



# การลดปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ในบ่อกักน้ำทิ้งจากโรงไฟฟ้าด้วยการดูดซับและชั้นกรอง Reduction of Nitrogen and Phosphorus Nutrient in Retention Effluent Pond from Power Plant by Adsorption and Filter Layer

Jarumard Rewthong Kanita Tungkananuruk\* Watcharapong Wararam and Noppawan Semvimol

จารุมารัฐ รั้วทอง คณิตา ตั้งคณานุกรักษ์\* วชรพงษ์ วาระรัมย์ และ นพวรรณ เสมวิมล

ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ 10900

\*E-mail kkanita.kt@gmail.com

## บทคัดย่อ

การใช้ประโยชน์จากน้ำทิ้งหม้อต้มน้ำอุตสาหกรรมที่มีปริมาณมาก ถือได้ว่าเป็นการใช้ทรัพยากรน้ำอย่างคุ้มค่า และช่วยลดมลภาวะทางน้ำจากยูโทรฟิเคชัน ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อกักน้ำทิ้งโรงไฟฟ้าพบว่าปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนสูงมาก แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 280.65 มก./ล. ไนเตรท-ไนโตรเจน 292.96 มก./ล. ออร์โธฟอสเฟต 0.57 มก./ล. (สูงเกินค่าวิกฤตของการเกิดยูโทรฟิเคชัน) อัลคาลินิตีสูง (pH 10) และคลอโรฟิลล์ II เอ 79.77 มก./ล. ดังนั้น น้ำทิ้งนี้จึงไม่เหมาะสำหรับการนำกลับมาใช้ใหม่หรือปล่อยทิ้ง งานวิจัยนี้จึงศึกษาชั้นดูดซับและชั้นกรองที่มีต้นทุนต่ำ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม จากการทดลองแบบแบตช์ พบว่า แกลลอยลิกไนต์ ตะกอนดินน้ำประปา ไฮโดรทัลไซด์ และน้ำสกัดเถ้าเปลือกหอยเชอรี่ มีประสิทธิภาพที่ดีในการกำจัดออร์โธฟอสเฟต, แอมโมเนีย และไนเตรทได้ ยิ่งไปกว่านั้น ตะกอนดินสามารถลดอัลคาลินิตีได้ การทดลองแบบคอลัมน์ออกแบบเป็น 2 ชุดการทดลอง ซึ่งทั้ง 2 คอลัมน์บรรจุด้วยชั้นดูดซับ 3 ชั้น และชั้นกรอง 3 ชั้น คือ จากชั้นล่างขึ้นบน ประกอบด้วยตะกอนดินผสมทรายหยาบ (1:20 โดยน.) หินหยาบผสมทรายหยาบ ไฮโดรทัลไซด์ผสมทรายหยาบ (1:20 โดยน.) หินหยาบผสมทรายหยาบ แกลลอยลิกไนต์ผสมทรายหยาบ (1:20 โดยน.) สำหรับคอลัมน์ที่ 1 และตะกอนดินผสมทรายหยาบ (1:20 โดยน.) สำหรับคอลัมน์ที่ 2 และหินหยาบหลังจากนั้นตัวอย่างน้ำทิ้ง และน้ำทิ้งผสมน้ำสกัดเถ้าสกัดเปลือกหอยเชอรี่ ถูกบำบัดด้วยคอลัมน์ทั้ง 2 คอลัมน์ ผลการทดลองการบำบัดน้ำทิ้ง 2 คอลัมน์ ทุกการทดลองของการบำบัดด้วยคอลัมน์ พบว่า คอลัมน์ที่ 2 กำจัดไนเตรทได้ดี (> ร้อยละ 90) และแอมโมเนีย (ร้อยละ 99.63) ดีกว่าคอลัมน์ที่ 1 แต่คอลัมน์ที่ 1 กำจัดฟอสเฟตได้ดีกว่าที่ร้อยละ 100 สุดท้ายได้ทำการทดลอง โดยขยายขนาดของชั้นดูดซับและชั้นกรอง เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการบำบัดฟิเอช ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และคลอโรฟิลล์ II เอ ผลการศึกษาพบว่า น้ำที่ผ่านการบำบัดสามารถใช้ในการรดน้ำต้นไม้ได้ แต่ถ้าโรงงานอุตสาหกรรมต้องการปล่อยทิ้งจะต้องมีการบำบัดซ้ำ ดังนั้นงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งที่มีฟิเอช ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และคลอโรฟิลล์ II เอ สูงได้ เพื่อนำกลับมาใช้และปล่อยทิ้ง

คำสำคัญ : ไนโตรเจน; ฟอสฟอรัส; น้ำทิ้งจากหม้อต้มน้ำอุตสาหกรรม; ชั้นดูดซับ; ชั้นกรอง

## Abstract

Utilization of a voluminous industrial boiler effluent was the efficiency useful of water resources and mitigation of water pollution from eutrophication. The water quality analysis results of effluent from power plant retention pond revealed that it was rich of nitrogen nutrient ( $\text{NH}_3\text{-N}$  280.65  $\text{mgL}^{-1}$ ,  $\text{NO}_3^- \text{-N}$  292.96  $\text{mgL}^{-1}$ ), orthophosphate 0.57  $\text{mgL}^{-1}$  (higher than eutrophication critical value), high alkalinity (pH 10) and chlorophyll A 79.77  $\text{mgL}^{-1}$ . So it was not appropriate to reuse or discharge. This research was to investigate the adsorption and filter layers which low cost treatment and friendly to environment. From the batch experiments, it was found that a good efficiency removal of O-phosphate, ammonia and nitrate was obtained from lignite fly ash (LFA), waterworks sludge (WWS), hydrotalcite (HC) and golden apple shell ash extract (GASE). Moreover, WWS could be also decreased alkalinity. For column experiments, which was designed in 2 columns. Both of columns consist of 3 adsorption layers and 3 filter layers. From down to top layers were mixed WWS with coarse sand (1:20 by wt.), mixed stone with coarse sand, mixed HC with coarse sand (1:20 by wt.), mixed stone with coarse sand, mixed LFA with coarse sand (1:20 by wt.) for 1<sup>st</sup> column and mixed WWS with coarse sand (1:20 by wt.) for 2<sup>nd</sup> column and stone. After that, the effluent sample (ES) and the effluent sample mixed with GASE were treated by these 2 columns. All of the column treatment experiments revealed that the 2<sup>nd</sup> column gave the better removal of nitrate (>90%) and ammonia (99.63%) than the 1<sup>st</sup> column. But the 1<sup>st</sup> column gave the high phosphate removal at 100%. Finally, the expended scale adsorption and filtration layer was conducted to investigate the treatment efficiency of pH, N, P and chlorophyll A. The results showed that the treated water could be used for watering a tree. But if industries want to discharge, they must replicated treat. Therefore, this research could be applied to treat the high pH, N, P and chlorophyll A content effluent for reuse and discharge.

