

การใช้โอโซนระบบไซโคลนบำบัดน้ำเสียชุมชน

USE OF OZONE WITH THE CYCLONE SYSTEM FOR TREATMENT OF DOMESTIC WASTEWATER

วนิดา สรทอง¹ มงคล จงสุพรรณพงศ์² และฐกฤต ปานขลิบ²Wanida Sornthong¹ Mongkol Jongsuphanphong² and Thakrit Panklib²

¹ นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

² อาจารย์ประจำหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

*Corresponding author, E-mail : Dasornthong@gmail.com, Mongkol.phong@gmail.com

บทคัดย่อ

น้ำเสียชุมชนเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำเสื่อมโทรม และด้วยเหตุนี้จึงได้นำโอโซนระบบไซโคลนมาบำบัดน้ำเสียชุมชน การศึกษาครั้งนี้เพื่อหาคุณสมบัติของเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซน เป็นการผสมผสานเครื่องผลิตโอโซนระบบพาสมาความดันสูง กับ “ระบบไซโคลน” เพื่อให้โอโซนผสมคลุกเคล้ากับน้ำเสียได้อย่างทั่วถึงและรวดเร็ว โดยศึกษาประสิทธิภาพเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยการเติมปริมาณโอโซนที่ 5 gO₃/hr กับปริมาณน้ำเสีย 20 ลิตร อัตราการไหล 3.0 แกลลอน/นาที (11.3 ลิตร/นาที เทียบกับ 678 ลิตร/ชั่วโมง) ทำให้ค่าคุณภาพน้ำที่ใช้ตรวจวัดได้แก่ ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ค่าของปริมาณออกซิเจนที่สารเคมีใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (COD) และค่าของปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD) ของน้ำเสียดีขึ้นในเวลาอันรวดเร็ว คือในเวลา 12 นาที ค่า DO จาก 0 เป็น 8 mg/L การวิเคราะห์ค่า R² = 0.8281 เข้าใกล้ 1 แสดงว่า DO ที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับเวลาอยู่ในระดับสูงมาก ส่วนค่า COD ลดลงจาก 132.10 mg/L เหลือ 78.00 mg/L การวิเคราะห์ค่า R² = 0.9349 เข้าใกล้ 1 แสดงว่า COD ที่ลดลงมีความสัมพันธ์กับเวลาอยู่ในระดับสูงมาก และค่า BOD ลดลงจาก 56 mg/L เหลือ 20 mg/L การวิเคราะห์ค่า R² = 0.8848 เข้าใกล้ 1 แสดงว่า BOD ที่ลดลงมีความสัมพันธ์กับเวลาอยู่ในระดับสูงมาก เช่นกัน โดยค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง มีค่า DO ไม่ต่ำกว่า 5 mg/L ค่า COD ไม่เกิน 120 mg/L และค่า BOD ไม่เกิน 20 mg/L ทำให้การใช้เครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซนระบบไซโคลน สามารถปรับสภาพน้ำเสียได้รวดเร็ว โดยใช้เวลาไม่เกิน 12 นาที

คำสำคัญ : โอโซน, ระบบไซโคลน, บำบัดน้ำเสียชุมชน

ABSTRACT

Domestic wastewater is one of the problems that deteriorate quality of water in water resource. For this reason, ozone and the cyclone system were employed to treat domestic wastewater. This study aims to determine property of the wastewater treatment machine using ozone-cyclone system by integrating high pressure ozone plasma generator and a cyclone system that allow ozone to be mixed thoroughly and quickly

<http://jeet.siamtechu.net>

with the wastewater. The efficiency of wastewater treatment machine was determined by water quality indexes such as Dissolved Oxygen (DO), Chemical Oxygen Demand (COD) and Biological Oxygen Demand (BOD). It was found that the adding of ozone at 5 gO₃/h with 20 liters of wastewater at the flow rate of 3 gallon/minute (11.3 liters/minute or 678 liters/hour) can rapidly improve quality of water within 12 minutes with high Coefficient of Determination (R²) close to 1. The DO increases from 0 to 8 mg/L with R² of 0.8281. The COD decrease from 132.10 mg/L to 78.00 mg/L with R² of 0.9349 and the BOD decrease from 56 mg/L to 20 mg/L with R² of = 0.8848. According to the controlled standard for discharge water, the DO must not less than 5 mg/L, COD not exceed 120 mg/L and BOD not exceed 20 mg/L. This demonstrates that ozone-cyclone system wastewater treatment machine can adjust wastewater very quickly with the duration less than 12 minutes.

