใหญ่เข้ามาทำลายระบบบำบัดทางเคมี และชีวภาพได้อีกด้วย อย่างไรก็ตามในการเลือกระบบบำบัดน้ำเสียนั้นควรเลือกให้เหมาะสมกับลักษณะของน้ำเสีย เพื่อให้การบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพสูงสุด

จากรูปที่ 1 แสดงให้เห็นถึงสถิติของการเติบโตของโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทย [2] จากแนวโน้มแสดงให้เห็นว่ามีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสีย ทำให้น้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดนั้น สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้มากขึ้น จึงถือได้ว่าเป็นการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่ามากที่สุด

การวิเคราะห์หาค่าความสกปรกของน้ำสามารถวิเคราะห์ได้หลายวิธี โดยวิธีที่นิยมและได้ผลอย่างรวดเร็วแม่นยำ คือการวิเคราะห์ค่าซีโอดี เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนที่ต้องการในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในน้ำเสีย เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาสุดท้ายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ นอกจากนี้การหาค่าของแข็งทั้งหมดที่ปนเปื้อนในน้ำนั้นยังสามารถหาได้โดยนำตัวอย่างน้ำไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส การวิเคราะห์ค่าเหล่านี้สามารถนำไปสู่การพิจารณาการหาวิธีเพิ่มประสิทธิภาพการการตกตะกอนและลดค่าซีโอดีต่อไป [3]



รูปที่ 1 สถิติโรงงานอุตสาหกรรมปี 2552-2561 [2]

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2020.12.005

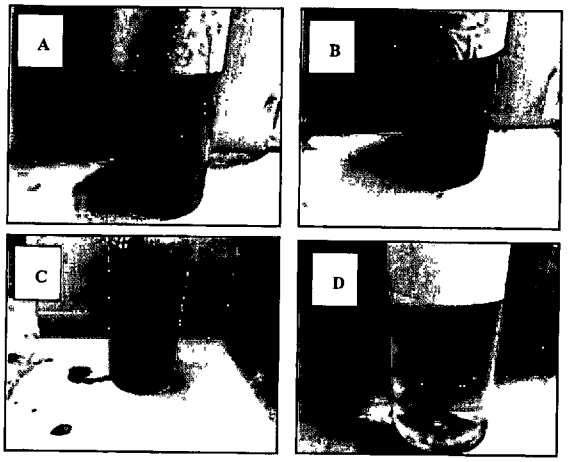
การเพิ่มประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียที่มีความเหมาะสมและยังไม่เพิ่มปริมาณการใช้สารเคมี คือการใช้เทคนิคทางกายภาพ คือ การประยุกต์ใช้แผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์ในระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งโดยทั่วไปนั้นแผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์จะใช้ในระบบการผลิตน้ำประปา โดยการติดตั้งแผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์ในถังตกตะกอน ระบบผลิตน้ำประปาจะช่วยให้อนุภาคของตะกอนที่มีความเร็วในการตกตะกอนต่ำกว่า V_0 (อัตราน้ำล้นผิว) ถูกกำจัดได้มากขึ้น เพราะตะกอนไม่จำเป็นต้องตกถึงพื้นถังอย่างแท้จริง ซึ่งเทคนิคนี้จึงสามารถนำมาใช้ในถังตกตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสีย [4-6] เป็นตัวช่วยตกตะกอน อีกทั้งยังช่วยในการลดค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ค่าบีโอดี รวมถึงค่าซีโอดี [7, 8] และสามารถรองรับปริมาณน้ำเสียที่เพิ่มขึ้นสำหรับโรงงานที่มีพื้นที่จำกัด และลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียเพิ่มขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจการใช้แผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์ในบ่อตกตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสีย สำหรับอุตสาหกรรมน้ำผลไม้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และรองรับปริมาณน้ำเสียที่เพิ่มขึ้นต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