**Keywords :** Nitrogen; Phosphorus; Industrial Boiler Effluent; Adsorption Layer; Filter Layer

## บทนำ

น้ำทิ้งจากหม้อต้มน้ำขนาดใหญ่จากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงผลิตกระแสไฟฟ้าและอุตสาหกรรมอาหาร มีปริมาณธาตุอาหารสูง เช่น ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส เป็นต้น เนื่องจากการเติมสารเคมีลงในน้ำของหม้อต้มน้ำอุตสาหกรรมเพื่อเป็นการลดการเกิดตะกอนอุดตันภายในหม้อน้ำและท่อน้ำ และเป็นการเพิ่มอายุการใช้งานของหม้อต้มน้ำ ดังนั้น หากไม่มีการบำบัดน้ำทิ้งหม้อต้มน้ำแล้วปล่อยออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติจะทำให้เกิดผลกระทบที่รุนแรงต่อระบบนิเวศทางน้ำได้ ซึ่งธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่สมบูรณ์ประกอบกับปัจจัยร่วม เช่น อุณหภูมิ แสงแดด และความเป็นกรด-เบส จะส่งผลให้สาหร่ายและแพลงก์ตอนพืช (Phytoplankton)

เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว [1] จนเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) [2] ได้ จัดเป็นมลภาวะทางน้ำที่เป็นปัญหาอย่างมากในประเทศเขตร้อนและทำให้แหล่งน้ำเกิดการเน่าเสีย ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการลดปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งจากหม้อต้มน้ำขนาดใหญ่จากโรงงานไฟฟ้าที่ถูกปล่อยมากักเก็บในบ่อพักน้ำ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป แต่พบปัญหา คือ น้ำมีสภาพความเป็นเบสสูง เมื่อกักเก็บไว้ระยะหนึ่งจะเกิดยูโทรฟิเคชัน และเน่าเสียในที่สุด ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้ผู้วิจัยจึงคิดประดิษฐ์ถังกรองในระดับห้องปฏิบัติการ เพื่อลดปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และปรับความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ถังกรองประกอบด้วยชั้นดูดซับและชั้นกรองจากวัสดุเหลือทิ้ง และวัสดุสังเคราะห์ ซึ่งเป็นถังกรองที่มีต้นทุนต่ำ ใช้งานสะดวก

และมีประสิทธิภาพสูงในการลดปริมาณธาตุไนโตรเจน และฟอสฟอรัส โดยศึกษาชนิดของวัสดุและลำดับชั้นดูดซับและชั้นกรองที่สามารถบำบัดธาตุอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ และปรับพีเอชให้อยู่ในค่าที่เหมาะสมสามารถนำน้ำทิ้งไปใช้ประโยชน์ต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 1. การเตรียมถ้ำลอยลิกไนต์

ถ้ำลอยลิกไนต์ที่ใช้ในการศึกษา คือ ถ้ำลอยลิกไนต์ที่ได้จากการเผาไหม้ถ่านหินลิกไนต์ร้อยละ 100 โดยนำถ้ำลอยมาล้างด้วยน้ำสะอาด เพื่อปรับความเป็นกรด-ด่างให้เป็นกลางเนื่องจากถ้ำลอยมีสภาพเป็นเบส จากนั้นนำไปตากให้แห้ง อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

### 2. การเตรียมตะกอนดินน้ำประปา

ตะกอนดินน้ำประปาได้มาจากโรงผลิตน้ำประปามหาสวัสดิ์ เตรียมตะกอนดินน้ำประปาโดยการนำมาตากให้แห้งสนิท จากนั้นนำไปบดให้ละเอียดแล้วร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 30 (0.594 mm.) อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง

### 3. การเตรียมน้ำสกัดถ้ำเปลือกหอยเชอรี่

เตรียมน้ำสกัดถ้ำเปลือกหอยเชอรี่ ตามวิธีของฐิติชญา และคณะ (2555) [3] นำเปลือกหอยเชอรี่ มาทำความสะอาดด้วยน้ำ ตากให้แห้ง นำมาทุบให้ละเอียด แล้วจึงนำไปร่อนด้วยตะแกรงเบอร์ 30 (0.594 มิลลิเมตร) เเผาที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ชั่งจำนวน 40 กรัม ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มล. เติมน้ำกลั่น 100 มล. นำไปเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 40 ได้น้ำสกัดถ้ำเปลือกหอยเชอรี่

### 4. การสังเคราะห์สารประกอบคล้ำไฮโดรทาลไซต์

นำสารละลายอลูมิเนียมซัลเฟต 0.5 M ผสมกับสารละลายแมกนีเซียมคลอไรด์ 2 M และทำการปรับพีเอชให้เท่ากับ 10 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 N นำสารละลายที่ได้ใส่ขวดพอลิโพรพิลีน และอบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เทสารละลายส่วน

ใส่ทิ้ง ล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่น 3 รอบ และแยกตะกอนโดยการเซนตริฟิวส์ที่ความเร็ว 4500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นอบตะกอนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และอบตะกอนที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง [4]

### 5. การเตรียมเปลือกหอยนางรมขาว

นำเปลือกหอยนางรมนางไปล้างให้สะอาด ตากแดดให้แห้งสนิท แล้วนำมาตำให้พอยาบ ขนาดความกว้างของเปลือกหอยนางรมประมาณ 1-3 เซนติเมตร อบเปลือกหอยนางรมหยาบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง

### 6. การเตรียมถ่านกะลามะพร้าว

นำถ่านกะลามะพร้าวขนาด 5 มิลลิเมตร นำไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