Keywords : Ozone, Cyclone System, Domestic Wastewater Treatment

1. บทนำ

น้ำเสียชุมชน (Domestic Wastewater) เป็นน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของประชากรภายในชุมชน เช่น น้ำเสียจากบ้านเรือน อาคารบ้านเรือน หมู่บ้านจัดสรร คอนโดมิเนียม โรงแรม ตลาดสด โรงพยาบาล ร้านค้า อาคารสำนักงาน เป็นต้น ซึ่งส่วนใหญ่จะมีสิ่งสกปรก ในรูปของสารอินทรีย์ (Organic Matters) เป็นองค์ประกอบสำคัญ และเป็นสาเหตุสำคัญของการทำให้คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำเสื่อมโทรมลง

กรมควบคุมมลพิษ [1] ได้กล่าวไว้ในแนวทางการบริหารจัดการน้ำเสียชุมชน ถึงปัญหามลพิษทางน้ำว่า เป็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ และส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและการดำรงชีวิตของประชาชน ซึ่งจากการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำแหล่งน้ำอย่างต่อเนื่องของกรมควบคุมมลพิษ ยังคงพบปัญหาคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมในแม่น้ำหลายสายโดยเฉพาะในแม่น้ำสายหลักของประเทศ เช่น แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำแม่กลอง โดยพารามิเตอร์สำคัญที่ตรวจพบเป็นปัญหาคือค่าโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria: TCB) ฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria: FCB) และบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand: BOD) ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่บ่งชี้ว่าสาเหตุสำคัญส่วนหนึ่งมาจากน้ำเสียที่ระบายทิ้งมาจากแหล่งกำเนิดประเภทชุมชน ที่ระบายลงสู่แหล่งน้ำโดยไม่มีกรบบำบัดหรือจัดการน้ำเสียอย่างถูกต้องเหมาะสมก่อน นอกจากนี้การขยายตัวของกิจกรรมภาคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจะส่งผลให้ปัญหามลพิษทางน้ำมีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น

การพัฒนากระบวนการบำบัดน้ำเสียที่เกิดประสิทธิภาพ และประหยัดค่าใช้จ่ายวิธีหนึ่งที่หลาย ๆ ประเทศ ให้ความสนใจ คือการใช้โอโซน (O₃) ในบำบัดน้ำเสีย ซึ่งนอกจากโอโซนจะสามารถละลายน้ำได้ดีกว่าออกซิเจน (O₂) 10 เท่า [2] แล้ว โอโซนยังเป็นตัวออกซิไดซ์ที่รุนแรงและมีสมบัติอย่างปรากฏการณ์เรโซแนนซ์ มีการเรียงตัวของโครงสร้างโมเลกุลเป็นสามเหลี่ยมได้ 4 แบบ ทำให้การกระจายอิเล็กตรอน โมเลกุลของก๊าซโอโซนทุกเรโซแนนซ์ไม่มีอิเล็กตรอนที่ขาดคู่ ไม่มีคุณสมบัติเป็นสารแม่เหล็กชนิดพาราแมกเนติก จึงไม่มีลักษณะเป็นอนุมูลอิสระที่จะทำปฏิกิริยากับสารอื่น และดูดซึมรังสีอัลตราไวโอเล็ต เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ที่มีโลหะ และทำปฏิกิริยาไดโพลาร์ ไซโคล-แอดดิชัน (Dipolar cyclo-addition) กับพวกสารประกอบอโรเมติก (Aromatic Compounds) ทำปฏิกิริยากับอนุมูลไฮดรอกซี (OH) เป็นซูเปอร์ออกไซด์ (Superoxide Radical) ซึ่งเป็นตัวออกซิไดซ์ที่แรงกว่าโอโซน โอโซนมีคุณสมบัติโดดเด่นในการฆ่าเชื้อโรคได้ทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นเชื้อไวรัส แบคทีเรีย รา ยีสต์ เชื้อโปรโตซัว หรือ สัตว์เซลล์เดียว สปอร์ซิสต์ และไซพยาธิ โดยโอโซนจะทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารประกอบที่ห่อหุ้มเซลล์ทำให้เซลล์แตก ถ้าเป็นไวรัสจะสลายกรดนิวคลีอิก ซึ่งไวรัสใช้ในการขยายพันธุ์ ถ้าเป็นพวกซิลด์หรือเชื้อโปรโตซัวจะทำลายเยื่อหุ้มชั้นในจนถึงส่วนประกอบภายในเซลล์ เหมาะในการบำบัดมลภาวะทางน้ำทั้ง น้ำเสีย เช่น การฆ่าเชื้อโรค จุลินทรีย์ และแบคทีเรียได้เกือบทุกชนิด การกำจัดสารเคมีและอินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับน้ำเสีย ตลอดจนช่วยลดปริมาณ BOD ได้ดี [3]