2.1 พื้นที่และการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย

พื้นที่เก็บตัวอย่างน้ำเสียสำหรับงานวิจัยนี้ได้จาก บริษัท ไทยอกริ ฟู้ด จำกัด เป็นโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์อาหาร เครื่องดื่ม อาหารสำเร็จรูป น้ำเสียมีลักษณะทางกายภาพเป็นน้ำที่มีสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ ความขุ่นและสารแขวนลอยสูง อีกทั้งยังมีตะกอนสีน้ำตาลเข้ม

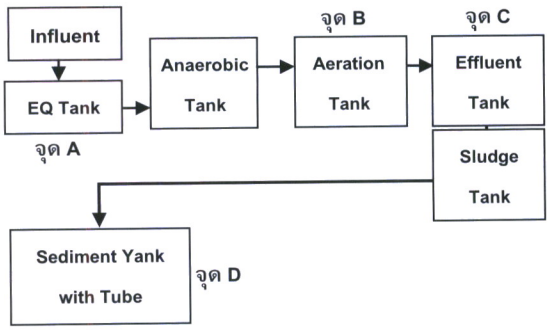
ในการเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากโรงงานนั้นจะเลือกเก็บทั้งหมด 4 จุดเก็บตัวอย่าง คือ บริเวณบ่อพัก บ่อเติมอากาศ บ่อพักก่อนปล่อยน้ำหลังการบำบัดออกสู่สิ่งแวดล้อม และบ่อตกตะกอนที่ติดตั้งแผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์ โดยรูปที่ 2 จะแสดงถึงลักษณะของน้ำเสียที่เก็บมาจากระบบบำบัด โดยรูปที่ 2A จะเป็นน้ำเสียบริเวณบ่อพักก่อนเข้าระบบ ในรูปที่ 2B ตัวอย่างน้ำบริเวณบ่อเติมอากาศ รูปที่ 2C ตัวอย่างน้ำบริเวณบ่อพักก่อนปล่อยน้ำหลังการบำบัดออกสู่สิ่งแวดล้อม และในรูปที่ 2D ตัวอย่างน้ำบริเวณบ่อตกตะกอนที่ติดตั้งแผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์ และไดอะแกรมระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานแสดงดังรูปที่ 3 โดยระบบบำบัดมีระยะเวลาเก็บกักของน้ำเสีย (hydraulic retention time: HRT) มีค่า 33.5 ชั่วโมง ค่าอัตราการไหล 150 ลบ.ม.ต่อชั่วโมง



รูปที่ 2 ลักษณะน้ำเสียที่เก็บมาจากระบบบำบัดที่บริเวณต่างๆ: (A) บริเวณบ่อพักก่อนเข้าระบบ (B) บริเวณบ่อเติมอากาศ (C) บริเวณบ่อพักก่อนปล่อยน้ำหลังการบำบัดออกสู่สิ่งแวดล้อม (D) บริเวณบ่อตกตะกอนที่ติดตั้งแผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2020.12.005

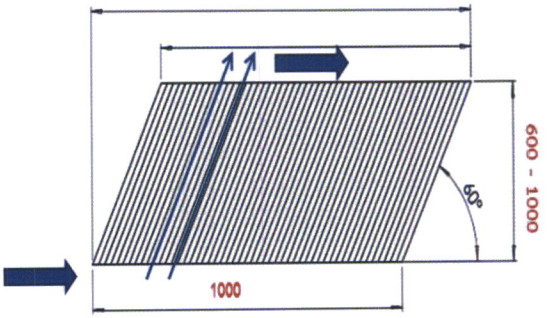
อย่างไรก็ตาม ในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานนอกจากจะติดตั้งแผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์เพื่อช่วยในการกักตะกอน ยังมีการเติมพอลิเมอร์ที่จุด A ดังรูปที่ 3 เพื่อช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบอีกด้วย