### 7. ศึกษาสภาพพื้นที่ที่ใช้ศึกษา

สำรวจสภาพพื้นที่ตั้งและสภาพแวดล้อมโดยรอบของบ่อกักน้ำทั้งจากหม้อต้มน้ำ รวมถึงที่มาของน้ำทิ้งหม้อต้มน้ำอุตสาหกรรมของโรงไฟฟ้าพระนครเหนือ ชุดที่ 2 น้ำทิ้งจากโรงไฟฟ้ามาวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่อไปนี้ ได้แก่ พีเอช ซีไอดี ด้วยวิธี Closed reflux บีโอดี ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ด้วยวิธี Azide Modification คลอโรฟิลล์ II เอ ด้วยวิธี Spectrophotometric ปริมาณออร์โธฟอสเฟต ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ด้วยวิธี Colorimetric เป็นวิธีมาตรฐานที่กำหนดไว้ใน Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater [5]

### 8. ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดออร์โธฟอสเฟต ไนเตรท และแอมโมเนียด้วยวัสดุ

เพื่อคัดเลือกวัสดุเหลือทิ้งที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดออร์โธฟอสเฟต ไนเตรท และแอมโมเนียโดยช่วงวัสดุเหลือทิ้ง คือ ถ้ำลอยลิกไนต์ ตะกอนดินน้ำประปา เปลือกหอยนางรมขาว ถ่านกะลามะพร้าว ไฮโดรทาลไซต์ ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มล. จำนวน 1, 2 และ 3 กรัมต่อน้ำทิ้งจากบ่อกักน้ำโรงไฟฟ้า 50 มล. และน้ำสกัดถ้ำเปลือกหอยเชอรี่ปริมาณ 50 มล. ต่อน้ำทิ้งจากบ่อกักน้ำโรงไฟฟ้า 50 มล. เขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา

30 นาที กรองส่วนใสมาวิเคราะห์หาปริมาณออร์โทฟอสเฟต ไนเตรท ไนโตรเจน และแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ด้วยวิธี Colorimetric เช่นเดียวกับวิธีมาตรฐานในข้อ 5

## 9. ศึกษาความสามารถของวัสดุในการกำจัดออร์โทฟอสเฟต ไนเตรท และแอมโมเนียในสารละลาย

ซึ่งวัสดุที่เหมาะสมต่อการกำจัดออร์โทฟอสเฟต 1 กรัมต่อสารละลายออร์โทฟอสเฟตเข้มข้น 0.1, 0.3, 0.5, 1, 2 และ 3 มก./ล. ปริมาตร 50 มล. ซึ่งวัสดุที่เหมาะสมต่อการกำจัดไนเตรท 1 กรัมต่อสารละลายไนเตรท-ไนโตรเจนเข้มข้น 20, 40, 60, 80, 100, 200, 400, 600, 800 และ 1000 มก./ล. ปริมาตร 50 มล. และซึ่งวัสดุที่เหมาะสมต่อการกำจัดแอมโมเนีย 1 กรัมต่อสารละลายแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเข้มข้น 20, 40, 60, 80, 100, 200, 400 และ 600 มก./ล. ปริมาตร 50 มล. เขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที กรองส่วนใสด้วยกระดาษกรองเบอร์ 40 นำสารละลายมาวิเคราะห์หาปริมาณออร์โทฟอสเฟต ไนเตรท-ไนโตรเจน และแอมโมเนีย-ไนโตรเจน

## 10. ศึกษาลำดับของชั้นดูดซับที่มีผลต่อการลดค่าพีเอช การลดปริมาณของออร์โทฟอสเฟต ไนเตรท และแอมโมเนีย

ทำการออกแบบลำดับชั้นกรองโดยนำวัสดุที่คัดเลือกจากการศึกษาในข้อ 7 บรรจุลงในคอลัมน์ให้เหมาะสมต่อการลดค่าพีเอช ออร์โทฟอสเฟต ไนเตรท และแอมโมเนีย ศึกษาประสิทธิภาพของชั้นดูดซับในการลดค่าพีเอช การลดปริมาณออร์โทฟอสเฟต ไนเตรท และแอมโมเนีย โดยแบ่งตัวอย่างน้ำออกเป็น 2 ประเภท คือ น้ำทิ้งหม้อต้มน้ำ และน้ำทิ้งหม้อต้มน้ำผสมน้ำสกัดเถาเปลือกหอยเชอรี่ เติมน้ำทิ้งครั้งละ 300 มล. ลงในคอลัมน์ที่ออกแบบ ปล่อยน้ำทิ้งไหลผ่านชั้นดูดซับและชั้นกรอง ตรวจวัดค่าพีเอช ปริมาณออร์โทฟอสเฟต ไนเตรท-ไนโตรเจน และแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ทดลองซ้ำจนประสิทธิภาพในการบำบัดลดลงหรือคงที่

## 11. ประสิทธิภาพการกรองในระดับห้องปฏิบัติการทดลอง ประสิทธิภาพในการลดค่าพีเอช การลดปริมาณของออร์โทฟอสเฟต ไนเตรท และแอมโมเนีย

นำถังสี่เหลี่ยมจากการใช้งานขนาดกว้าง 30 ซม. สูง 36 ซม. มีขนาดความจุ 25.43 ล. นำมาเจาะต่อท่อ PVC และวาล์วเปิด-ปิด ภายในบรรจุวัสดุชั้นกรองที่ขยาย

สเกลจากคอลัมน์ที่ได้ทำการคัดเลือกจากการศึกษาข้อ 8 ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยถังกรองประดิษฐ์ โดยเติมน้ำทิ้งครั้งละ 4 ลิตร ลงในถังกรองประดิษฐ์ ปล่อยน้ำเสียผ่านชั้นกรองจนหมด แล้วตรวจวิเคราะห์หาประสิทธิภาพการกำจัดออร์โทฟอสเฟต ไนเตรท-ไนโตรเจน แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ทำการทดลองซ้ำจนประสิทธิภาพในการบำบัดลดลงหรือคงที่ พร้อมทั้งวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้นก่อนและหลังการบำบัด