<http://jeet.siamtechu.net>

ระบบไซโคลน (Cyclone System) เป็นระบบที่ดัดแปลงจากการหมุนวนของอากาศมาเป็นระบบการหมุนวนของน้ำแบบปั่นป่วน [4] ที่ผู้วิจัยเห็นว่าจะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย ด้วยประสิทธิภาพเร่งการผสมผสานระหว่างออกซิเจน (O_2) กับ น้ำ (H_2O) และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ระบบไซโคลนจะเป็นตัวการผสมผสานโอโซน (O_3) ให้เข้ากับน้ำ (H_2O) ได้อย่างรวดเร็ว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย ด้วยกระบวนการทางเครื่องกลที่ทำให้น้ำเสียหมุนวนแบบปั่นป่วนเข้าผสมกับก๊าซโอโซน (O_3) ในท่อระบบปิด ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่า คุณสมบัติของโอโซน (O_3) นั้น จะมีความไวในการทำปฏิกิริยาออกซิไดซ์อย่างรุนแรง แต่โอโซน (O_3) เป็นก๊าซที่ไม่เสถียร สามารถสลายตัวกลับเป็นออกซิเจนได้ในเวลาอันรวดเร็ว ภายในระยะเวลาไม่เกิน 6 วินาที จึงจำเป็นต้องนำอุปกรณ์ดังกล่าวช่วยผสมผสานโอโซน (O_3) ให้เข้ากับน้ำ (H_2O) อย่างเร็วที่สุดด้วยปริมาณที่มากเพียงพอสำหรับการกำจัดน้ำเสีย โดยระบบไซโคลนนี้จะช่วยให้โอโซนเข้าปฏิกิริยากับน้ำเสียได้อย่างทั่วถึงและรวดเร็ว เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบการบำบัดน้ำเสีย [5]

ดังนั้น จึงมีแนวคิดนำระบบไซโคลน (Cyclone System) ระบบการหมุนวนของน้ำแบบปั่นป่วน มาเพิ่มประสิทธิภาพการกระจายตัวของโอโซน (O_3) ให้แพร่กระจายในน้ำเสียได้อย่างทั่วถึงและรวดเร็ว โดยใช้หลักคุณสมบัติการเร่งประสิทธิภาพปริมาณการแพร่กระจายของโอโซน (O_3) ให้ผสมกับน้ำเสียได้ทั่วถึงและรวดเร็ว ซึ่งกระบวนการทำงานของระบบไซโคลน จะสามารถปรับสภาพค่า pH เพิ่มค่า DO ลดค่า BOD และ COD ของน้ำเสีย ได้มากกว่าเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยเครื่องเติมอากาศแบบทั่วไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

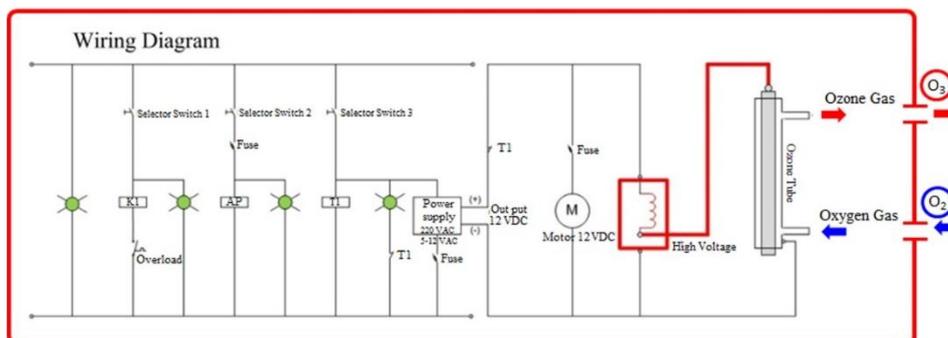
เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซนระบบไซโคลน โดยให้ปริมาณโอโซนเข้าปฏิกิริยากับน้ำเสีย ที่ $5 \text{ gO}_3/\text{h}$

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัย การใช้โอโซนระบบไซโคลนบำบัดน้ำเสียชุมชน ได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

3.1 สร้างเครื่องผลิตโอโซนพาสมาความดันสูง ลักษณะเป็นเครื่องผลิตโอโซน ขนาด 0.189 kW ใช้กับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) 220 V 50 Hz กำลังผลิตโอโซน $5 \text{ gO}_3/\text{hr}$ ประกอบด้วย [6]

- 3.1.1 เครื่องผลิตโอโซน (Ozone Production) ขนาด $5 \text{ gO}_3/\text{hr}$
- 3.1.2 บั๊มลม (Air Pump Component) ขนาด 200 L/min
- 3.1.3 เครื่องวัดความดัน (pressure meter) $1.0 \times 10^5 - 1.5 \times 10^5 \text{ N/m}^2$
- 3.1.4 เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า (Voltage meter)
- 3.1.5 เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า (Current Ampere Meter)