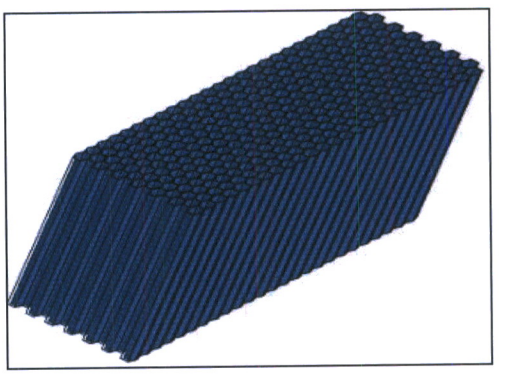
รูปที่ 3 ไดอะแกรมระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน

2.2 แผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์ (Tube Settler)

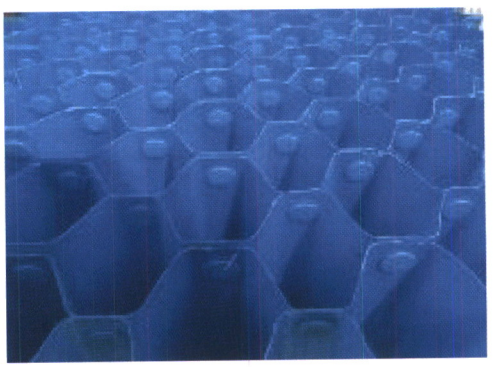
แผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์ทำจากวัสดุพีวีซี โพลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinylchloride: PVC) รูปร่างเป็นแผ่นลอนๆ คล้ายหลังคาที่มีขนาด กว้างคูณยาวที่ 55 x 120 เซนติเมตร นำมาตัดขอบหัวท้ายตามความยาวให้ได้ตามขนาดที่ต้องการที่มุม 60 องศา ก่อนนำไปประกอบให้เป็นก้อนลูกบาศก์ ให้ได้ขนาดที่ 55 x 100 × 100 เซนติเมตร โดยแผ่นจะเอียงทำมุม 60 องศา (รูปที่ 4) เพื่อให้การตกตะกอนมีประสิทธิภาพมากที่สุด พื้นผิวแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือพื้นผิวเรียบจะเป็นด้านที่รับน้ำหนักตะกอนซึ่งอยู่ด้านล่าง และพื้นผิวขรุขระสำหรับบริเวณที่เร่งจัดตัวของตะกอนซึ่งอยู่ด้านบน เมื่อรวมตะกอนได้น้ำหนัก จะทำให้ตะกอนตกลงสู่ด้านล่าง น้ำส่วนใสจะไหลสวนทางกับตะกอนตามช่องหลอดรังผึ้งของแผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์ [9] ดังรูปที่ 5 และ 6 โดยจะถูกติดตั้งในจุด D ขนาดบ่อ 288 ลบ.ม. ดังรูปที่ 3



รูปที่ 4 ลักษณะทิศทางการไหลของน้ำเสียผ่านแผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์



รูปที่ 5 ลักษณะแผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์ที่ใช้ในงานวิจัย



รูปที่ 6 ลักษณะแผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์ที่ประกอบแล้วมีช่องหรือรูหลอดคล้ายรังผึ้ง

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2020.12.005

น้ำที่ผ่านแผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์ที่สามารถช่วยกักตะกอนทางกายภาพนั้น จะไหลเข้าช่องรางรอบๆ ขอบบ่อไหลรวมเข้าที่ท่อส่งน้ำใสไปยังถังพักน้ำใสเพื่อนำไปใช้กิจกรรมภายในโรงงานอุตสาหกรรมต่อไป

2.3 พอลิเมอร์ประจุบวก

พอลิเมอร์ประจุบวก (Cationic Polymer) ทำหน้าที่รวมตะกอน ถือเป็นการบำบัดทางเคมี ในการสร้างรวมตะกอน ซึ่งสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการตกตะกอน [3] โดยปริมาณการเติม Cationic Polymer คือ 50 กิโลกรัมต่อวัน ที่จุด A (รูปที่ 3)