## ผลการทดลองและวิจารณ์

### 1. ศึกษาสภาพพื้นที่ที่ใช้ศึกษา

จากการสำรวจพื้นที่กักเก็บน้ำทิ้งที่ปล่อยจากหม้อต้มน้ำของโรงไฟฟ้า ลักษณะของบ่อพักน้ำเป็นบ่อปูนซีเมนต์สี่เหลี่ยมผืนผ้าแบ่งออกเป็น 2 บ่อติดกัน บ่อที่ 1 (Retention pond) เป็นบ่อพักน้ำทิ้งที่มาจากหม้อต้มน้ำอุตสาหกรรม และบ่อที่ 2 (Holding pond) เป็นบ่อพักน้ำทิ้งจากน้ำเสียที่เกิดจากการอุปโภคในพื้นที่โรงไฟฟ้า ขนาดความสูงของบ่อ 5 ม. กว้าง 20 ม. ยาว 25 ม. ความจุ 1000 ลบ.ม. ตั้งอยู่ในพื้นที่โล่งแจ้งในบริเวณของโรงไฟฟ้า การเกิดน้ำทิ้งจากหม้อต้มน้ำอุตสาหกรรมของโรงไฟฟ้าเป็นน้ำทิ้งจากหม้อต้มน้ำอุตสาหกรรม ที่เป็นส่วนหนึ่งในระบบการผลิตกระแสไฟฟ้า น้ำภายในหม้อต้มเมื่อใช้แล้วจะถูกส่งมาตามท่อไปยังบ่อพักน้ำ เพื่อรอการปรับสภาพและนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

### 1.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น

นำน้ำในบ่อพักน้ำไปตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำเบื้องต้นด้วยวิธีมาตรฐานของ APHA, AWWA and WEF (2005) [5] ได้ผลดังตารางที่ 1

น้ำในหม้อน้ำอุตสาหกรรมเมื่อออกจากระบบผลิตกระแสไฟฟ้า จะถูกปล่อยไปพักที่บ่อพักน้ำเพื่อปรับคุณภาพน้ำก่อนนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป โดยผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งเบื้องต้นได้ผลดังตารางที่ 1 พบว่าพีเอช บีโอดี ไนเตรท-ไนโตรเจน แอมโมเนีย-ไนโตรเจน และปริมาณคลอไรด์ II เอ สูงกว่าค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมฯ [4] และค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน [7] ยกเว้นมีซีโอดีต่ำกว่าค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมฯ [6]

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้นของน้ำทิ้งในบ่อกักน้ำของโรงไฟฟ้า

| พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์          | ผลวิเคราะห์   | ค่ามาตรฐาน*                    |
|----------------------------------|---------------|--------------------------------|
| พีเอช                            | 10.0          | 5.5 – 9.0*                     |
| ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (มก./ล.)     | 15.00 ± 1.00  | -                              |
| อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)          | 30.0 ± 2.0    | ไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส*       |
| บีโอดี (มก./ล.)                  | 23.00 ± 5.50  | ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร*   |
| ซีโอดี (มก./ล.)                  | 32.00 ± 00.00 | ไม่เกิน 120 มิลลิกรัมต่อลิตร*  |
| ออร์โธฟอสเฟต (มก./ล.)            | 0.57 ± 0.29   | น้อยกว่า 2 มิลลิกรัมต่อลิตร*   |
| แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มก./ล.)      | 280.65 ± 0.27 | ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร** |
| ไนเตรท-ไนโตรเจน (มก./ล.)         | 292.96 ± 2.69 | ไม่เกิน 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร** |
| คลอโรฟิลล์ เอ (ไมโครกรัมต่อลิตร) | 79.77 ± 0.62  | ไม่เกิน 10 ไมโครกรัมต่อลิตร*** |

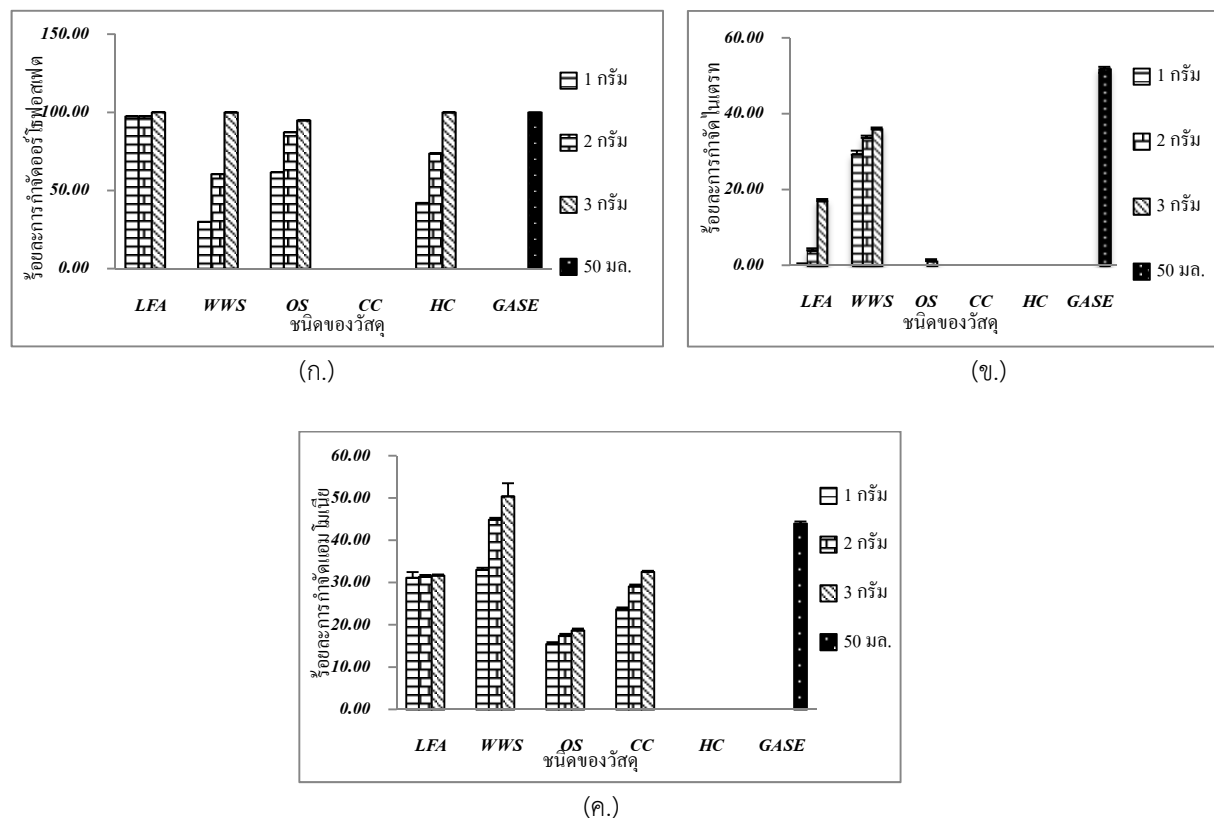
หมายเหตุ \* ค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรม และ  
เขตประกอบการอุตสาหกรรม [6]  
\*\* ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน [7]  
\*\*\* ค่าวิกฤตการเกิดยูโทรฟิเคชัน [8]

ยูโทรฟิเคชันเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดจากธาตุอาหารจำพวกไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมีมากเกินไปในแหล่งน้ำจนทำให้เกิดการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วของสาหร่ายเซลล์เดียวและพืชน้ำชนิดต่างๆ ทำให้น้ำมีสีที่เปลี่ยนไป ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะลดลงอย่างมากในช่วงกลางวัน โดยจากการศึกษาปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน [8] ได้ระบุว่าปรากฏการณ์นี้มักเกิดขึ้นกับแหล่งน้ำปิดที่มีเวลากักเก็บน้ำมากกว่า 20 วัน และมีรายงานค่าวิกฤตของการปนเปื้อนไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำเท่ากับ 0.05-0.2 มก./ล. และ 0.007-0.03 มก./ล. ตามลำดับ รวมถึงค่าคลอโรฟิลล์ เอ มากกว่า 10 ไมโครกรัมต่อลิตร ซึ่งจะเห็นว่าผลการวิเคราะห์น้ำเบื้องต้นของน้ำทิ้งในบ่อกักน้ำมีค่าออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ไนเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เกินค่าวิกฤตของการปนเปื้อนในน้ำที่เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน แสดงว่า น้ำในบ่อกักน้ำทิ้งหมักน้ำอุตสาหกรรมของโรงไฟฟ้าอยู่ในสภาพที่เกิดยูโทรฟิเคชันแล้ว และอยู่ในสภาวะ Hypertrophic เนื่องจากมีปริมาณออร์โธฟอสเฟตมากกว่า 0.130 มก./ล. และคลอโรฟิลล์ เอ มากกว่า 30 ไมโครกรัมต่อลิตร [9]

## 2. ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดออร์โธฟอสเฟต ไนเตรท และแอมโมเนียด้วยวัสดุ

วัสดุที่นำมาทำการกำจัดออร์โธฟอสเฟต ไนเตรท และแอมโมเนีย ส่วนใหญ่เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากภาคอุตสาหกรรมและวัสดุจากธรรมชาติได้แก่ แกลบอัดเม็ด (LFA) ตะกอนดินน้ำประปา (WWs) เปลือกหอยนางรมขาว

(OS) ถ่านกะลามะพร้าว (CC) น้ำสกัดเถ้าเปลือกหอยเชอรี่ (GASE) และวัสดุที่ได้จากการสังเคราะห์ไฮโดรทัลไซต์ (HC) โดยทำวิธีแบบตซ์ โดยซึ่งวัสดุแต่ละชนิดจำนวน 1, 2 และ 3 กรัมต่อน้ำทิ้งหมักตม 50 มล. และน้ำสกัดเถ้าเปลือกหอยเชอรี่ผสมกับน้ำทิ้งหมักตมในอัตราส่วน 1:1 (50 มล.: 50 มล.) ผลการทดลองการศึกษาเพื่อคัดเลือกชนิดของวัสดุต่างๆ ในการกำจัดออร์โธฟอสเฟต ไนเตรท และแอมโมเนียสรุปได้ว่าในการกำจัดออร์โธฟอสเฟต แกลบอัดเม็ด ตะกอนดิน เปลือกหอยนางรมขาว ไฮโดรทัลไซต์ ปริมาณอย่างละ 3 กรัม และน้ำสกัดเถ้าเปลือกหอยเชอรี่ในอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตรมีประสิทธิภาพในการกำจัดที่ดีที่สุด คือร้อยละ 100.00±0.00 ร้อยละ 100.00±0.00 ร้อยละ 94.87±0.02 ร้อยละ 100.00±0.00 และร้อยละ 100.00±0.00 ตามลำดับ การกำจัดไนเตรทพบว่าน้ำสกัดเถ้าเปลือกหอยเชอรี่ ตะกอนดิน 3 กรัม แกลบอัดเม็ด 3 กรัม มีประสิทธิภาพในการกำจัดไนเตรทที่ดีที่สุด คือร้อยละ 51.78±0.59 ร้อยละ 35.85±0.51 และร้อยละ 16.98±0.51 ตามลำดับ และจากการเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดไนเตรทของไฮโดรทัลไซต์จากการปรับพีเอชของน้ำทิ้งก่อนส่งผลให้ไฮโดรทัลไซต์ 1 กรัม สามารถกำจัดไนเตรทได้ถึงร้อยละ 34.41±0.59 และการกำจัดแอมโมเนียพบว่า ตะกอนดิน 3 กรัม น้ำสกัดเถ้าเปลือกหอยเชอรี่ ถ่านกะลามะพร้าว 3 กรัม แกลบอัดเม็ด 3 กรัม และเปลือกหอยนางรมขาว 3 กรัม มีประสิทธิภาพในการกำจัดที่ดีที่สุด คือ ร้อยละ 50.39±1.40, ร้อยละ 43.95±0.47, ร้อยละ 32.50±0.27, ร้อยละ 31.64±0.47 และร้อยละ 18.64±0.47 ตามลำดับ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ร้อยละการกำจัดออร์โธฟอสเฟต (ก.) ไนเตรท (ข.) และแอมโมเนีย (ค.) ของวัสดุชนิดต่างๆ

จากการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดออร์โธฟอสเฟต ไนเตรท และแอมโมเนียด้วยวัสดุ สรุปลการคัดเลือกวัสดุเพื่อทำการศึกษาในเรื่องของความสามารถใน