รูปที่ 1 วงจรไฟฟ้า เครื่องผลิตโอโซนพาสมาความดันสูง

<http://jeet.siamtechu.net>

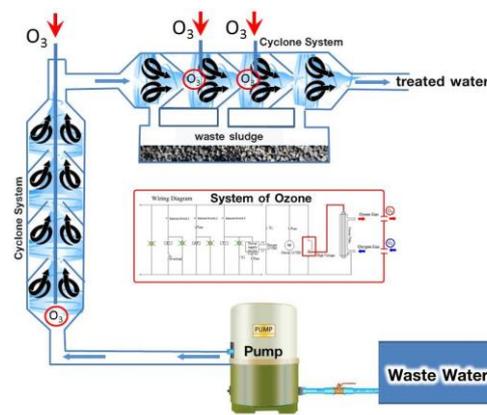
3.2 สร้างระบบทำน้ำวนคุณภาพสูง (Cyclone System) ประกอบด้วย

3.2.1 ปั๊มน้ำ (Water Pump) ขนาด อัตราการไหล 3.0 GPM ความสามารถของปั๊ม 11.3 L/min กระแสสูงสุด 0.9 Amp

3.2.2 ท่อระบบไซโคลนขนาด 4 นิ้ว ลักษณะเป็นท่อพีวีซี ท่อละ 1 เมตร จำนวน 2 ท่อ ต่อกันเป็นมุมฉาก

3.2.3 ด้านในของท่อ ติดตั้งวัสดุทรงกรวยคว่ำ ส่วนปลายแคบมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว ทุกๆ ระยะ 25 เซนติเมตร

3.2.4 ใช้ท่อเส้นผ่าศูนย์กลาง ขนาด 1/4 นิ้ว เพื่อปล่อยโอโซนลงในท่อระบบไซโคลน จำนวน 3 จุด เพื่อให้ น้ำเสียผสมกับโอโซนได้อย่างทั่วถึงโดยใช้กระแสน้ำหมุนวนแบบปั่นป่วนด้วยการอัดน้ำเข้าสู่ระบบไซโคลนในแนวสัมผัส หรือแนวแกน โดยเมื่อน้ำสัมผัสกับผนังกรวยทรงคว่ำน้ำจะหมุนวนกลับด้วยพลังงานจลน์ของน้ำและจะถูกดันออกไป ในลักษณะหมุนวนแบบปั่นป่วน สู้ออกไปเช่นนี้จนสิ้นสุดระบบไซโคลน



รูปที่ 2 การทำงานของการบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซนระบบไซโคลน

3.3 เก็บค่า pH, DO, COD และ BOD ของตัวอย่างน้ำเสียก่อนการทดลอง

ก่อนดำเนินการทดลองเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซนระบบไซโคลน ผู้วิจัยได้เก็บค่าน้ำเสียชุมชนเพื่อศึกษา และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่อง ค่าน้ำตัวอย่างก่อนการทดลอง โดย pH มีค่า 7.75 , DO มีค่าออกซิเจนละลาย (0) mg/L, COD มีค่า 132.10 mg/L และ BOD มีค่า 56 mg/L

3.4 ทดลองเดินเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซนระบบไซโคลน

3.4.1 นำน้ำเสียชุมชนจำนวน 100 ลิตร มาทำการทดลอง

3.4.2 ปรับการ Flow ของน้ำที่ 11.3 L/min

3.4.3 ทดลองใช้ปริมาณโอโซนเข้าปฏิบัติต่อน้ำเสีย ที่ 5 gO₃/hr

3.4.4 เก็บตัวอย่างน้ำเสียทุกๆ 2 นาที เป็นเวลา 12 นาที (จำนวน 3 ซ้ำ และหาค่าเฉลี่ย)

3.5 นำน้ำเสียที่ได้จากการทดลองไปหาค่า pH, DO, COD และ BOD

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เกี่ยวกับการพัฒนานวัตกรรมการบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซนระบบไซโคลน ในการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องมือได้ ดังนี้

4.1 วิเคราะห์ค่าความสิ้นเปลืองของเครื่องผลิตโอโซน ขนาด 0.189 kW ใช้กับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) 220 V 50 Hz กำลังผลิตโอโซน สามารถผลิตได้ 5 gO₃/hr ปั๊มลม (Air Pump Component) ขนาด 200 L/min

<http://jeet.siamtechu.net>

ประสิทธิภาพการทำงานของระบบการจ่ายโอโซน จากการศึกษาพบว่า อุปกรณ์ผลิตโอโซน 0.189 kW 220 V 50 Hz ประกอบกับ บั้มลม ขนาด 200 L/min ผลิตโอโซน 5 gO₃/hr ลงสู่ระบบไซโคลน การทำงานของระบบสามารถจ่ายโอโซน ได้สม่ำเสมอไม่ติดขัด เมื่อประเมินความสิ้นเปลืองของเครื่องบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยโอโซนระบบไซโคลน ทั้งระบบ พบว่า ในเวลา 1 ชั่วโมง มีค่ากระแสไฟฟ้า 1.55 บาท ต่อการบำบัดน้ำเสีย 678 ลิตร หรือ การบำบัดน้ำเสีย 1,000 ลิตร ต่อระยะเวลาการบำบัดน้ำเสีย 1 ชม. 30 นาที มีค่ากระแสไฟฟ้าประมาณ 2.33 บาท