2.4 วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยเป็นการทดสอบประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้แผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์ เพื่อให้การบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพ และยังสามารถนำน้ำวนกลับมาใช้ใหม่ได้อีกด้วย โดยการวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการบำบัด แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การติดตามพารามิเตอร์ในระบบและวิธีวิเคราะห์ก่อนและหลังการประยุกต์ใช้แผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
pH	pH Meter
Turbidity	Turbidity Meter
Total solid	Total Solid 103-105 °C
COD	Close Reflux Method

ตามวิธีมาตรฐาน Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater [10] โดยการติดตามพารามิเตอร์นั้นเมื่อวิเคราะห์ตัวอย่างแล้วจึงนำมาเข้าสูตรคำนวณเพื่อหาค่าของปริมาณของแข็งทั้งหมด และค่าซีโอดี ดังสมการที่ (1) และ (2) ตามลำดับ

$$TS = \{(A-B) \times 1000\}/C \quad (1)$$

เมื่อ TS = ปริมาณของแข็งทั้งหมด (มิลลิกรัม/ลิตร)
A = น้ำหนักของตัวอย่างและชามระเหย, (มิลลิกรัม)
B = น้ำหนักของชามระเหย, มิลลิกรัม
C = ปริมาตรน้ำตัวอย่างที่ใช้, มิลลิลิตร

$$\text{ซีโอดี (มิลลิกรัม } O_2/\text{ลิตร)} = \frac{\text{ปริมาณซีโอดี (มิลลิกรัม)} \times 100}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำ (มิลลิลิตร)}} \quad (2)$$

ใช้วิธีรีฟลักซ์ปิดแบบเทียบสี โดยที่ ปริมาณซีโอดี (มก.) ได้จากการคำนวณจากค่าการดูดกลืนแสงที่ค่าความยาวคลื่น 600 nm และกราฟมาตรฐาน

3. ผลการดำเนินงานวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยในการประยุกต์ใช้แผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการตกตะกอนในน้ำเสียอุตสาหกรรมน้ำผลไม้นั้น พบว่าแผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการตกตะกอน ทำให้น้ำที่ผ่านกระบวนการบำบัดใสขึ้น และสามารถนำมาหมุนเวียนใช้ในโรงงานได้ นำไปสู่การลดใช้ทรัพยากรน้ำภายในโรงงาน

3.1 ค่าความเป็นกรดด่าง

จากการตรวจวัดค่าความเป็นกรดด่างในระบบ พบว่าในบ่อพักก่อนเข้าระบบบำบัดดังรูปที่ 3 มีค่าความเป็นกรดด่าง 4.00 ซึ่งเป็นน้ำเสียที่มีค่าความเป็นกรดสูง เนื่องจากภายในกระบวนการผลิตมีทั้งในส่วนการล้าง

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2020.12.005

ทำความสะอาดวัตถุดิบ การสกัดน้ำผลไม้ รวมถึงการปรุงแต่งกลิ่นและรสชาติ ทำให้ค่าความเป็นกรดสูง อย่างไรก็ตามค่าความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมสำหรับระบบบำบัดน้ำเสียโดยทั่วไปควรมีค่า 6.5-7.5 ดังนั้นเมื่อเข้าสู่ระบบเติมอากาศจึงมีการปรับค่าความเป็นกรดด่างร่วมด้วย ทำให้ค่าความเป็นกรดด่างมีค่า 6.81-6.86 โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เพื่อให้กลุ่มจุลินทรีย์ในบ่อเติมอากาศทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด [11] แต่อย่างไรก็ตามยังไม่สามารถดำเนินการกักตะกอนและลดค่าซีโอดีได้ (บ่อเติมอากาศ) ทำให้เมื่อปล่อยน้ำเสียออกจากระบบทำให้เกิดปัญหาค่าความสกปรกของน้ำเสียที่ออกจากระบบไม่ได้ตามที่มาตรฐานกำหนด จึงมีการนำแผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์มาช่วยในระบบร่วมกับการใช้พอลิเมอร์ (Cationic Polymer) ทำให้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัด เพิ่มความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำเสียที่เพิ่มขึ้นจากกระบวนการผลิต รวมถึงยังสามารถลดปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำเสียได้อีกด้วย