การกำจัด เพื่อหาช่วงความสามารถของการกำจัดออร์โธฟอสเฟต ไนเตรท และแอมโมเนียของวัสดุเหลือทิ้งจากภาคอุตสาหกรรมได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การคัดเลือกวัสดุที่ใช้ศึกษาความสามารถในการกำจัดออร์โธฟอสเฟต ไนเตรท และแอมโมเนีย

| ชนิดของวัสดุ | ความสามารถในการกำจัด |        |           |
|--------------|----------------------|--------|-----------|
|              | ออร์โธฟอสเฟต         | ไนเตรท | แอมโมเนีย |
| LFA          | ✓                    | -      | ✓         |
| WWS          | ✓                    | ✓      | ✓         |
| OS           | ✓                    | -      | -         |
| CC           | -                    | -      | ✓         |
| HC           | ✓                    | ✓      | -         |
| GASE         | ✓                    | ✓      | ✓         |

หมายเหตุ : ✓ คือได้รับการคัดเลือกเพื่อศึกษาความสามารถในการกำจัดออร์โธฟอสเฟต ไนเตรท และแอมโมเนีย

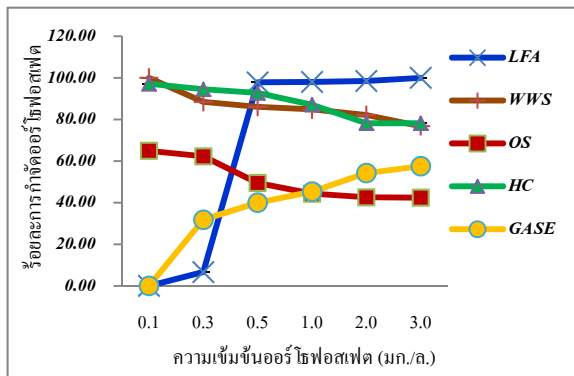
### 3. ศึกษาความสามารถในการกำจัดออร์โธฟอสเฟต ไนเตรต และแอมโมเนียด้วยวัสดุเหลือทิ้งที่คัดเลือกได้

นำวัสดุที่คัดเลือกได้จากตารางที่ 2 มาทดสอบโดยใช้ปริมาณวัสดุ LFA, WWS, OS, CC และ HC ชนิดละ 1 กรัม และ GASE 50 มล. ทดลองกับสารละลายออร์โธฟอสเฟต ไนเตรต และแอมโมเนียที่มีความเข้มข้นต่างๆ กัน ผลการศึกษา เถ้าลอยลิกไนต์มีร้อยละกำจัดฟอสเฟตได้ดีที่สุดดังรูปที่ 2 (ก) และความสามารถในการกำจัดเท่ากับ 0.15 มก./ก. ของเถ้าลอยลิกไนต์ รองลงมาคือ ตะกอนดินเท่ากับ 0.005 มล./ก. ของตะกอนดิน น้ำสกัดเถ้าเปลือกหอยเชอรี่มีร้อยละกำจัดไนเตรตได้ดีที่สุดดังรูปที่ 2 (ข) และความสามารถในการกำจัดเท่ากับ 1.00 มก./มล. ของน้ำสกัดเถ้าเปลือกหอยเชอรี่ รองลงมาคือตะกอนดินเท่ากับ 1.00 มก./ก. ของตะกอนดิน และเถ้าลอยลิกไนต์มีร้อยละกำจัดแอมโมเนียได้ดีที่สุด

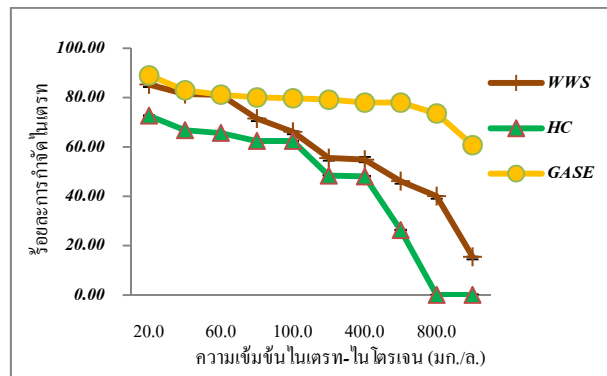
ดังรูปที่ 2 (ค) และความสามารถในการกำจัดเท่ากับ 30.00 มก./ก. ของเถ้าลอยลิกไนต์ รองลงมาคือ ถ่านกะลามะพร้าว เท่ากับ 30.00 มก./ก. ของถ่านกะลามะพร้าว

จากผลการทดลองข้างต้น นำมาพิจารณาการคัดเลือกวัสดุเพื่อทำหน้าที่เป็นชั้นดูดซับในคอลัมน์ได้ดังนี้

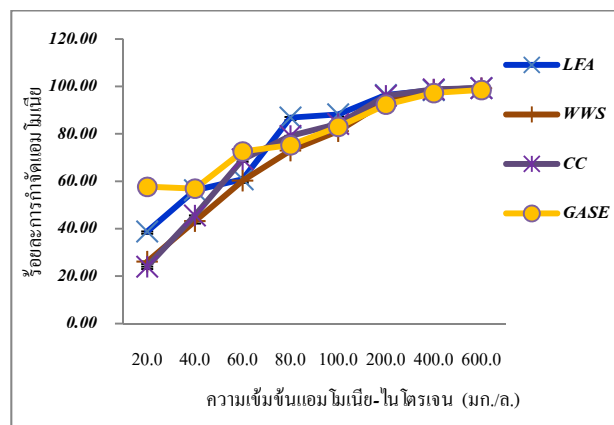
1. เถ้าลอยลิกไนต์ มีประสิทธิภาพในการกำจัดออร์โธฟอสเฟตและแอมโมเนียได้ดี เนื่องจากเถ้าลอยลิกไนต์มีองค์ประกอบที่สำคัญคือ ซิลิกอนออกไซด์ ( $\text{SiO}_2$ ) 40.89% แคลเซียมออกไซด์ ( $\text{CaO}$ ) 14.54% อะลูมินัมออกไซด์ ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 13.33% และมีปริมาณคาร์บอนสูง [10] ทำให้พื้นผิวมีประจุลบจึงดูดซับแอมโมเนียมไอออนได้ นอกจากนี้เถ้าลอยลิกไนต์ยังมีรูพรุนสูง และในรูพรุนมีประจุเป็นบวกเนื่องจากอะลูมิเนียมไอออนจึงทำให้ดูดซับออร์โธฟอสเฟตได้ นอกจากนี้ ออร์โธฟอสเฟตอาจตกตะกอนกับแคลเซียมไอออนได้



(ก.)