หมายเหตุ: อัตราค่าไฟฟ้าต่อหน่วย อ้างอิงจากค่าพลังงานไฟฟ้าโรงงาน หน่วยละ 4 บาท ข้อมูลปี 2562

4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบทำน้ำวนคุณภาพสูง (Water Cyclone) ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับการผสมน้ำกับโอโซนด้วยแรงดันจากปั้มน้ำ (Water Pump) ขนาด 2,800 L/hr เข้าสู่ระบบไซโคลนในแนวสัมผัสหรือแนวแกน โดยเมื่อน้ำสัมผัสกับวัสดุทรงกรวย (Cone Material) หรือผืนกรวยทรงคว่ำ น้ำจะหมุนวนแบบปั่นป่วนเพื่อคลุกเคล้าผสมผสานกับโอโซนและจะถูกดันออกสู่ห้องถัดไป โดยจะศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำจากค่า pH, DO, COD และ BOD

5. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซนระบบไซโคลน

5.1 เปรียบเทียบน้ำเสียชุมชนก่อนการทดลอง กับมาตรฐานน้ำเสียชุมชน

จากการเปรียบเทียบดัชนีคุณภาพน้ำเสียก่อนการทดลองกับมาตรฐานน้ำเสียชุมชนจากกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พบว่า ค่าความเป็นกรด และต่างของน้ำเสียชุมชน ยังอยู่ในสภาพเป็นกลาง ในขณะที่ค่าแสดงความเป็นกรด-เบส (pH) ยังมีค่าไม่เกินมาตรฐานน้ำทิ้ง ส่วนปริมาณค่าออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำ (DO) พบว่าออกซิเจน (O₂) มีค่าเป็นศูนย์ (0) ซึ่งตามค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งของกรมควบคุมมลพิษ ควรจะมีปริมาณค่าออกซิเจนละลายในน้ำไม่ต่ำกว่า 5 mg/L สำหรับปริมาณออกซิเจนที่สารเคมีใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (COD) มีค่า 132.10 mg/L นั้นยังถือว่าเกินค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง ของกรมควบคุมมลพิษ ที่กำหนดให้ค่า COD ไม่ควรเกิน 120 mg/L ในขณะที่ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD) มีค่า 56 mg/L ถือว่าเกินค่ามาตรฐานไปถึง 36 mg/L (ค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง ของกรมควบคุมมลพิษ ไม่เกิน 20 mg/L) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งกับค่าน้ำเสียชุมชน [7], [8]

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	เกณฑ์มาตรฐาน	ค่าน้ำเสียชุมชน
1. ความเป็นกรดและต่าง (pH)	หน่วย pH	5 – 9	7.75
2. ดีโอ (Dissolved Oxygen: DO)	mg/L	ไม่ต่ำกว่า 5	0
3. ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand: COD)	mg/L	ไม่เกิน 120	132.10
4. บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand: BOD)	mg/L	ไม่เกิน 20	56

5.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องบำบัดน้ำเสียโอโซนระบบไซโคลน

ผู้วิจัยได้นำน้ำเสียชุมชน ไปทดลองกับเครื่องบำบัดน้ำเสียโอโซนระบบไซโคลน โดยให้ผ่านโอโซนที่ปริมาณ 5 gO₃/hr ระยะเวลาที่น้ำเสียผ่านโอโซนระบบไซโคลน ด้วยเวลาที่ต่างกัน คือ 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 นาที ตามลำดับ ซึ่งได้เก็บค่า pH, DO, COD และ BOD ทุกๆ ระยะเวลาของเวลาที่แตกต่างกัน ผลการทดลองพบว่า

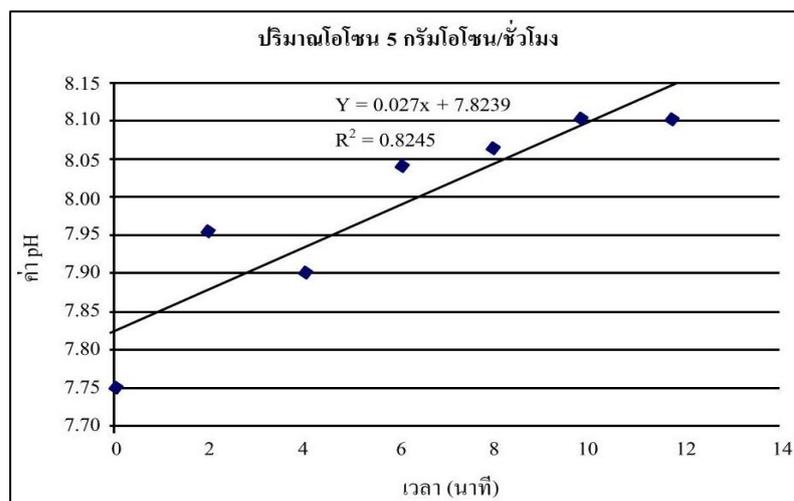
5.2.1 ค่าแสดงความเป็นกรด-เบส (pH) ดังตารางที่ 2 พบว่าค่า pH ถูกปรับสภาพเข้าหาความเป็นกลาง ประสิทธิภาพของเครื่องสามารถจัดการค่าความเป็นกรดหรือเบสของสารละลาย (pH) ได้ สัมประสิทธิ์การ