3.2 ค่าความขุ่น (Turbidity)

การวิเคราะห์ค่าความขุ่นในบ่อตกตะกอนนั้นเป็นการวิเคราะห์ความสามารถของน้ำที่สกัดกั้นหรือดูดซับปริมาณแสงที่ส่องผ่าน ซึ่งสิ่งที่ทำให้เกิดความขุ่นในน้ำเสียคือสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ ซึ่งก่อนการติดตั้งแผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์พบว่ามีค่าความขุ่นอยู่ที่ 90 NTU เนื่องด้วยบ่อบำบัดก่อนเข้าบ่อตกตะกอนเป็นบ่อบำบัดแบบใช้อากาศแบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge) ทำให้ตะกอนจุลินทรีย์ สารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์บางส่วนหลุดปะปนออกมากับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว เมื่อมาถึงบ่อตกตะกอนจึงไม่สามารถตกตะกอนน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเมื่อมีการติดตั้งแผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์ร่วมกับการใช้พอลิเมอร์ (Cationic Polymer) ทำให้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการตกตะกอน พบว่ามีค่าความขุ่นลดลงเหลือเพียง 3 NTU จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าแผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์สามารถช่วยลดค่าความขุ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อนำประสิทธิภาพการลดความขุ่นของแผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์เปรียบเทียบกับการลดความขุ่นโดยวิธีทางชีวภาพพบว่าประสิทธิภาพในการลดค่าความขุ่นของแผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์นั้นมีประสิทธิภาพมากกว่า โดยพิจารณาจากค่าความขุ่นหลังการบำบัดจากวิธีทางชีวภาพโดยใช้ *Pleurotus ostreatus* พบว่ามีค่า 42.44 NTU [12] แต่ในส่วนค่าความขุ่นที่ผ่านการบำบัดจาก แผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์มีค่า 3 NTU ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 งานวิจัยเปรียบเทียบการกำจัดความขุ่น

วิธีการกำจัดความขุ่น	ค่าความขุ่นหลังการกำจัด	% Turbidity removal	งานวิจัย (อ้างอิง)
วิธีทางชีวภาพโดยใช้ *Pleurotus Ostreatus*	42.44 NTU	84%	[12]
$FeCl_3$-Induced Crude Extract (FCE)	3.44 NTU	95.6%	[13]
After Treatment with Al^{3+}	8.1 NTU	80%	[15]
แผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์ร่วมกับพอลิเมอร์	3 NTU	96%	งานวิจัยนี้

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจากงานวิจัยอื่นๆที่ต้องการลดค่าความขุ่นในน้ำโดยใช้ $FeCl_3$-Induced

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2020.12.005

Crude Extract (FCE) ซึ่งถือเป็น Biocoagulant พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นมีค่าใกล้เคียงกัน [13] นอกจากนี้การใช้สารโคแอกกูแลนต์ธรรมชาติ ยังสามารถลดค่าความขุ่นในน้ำได้ [14] โดยการเปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแสดงดังตารางที่ 2