(ข.)



(ค.)

รูปที่ 2 ร้อยละการกำจัดออร์โธฟอสเฟต (ก.) ไนเตรต (ข.) และแอมโมเนีย (ค.) ด้วยวัสดุที่คัดเลือก

2. ตะกอนดินน้ำประปา มีประสิทธิภาพในการกำจัดออร์โทฟอสเฟต ไนเตรท และแอมโมเนีย ทั้งนี้ยังมีความสามารถในการลดค่าพีเอชของน้ำให้อยู่ในช่วง 7.5-8.0 ได้ เนื่องจากตะกอนดินน้ำประปามีองค์ประกอบของสารประกอบออกไซด์คือ  $\text{SiO}_2$  และ  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ทำให้พื้นผิวมีสภาพเป็นลบ มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกสูง จึงดูดซับแอมโมเนียมได้ และยังมีคุณสมบัติใกล้เคียงดินเหนียว มีโครงสร้างทางกายภาพเป็นรูพรุนมาก จึงสามารถดูดซับออร์โทฟอสเฟต ไนเตรท และตะกอนดินน้ำประปามีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 5.5-7.5 [11] จึงสามารถปรับค่าพีเอชของน้ำทิ้งได้

3. ไฮโดรทัลไซต์ มีประสิทธิภาพในการกำจัดออร์โทฟอสเฟต และไนเตรท เนื่องจากเป็นแร่ที่มีประจุบวกในโครงสร้างเกิดจากการแทนที่ของ  $\text{Mg}^{2+}$  โดย  $\text{Al}^{3+}$  ทำให้แร่ดังกล่าวสามารถเกิดการดูดซับไอออนประจุลบไว้ในช่องว่างระหว่างระนาบไฮดรอกไซด์ได้ และสามารถเกิดการแลกเปลี่ยนไอออนลบที่อยู่ในระนาบไฮดรอกไซด์กับไอออนลบที่อยู่ในสารละลายได้ [4]

4. น้ำสกัดเถ้าเปลือกหอยเชอรี่ มีประสิทธิภาพในการกำจัดออร์โทฟอสเฟต ไนเตรท และแอมโมเนีย เนื่องจากเปลือกหอยเชอรี่มีองค์ประกอบของคาร์บอนเนตเป็นหลัก และเมื่อเผาทำให้ได้ปูนกลุ่มไฮดรอกไซด์ ซึ่งได้แก่ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) และแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ( $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ) ที่ใช้ในการกำจัดไนเตรท ออร์โทฟอสเฟต และแอมโมเนีย [3]

#### 4. ผลการศึกษาลำดับของชั้นดูดซับที่มีผลต่อการลดปริมาณของออร์โทฟอสเฟต ไนเตรท และแอมโมเนีย

4.1 ลำดับชั้นดูดซับที่เหมาะสมต่อการลดค่าพีเอช ลดปริมาณออร์โทฟอสเฟต ไนเตรท และแอมโมเนีย

ออกแบบชั้นดูดซับในคอลัมน์แก้ว (6 cm.i.d x 39 cm.H) โดยคัดเลือกวัสดุที่ใช้ในการลดค่าพีเอช ออร์โทฟอสเฟต ไนเตรท และแอมโมเนีย จากข้อ 3 ทำการออกแบบชั้นดูดซับเป็น 2 ลักษณะ โดยอัตราส่วนของทรายต่อวัสดุดูดซับใช้ในอัตราส่วน 1:20 โดยน้ำหนัก เพราะเป็นอัตราส่วนที่มีอัตราการไหลที่เหมาะสมต่อการบำบัดน้ำทิ้ง [12] คอลัมน์ทั้ง 2 ลักษณะมีดังนี้

4.1.1 แบบชั้นดูดซับและชั้นกรองในคอลัมน์ที่ 1

ลำดับชั้นดูดซับและชั้นกรองจากชั้นล่างขึ้นบน จัดเรียงตามลำดับดังนี้ รองชั้นดูดซับด้วยฟองน้ำ และใช้ใยกรองสังเคราะห์ชั้นระหว่างชั้นดูดซับแต่ละชั้นสูงชั้นละ 1 ซม. ชั้นที่ 1 ทราย 80 กรัมต่อตะกอนดิน น้ำประปา 4 กรัม ชั้นที่ 2 ทรายหยาบปนทรายละเอียดสูง 6 ซม. ชั้นที่ 3 ทราย 60 กรัมต่อไฮโดรทัลไซต์ 3 กรัม ชั้นที่ 4 ทรายหยาบปนทรายละเอียดสูง 4 ซม. ชั้นที่ 5 ทราย 60 กรัมต่อเถ้าลอยลิกไนต์ 3 กรัม ชั้นที่ 6 หินสูง 5 ซม. ดังรูปที่ 3 (ก.)

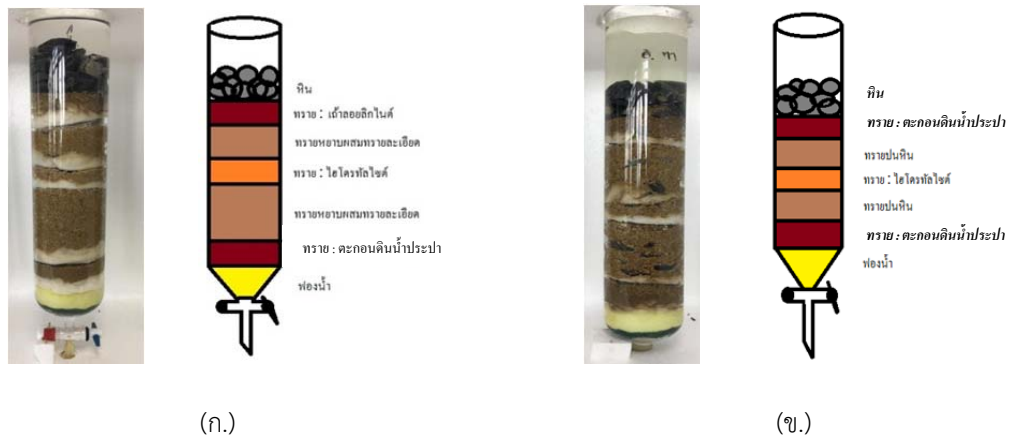
4.1.2 แบบชั้นดูดซับและชั้นกรองในคอลัมน์ที่ 2