<http://jeet.siamtechu.net>

ตัดสินใจ (R^2) มีค่า เท่ากับ 0.8245 เข้าใกล้ 1 แสดงว่า DO ที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับเวลาอยู่ในระดับสูงมาก ซึ่งจัดว่ามีสัมประสิทธิ์การตัดสินใจในระดับ ดี ดังรูปที่ 3

ตารางที่ 2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เมื่อสัมผัสกับโอโซนระบบไซโคลน 5 gO₃/hr ในเวลาที่แตกต่างกัน

รายการ	ค่ามาตรฐาน	ค่าก่อนการทดลอง	เวลาที่น้ำเสียสัมผัสกับโอโซน (นาที)					
			2	4	6	8	10	12
ค่าความเป็นกรดต่าง (pH)	5 - 9	7.75	7.95	7.90	8.04	8.06	8.10	8.10

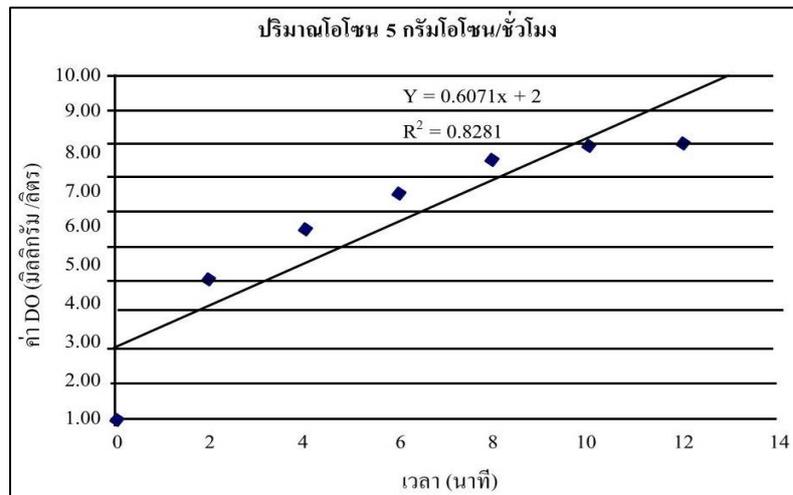


รูปที่ 3 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดหรือเบสของสารละลาย (pH)

5.2.2 ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ดังตารางที่ 3 พบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วใน 2 นาทีแรก และสามารถเทียบค่าได้กับมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งหลังจากที่บำบัดน้ำเสียผ่านโอโซนระบบไซโคลนในนาทีที่ 4 โดยระบบสามารถเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ (DO) ได้อย่างต่อเนื่องสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) มีค่า เท่ากับ 0.8281 เข้าใกล้ 1 แสดงว่า DO ที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับเวลาอยู่ในระดับสูงมาก ซึ่งจัดว่ามีสัมประสิทธิ์การตัดสินใจในระดับ ดี ดังรูปที่ 4

ตารางที่ 3 ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) เมื่อสัมผัสกับโอโซนระบบไซโคลน 5 gO₃/hr ในเวลาที่แตกต่างกัน

รายการ	ค่ามาตรฐาน	ค่าก่อนการทดลอง	เวลาที่น้ำเสียสัมผัสกับโอโซน (นาที)					
			2	4	6	8	10	12
ค่าของปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ (DO) (mg/L)	ไม่ต่ำกว่า 5 (mg/L)	0.00	4.00	5.50	6.50	7.50	8.00	8.00

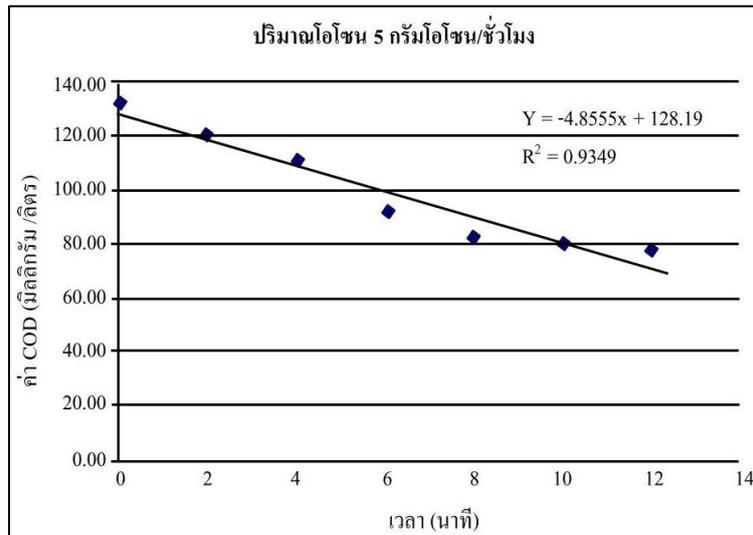


รูปที่ 4 การวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ (DO)