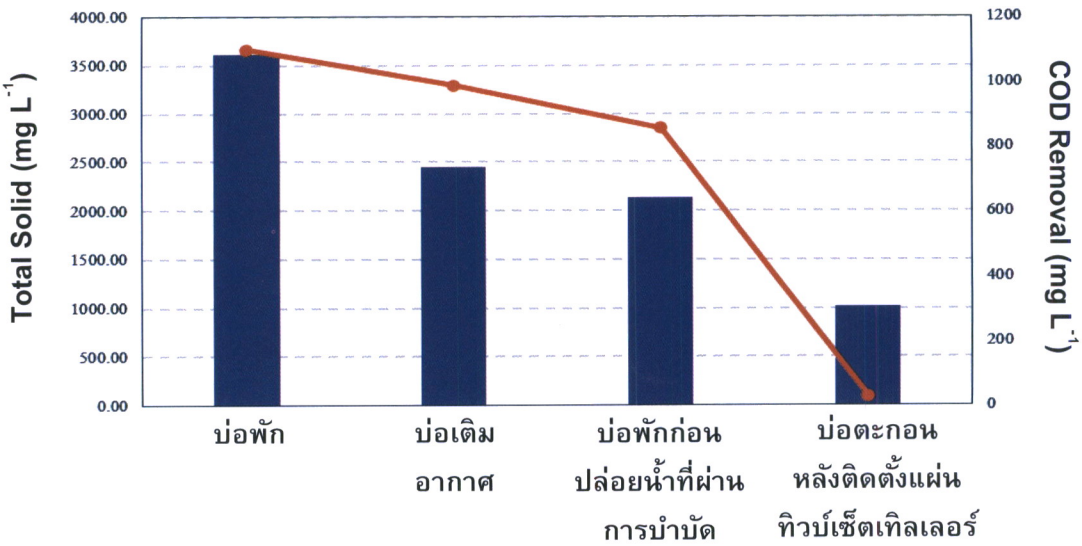
3.3 ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งทั้งหมด และค่าซีโอดีก่อนและหลังการใช้แผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์

เมื่อพิจารณาปริมาณของแข็งทั้งหมดในบ่อพัก ซึ่งเป็นบ่อที่รองรับน้ำเสียจากกระบวนการผลิตก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดแบบใช้อากาศ พบว่ามีค่าของแข็งทั้งหมด (Total Solid) 3,600 mg L^{-1} (รูปที่ 6) จากนั้นจะสูบน้ำเสียจากบ่อพักเข้าสู่ระบบบำบัดแบบใช้อากาศ เพื่อให้ตะกอนจุลินทรีย์ทำปฏิกิริยาชีวเคมีเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ทำให้สามารถกำจัดสิ่งสกปรกในน้ำเสียได้ ตะกอนจุลินทรีย์ภายในบ่อบำบัดแบบใช้อากาศซึ่งเป็นแบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge) นั้นจะถูกเลี้ยงให้อยู่ในช่วง Log Growth Phage ซึ่งเป็นช่วงที่ตะกอนจุลินทรีย์เพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว รวมไปถึงลักษณะของตะกอนจุลินทรีย์ในระบบจะมีลักษณะเป็นตะกอนรูปหัวเข็ม (Pin Floc) [11] จึงทำให้ตะกอนเร่งตกตะกอนได้ไม่ดีในถังตกตะกอน เป็นผลทำให้น้ำเสียที่ออกจากระบบยังมีลักษณะขุ่น เนื่องจากมีตะกอนจุลินทรีย์หลุดปะปนออกมากับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว อีกทั้งยังมีสารอินทรีย์ปะปนอยู่ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วอีกด้วย ทำให้น้ำยังมีค่าซีโอดี และมีความขุ่นสูง โดยน้ำเสียที่ถูกผสมระหว่างน้ำเสียกับตะกอนจุลินทรีย์ เรียกว่า Mixed Liquor โดยจากการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด พบว่ามีค่า 2,400 mg L^{-1} อย่างไรก็ตาม Mixed Liquor ที่ออกจากบ่อเติมอากาศยังมีตะกอน ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นตะกอนจุลินทรีย์ เนื่องจากจุลินทรีย์ในบ่อบำบัดแบบใช้อากาศจะย่อยสลายสารอินทรีย์ และเพิ่มจำนวนมากขึ้น ทำให้ตะกอนยังมีปริมาณมากจึงจำเป็นต้องนำน้ำที่ออกจากบ่อเติมอากาศเข้าสู่บ่อตกตะกอน เพื่อให้ปริมาณตะกอน หรือของแข็งทั้งหมดจมลงสู่ก้นบ่อก่อนปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม โดยส่วนหนึ่งของตะกอนที่จมลงสู่ก้นบ่อจะถูกสูบกลับเข้าบ่อเติมอากาศ เพื่อรักษาปริมาณของตะกอนจุลินทรีย์ให้คงที่ และยังกำจัดตะกอนส่วนเกินในบ่อทิ้งด้วย [3, 16]