5.2.3 ค่าของปริมาณออกซิเจนที่สารเคมีใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (COD) ดังตารางที่ 4 พบว่าประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซนระบบไซโคลนสามารถลดปริมาณ COD ได้อย่างรวดเร็ว และต่อเนื่อง จากการวิเคราะห์ ปริมาณออกซิเจนที่สารเคมีใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (COD) พบว่าประสิทธิภาพของเครื่องบำบัดน้ำเสียโอโซนระบบไซโคลนมีความสามารถลดปริมาณ COD ได้อย่างต่อเนื่อง สมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) มีค่า เท่ากับ 0.9349 เข้าใกล้ 1 แสดงว่า COD ที่ลดลงมีความสัมพันธ์กับเวลาอยู่ในระดับสูงมาก ซึ่งจัดว่ามีสมประสิทธิ์การตัดสินใจในระดับ ดีมาก ดังรูปที่ 5

ตารางที่ 4 ค่าปริมาณออกซิเจนที่สารเคมีใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (COD) เมื่อสัมผัสกับโอโซนระบบไซโคลน 5 gO_3/hr ในเวลาที่แตกต่างกัน

รายการ	ค่ามาตรฐาน	ค่าก่อนการทดลอง	เวลาที่น้ำเสียสัมผัสกับโอโซน (นาที)					
			2	4	6	8	10	12
ค่าของปริมาณออกซิเจนที่สารเคมีใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (COD)	ไม่เกิน 120 (mg/L)	132.10	120.00	110.05	91.68	82.68	78.88	78.00

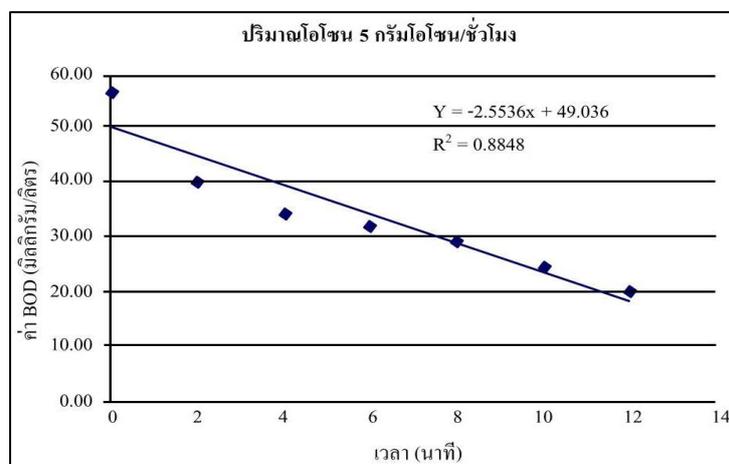


รูปที่ 5 การวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่สารเคมีใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (COD)

5.2.4 ค่าของปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD) ดังตารางที่ 4 พบว่าประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซนระบบไซโคลนสามารถลดปริมาณ BOD ได้อย่างต่อเนื่อง สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) มีค่าเท่ากับ 0.8848 เข้าใกล้ 1 แสดงว่า BOD ที่ลดลงมีความสัมพันธ์กับเวลาอยู่ในระดับสูงมาก ซึ่งจัดว่ามีสัมประสิทธิ์การตัดสินใจในระดับ ดี ดังรูปที่ 6

ตารางที่ 5 ค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD) เมื่อสัมผัสกับโอโซนระบบไซโคลน 5 gO₃/hr ในเวลาที่แตกต่างกัน

รายการ	ค่ามาตรฐาน	ค่าก่อนการทดลอง	เวลาที่น้ำเสียสัมผัสกับโอโซน (นาที)					
			2	4	6	8	10	12
ค่าของปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD)	ไม่เกิน 20 (mg/L)	56	40	34	32	29	25	20



รูปที่ 6 การวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD)

<http://jeet.siamtechu.net>

6. ศึกษาจากผลของค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของการจัดการน้ำเสียด้วยปริมาณโอโซนระบบไซโคลน

เมื่อนำผลจากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ของค่า pH, DO, COD และ BOD จากเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซนระบบไซโคลน มาวิเคราะห์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซนระบบไซโคลน ในภาพรวมของการบำบัด พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) จากการทำงานของเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซนระบบไซโคลน โดยการจ่ายโอโซนที่ปริมาณ 5 gO₃/hr มีค่าเฉลี่ยที่ 0.8681 ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการทำงานค่อนข้างสูง ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ศึกษาประสิทธิภาพการทำงานจากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของการจัดการน้ำเสียด้วยปริมาณโอโซน

รายการ	pH	DO	COD	BOD	เฉลี่ย
ปริมาณโอโซน 5 gO ₃ /hr	0.8245	0.8281	0.9349	0.8848	0.8681

7. การคำนวณหาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย แบบ Eff: Efficiency

การคำนวณหาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของการทดลองการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยเครื่องบำบัดน้ำเสียโอโซนระบบไซโคลนในการลดค่า COD และ BOD ด้วยค่าร้อยละของประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย Eff: Efficiency โดยศึกษาจาก ((ค่าความเข้มข้นของน้ำไหลเข้า - ค่าความเข้มข้นของน้ำไหลออก) / ค่าความเข้มข้นของน้ำไหลเข้า) x 100 จากการศึกษา พบว่า ประสิทธิภาพการปรับสภาพ COD ที่น้ำเสียสัมผัสกับโอโซน 5 gO₃/hr คิดเป็นร้อยละ 40.95 และประสิทธิภาพการปรับสภาพ BOD ที่น้ำเสียสัมผัสกับโอโซน 5 gO₃/hr คิดเป็นร้อยละ 64.28

8. สรุปผล

น้ำเสียเป็นปัญหาที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แนวความคิดในการใช้โอโซนบำบัดน้ำเสียเกิดขึ้นจากสมบัติที่โดดเด่นของโอโซน แต่เนื่องจากโอโซนสลายตัวเร็วจึงคิดใช้ระบบไซโคลนซึ่งเป็นตัวทำน้ำวนแบบปั่นป่วนที่จะเร่งให้โอโซนสัมผัสกับน้ำเสียได้อย่างทั่วถึง วัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซนระบบไซโคลน และเพื่อสร้างนวัตกรรมต้นแบบการบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซนระบบไซโคลน ผลการวิจัยพบว่า อัตราความสิ้นเปลืองในการใช้กระแสไฟฟ้า ทั้งระบบ เวลา 1 ชั่วโมง มีค่ากระแสไฟฟ้า 1.55 บาท ต่อการบำบัดน้ำเสีย 678 ลิตร หรือการบำบัดน้ำเสีย 1,000 ลิตร ใช้เวลาบำบัด 1 ชั่วโมง 30 นาที เสียค่ากระแสไฟฟ้าประมาณ 2.33 บาท ผลการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) พบว่าการเติมปริมาณโอโซนที่ 5 gO₃/hr ส่งผลให้ค่าออกซิเจนมีความสัมพันธ์กับเวลาอยู่ในระดับสูง สามารถปรับค่า pH, DO, COD และ BOD ของน้ำเสียชุมชนให้เป็นไปตามค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง ของกรมควบคุมมลพิษ ได้ภายในเวลา 12 นาที ส่วนประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย แบบ Eff: Efficiency พบว่ามีประสิทธิภาพการปรับสภาพที่เหมาะสม สรุปได้ว่าประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของการบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซนระบบไซโคลน สามารถปรับสภาพน้ำเสียได้ตามค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง ของกรมควบคุมมลพิษ สามารถตอบวัตถุประสงค์ เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซนระบบไซโคลน โดยให้ปริมาณโอโซนเข้าปฏิบัติต่อน้ำเสีย ที่ 5 gO₃/hr สามารถจัดการน้ำเสียชุมชนได้ตามค่ามาตรฐาน ประหยัดทั้งค่ากระแสไฟฟ้า รวมถึงการบำรุงรักษา คุ่มค่าสำหรับการลงทุน จัดว่าเป็นการบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซนระบบไซโคลนที่มีประสิทธิภาพ

<http://jeet.siamtechu.net>

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมควบคุมมลพิษ. “รายงานการดำเนินงานสำนักจัดการคุณภาพน้ำ ประจำปี 2555. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2555).
- [2] Francis, L. and Evans III. “*Ozone in Water and Wastewater Treatment*”. Michigan: Ann Arbor Science Pub, Inc. (1972).
- [3] Harono, A., Sadaka, M. and Sato M.,. “Soot Oxidation In A Silent Discharge”. *J. of chem. Eng.* (1991). Vol.165, 55.
- [4] วนิดา ศรทอง. “การบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยโอโซนระบบไฮโคลน”. (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม, วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม). (2562).
- [5] Lapple, C.E., *processes Use many collection types*, chem. Eng (1951). 58:145-51,
- [6] มงคล จงสุพรรณพงศ์. “การผลิตโอโซนในระบบพลาสติกความดันสูงสำหรับบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงกุ้งและชุมชน”. (วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี). (2550).
- [7] กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. *ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรม และเขตประกอบการอุตสาหกรรม*. หน้า 17 เล่ม 133 ตอนพิเศษ 129 ง ราชกิจจานุเบกษา 6 มิถุนายน 2559
- [8] กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. *ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน*. ลงวันที่ 7 เมษายน 2553 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่มที่ 127 ตอนพิเศษ 69ง วันที่ 2 มิถุนายน 2553.