เมื่อ Mixed Liquor (จากบ่อบำบัดแบบใช้อากาศ) ผ่านเข้าบ่อตกตะกอนที่ยังไม่ได้ติดตั้งแผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์ จะสามารถลดปริมาณของแข็งทั้งหมดได้ 300 mg L^{-1} ดังนั้นจึงยังทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดยังอยู่ในช่วงมากกว่า 2,000 mg L^{-1} จากนั้นเมื่อดำเนินการทดลองติดตั้งแผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์ร่วมกับการใช้ร่วมกับการใช้พอลิเมอร์ (Cationic Polymer) พบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดมีค่า 1,000 mg L^{-1} ซึ่งสามารถลดปริมาณของแข็ง และตะกอนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ดังนั้นเมื่อพิจารณาการตกตะกอนก่อนและหลังการติดตั้งแผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์ พบว่าสามารถลดปริมาณของแข็งทั้งหมดได้จากเดิมมากกว่า 50% นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงค่าซีโอดีในระบบพบว่าในบ่อตกตะกอนก่อนการติดตั้งแผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์สามารถลดค่าซีโอดีได้เพียง 13% ซึ่งเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเทียบกับบ่อตกตะกอนหลังการติดตั้งแผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์ พบว่าสามารถลดค่าซีโอดีจาก 850 mg L^{-1} เหลือเพียง 27 mg L^{-1} ซึ่งถือเป็นค่าที่สามารถปล่อยน้ำออกสู่สิ่งแวดล้อมได้ และเมื่อคิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีมีค่าถึง 96%

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2020.12.005



รูปที่ 6 แสดงปริมาณการกำจัดของแข็งทั้งหมด (กราฟแท่ง) และค่าซีโอดีก่อนและหลัง (กราฟเส้น) การใช้แผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์

4. สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

จากการประยุกต์ใช้แผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์ร่วมกับการใช้พอลิเมอร์ในการเพิ่มประสิทธิภาพการตกตะกอน ในงานวิจัยพบว่าเมื่อนำแผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์มาติดตั้งเพิ่มเติมนอกเหนือจากการใช้พอลิเมอร์ในการตกตะกอนนั้น สามารถช่วยลดค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำได้ รวมถึงการลดค่าความสกปรกในรูปซีโอดีได้ ดังงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [7,8] ซึ่งค่าซีโอดีจากค่าเริ่มต้น 850 mg L^{-1} เหลือเพียง 27 mg L^{-1} ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานการควบคุมคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม พบว่าค่าซีโอดีมีค่าไม่เกินมาตรฐาน คือ 120 mg L^{-1} นอกจากนี้ในส่วนของการกำจัดปริมาณของแข็งทั้งหมดพบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมด มีค่า 1,000 mg L^{-1} นอกจากนี้ค่าความขุ่นที่ออกจากบ่อตกตะกอนหลังติดตั้งแผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์ พบว่าลดลงเหลือเพียง 3 NTU จากค่าเริ่มต้น 90 NTU ประสิทธิภาพของการลดความขุ่นคิดเป็น 96% ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด และค่าความขุ่นนั้นยังส่งผลต่อค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total Dissolved Solid: TDS) ดังนั้นเมื่อค่าความขุ่น และปริมาณของแข็งทั้งหมดลดลง จึงทำให้ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ลดลงเช่นกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์สามารถลดปริมาณของแข็ง และตะกอนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนั้นการใช้แผ่นทิวบ์เซ็ตเทิลเลอร์เข้ามามีส่วนช่วยในการตกตะกอนภายในบ่อตกตะกอนถือเป็นสิ่งที่น่าสนใจ และควรมีการต่อยอดเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ เพื่อทำให้คุณภาพของน้ำเสียเพิ่มขึ้น และสามารถหมุนเวียนใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อลดค่าใช้จ่ายการใช้ทรัพยากรทางน้ำต่อไป

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2020.12.005

5. เอกสารอ้างอิง

[1] A. Obasi and O. Agwu, Bioremoval of Heavy Metals from a Nigerian Brewery Wastewater by Bacterial Application, Food and Applied Bioscience Journal, 2017, 5(3), 165–175.

[2] http://statbbi.nso.go.th/staticreport/page/sector/th/12.aspx. (Accessed on 08 July 2020) (in Thai)

[3] S. Sirianuntapiboon, Wastewater Treatment System, 2nd ed., Top Publishing Co., Ltd, Thailand, 2014. (in Thai)

[4] T. Vangpaisal, Water Supply Engineering, 2nd ed., Chulalongkorn University Press, Thailand, 2014. (in Thai)

[5] A. Faraji, G. Asadollafardi and A. Shevidi, A Pilot Study for the Application of One-and Two-Stage Tube Settlers as a Secondary Clarifier for Wastewater Treatment, International Journal of Civil Engineering, 2013, 11(4), 272-280.

[6] P. Painmanakul, Unit Processes for Environmental Engineering, 1st ed., Chulalongkorn University Press, Thailand, 2014. (in Thai)

[7] A. Gurjar, M. Bhorkar, A.G. Bhole and P. Baitule, Performance Study of Tube Settlers Module, International Journal of Engineering Research and Application, 2017, 7(3), 52-55.

[8] A. Faraji, G. Asadollafardi and A. Shevidi, A Pilot Study for the Application of One-and Two-Stage Tube Settlers Secondary Clarifier for Wastewater Treatment, International Journal of Civil Engineering, 2013, 11(4), 272-280.

[9] S. Al-Dulaimi and G. Racoviteanu, Efficiency of Tube Settler on Removal of Coagulation Particles, E3S Web of Conferences, 2019, 85, 07012, 1-12.

[10] American Public Health Association-American Water Works Association-Water Pollution Control Federation (APHA-AWWA-WPCF), Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th Ed., APHA, Washington DC, USA, 2000.

[11] K. Chokeatwatana, Microbiology for Scientists and Environmental Engineering, 1st ed., Chulalongkorn University Press, Thailand, 2018. (in Thai)

[12] A. Pardede, M.A. Budihardjo and Purwono, The Removal of Turbidity and TSS of the Domestic Wastewater by Coagulation-Flocculation Process Involving Oyster Mushroom as Biocoagulant, E3S Web of Conferences, 2018, 31, 05007, 1-4.

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2020.12.005

[13] B. Ramavandi, Treatment of Water Turbidity and Bacteria by using a Coagulant Extracted form Plantage Ovata, Water Resource and Industry, 2014, 6, 36-50.

[14] Md. Asrafuzzaman, A.N.M. Fakhruddin and Md. A. Hossain, Reduction of Turbidity of Water using Locally Available Natural Coagulants, International Scholarly Research Network, 2011, 632189, 1-6.

[15] P. Romphophak, Turbidity Removal by Solid Contact Clarifier with Sludge Recirculation, Master Thesis, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Thailand, 2013.

[16] B.R. Gonçalves, W.B. Neto, A.E.H. Machado and A.G. Trovó, Biodiesel Wastewater Treatment by Coagulation-Flocculation: Evaluation and Optimization of Operational Parameters, Journal of the Brazilian Chemical Society, 2017, 28(5), 800-807.