ลำดับชั้นดูดซับและชั้นกรองจากชั้นล่างขึ้นบน จัดเรียงตามลำดับดังนี้ รองชั้นดูดซับด้วยฟองน้ำ และใช้ใยกรองสังเคราะห์ชั้นระหว่างชั้นดูดซับแต่ละชั้นสูงชั้นละ 1 ซม. ชั้นที่ 1 ทราย 80 กรัมต่อตะกอนดินน้ำประปา 4 กรัม ชั้นที่ 2 ทรายปนหินสูง 4 ซม. ชั้นที่ 3 ทราย 60 กรัมต่อไฮโดรทัลไซต์ 3 กรัม ชั้นที่ 4 ทรายปนหินสูง 4 ซม. ชั้นที่ 5 ทราย 80 กรัมต่อตะกอนดินน้ำประปา 4 กรัม ชั้นที่ 6 หินสูง 5 ซม. ดังรูปที่ 3 (ข.)

4.2 ผลศึกษาประสิทธิภาพของชั้นดูดซับและชั้นกรองในการลดค่าพีเอช และลดปริมาณออร์โทฟอสเฟต ไนเตรท และแอมโมเนีย

ทดสอบประสิทธิภาพการลดปริมาณของออร์โทฟอสเฟต ไนเตรท และแอมโมเนียของคอลัมน์ที่บรรจุชั้นดูดซับและชั้นกรอง 2 แบบในข้อ 4.1 การศึกษาใช้น้ำตัวอย่างใช้ 2 ชนิด ชนิดที่ 1 เป็นน้ำทิ้งหม้อต้มน้ำ ชนิดที่ 2 เป็นน้ำทิ้งหม้อต้มน้ำผสมกับน้ำสกัดเถ้าเปลือกหอยเชอรี่ผสมในอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร จากการศึกษาทำการตรวจวัดพีเอช และปริมาณออร์โทฟอสเฟต ไนเตรท และแอมโมเนียที่เหลืออยู่ในน้ำทิ้งหลังการบำบัดที่ถูกปล่อยออกจากคอลัมน์ทุกๆ 300 มล. การบำบัดน้ำในแต่ละวันจะทำได้ 600 มล. เนื่องจากพบปัญหาข้อจำกัดของเวลาในการเก็บน้ำ หลังจากนั้นแช่คอลัมน์ด้วยน้ำประปา เพื่อให้วัสดุได้รับการรีเจนเนอเรต การบำบัดน้ำทั้งผ่านคอลัมน์ 1 ครั้ง จะลดพีเอช ปริมาณออร์โทฟอสเฟต ไนเตรท และแอมโมเนียในน้ำทิ้งได้ในระดับหนึ่ง หากต้องการลดพีเอช ปริมาณออร์โทฟอสเฟต ไนเตรท และแอมโมเนียให้น้อยลงเพื่อเหมาะกับการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป ต้องให้น้ำไหลผ่านคอลัมน์อีกครั้งที่ 2 โดยผลจากการศึกษาประสิทธิภาพดังตารางที่ 3





รูปที่ 3 ลำดับชั้นดูดซับและชั้นกรองในคอลัมน์ที่ 1 (ก.) และคอลัมน์ที่ 2 (ข.)

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพการลดพีเอช ปริมาณออร์โธฟอสเฟต ไนเตรท และแอมโมเนียของชั้นดูดซับ และชั้นกรองในคอลัมน์ที่ 1 และ 2

| ตัวอย่างน้ำที่ใช้                              | พีเอช   | ออร์โธฟอสเฟต<br>(ร้อยละกำจัดที่ 0.3 ลิตร,<br>ร้อยละกำจัดที่ 2.4 ลิตร) | ไนเตรท-ไนโตรเจน<br>(ร้อยละกำจัดที่ 0.3 ลิตร,<br>ร้อยละกำจัดที่ 2.4 ลิตร) | แอมโมเนีย-ไนโตรเจน<br>(ร้อยละกำจัดที่ 0.3 ลิตร,<br>ร้อยละกำจัดที่ 2.4 ลิตร) |
|------------------------------------------------|---------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| น้ำทิ้งหม้อต้มน้ำ                              |         |                                                                       |                                                                          |                                                                             |
| คอลัมน์ที่ 1                                   | 7.8-9.5 | (100, 19.17)                                                          | (79.02, 0)                                                               | (90.37, 12.43)                                                              |
| คอลัมน์ที่ 2                                   | 7.3-8.5 | (99.13, 1.32)                                                         | (80.99, 20.62)                                                           | (95.26, 13.69)                                                              |
| น้ำทิ้งหม้อต้มน้ำผสมน้ำสกัดเห็ดเปลือกหอยเชอรี่ |         |                                                                       |                                                                          |                                                                             |
| คอลัมน์ที่ 1                                   | 6.9-7.9 | (99.09, 39.41)                                                        | (80.90, 0.78)                                                            | (99.39, 13.69)                                                              |
| คอลัมน์ที่ 2                                   | 6.2-7.7 | (98.93, 0.89)                                                         | (95.19, 28.20)                                                           | (99.63, 47.72)                                                              |

จากผลสรุปในตารางที่ 3 สรุปได้ว่า น้ำทิ้งหม้อต้มน้ำผสมน้ำสกัดเห็ดเปลือกหอยเชอรี่จะช่วยลดพีเอช ปริมาณออร์โธฟอสเฟต ไนเตรท และแอมโมเนียได้ในระดับหนึ่ง และผลจากการปล่อยน้ำไหลผ่านคอลัมน์ทั้ง 2 คอลัมน์ โดยตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำที่ปริมาตรน้ำไหลผ่านคอลัมน์เริ่มต้นที่ 0.3 ลิตร และปริมาตรน้ำไหลผ่านคอลัมน์ที่ 2.4 ลิตร ดังตารางที่ 3 พบว่าคอลัมน์ที่ 2 สามารถลดพีเอช ไนเตรท แอมโมเนียได้ดีกว่าคอลัมน์ที่ 1 และคอลัมน์ที่ 1 ลดปริมาณฟอสเฟตได้ดีกว่าคอลัมน์ที่ 1 โดยต่างกันเพียงร้อยละ 0.16 จึงเลือกคอลัมน์ที่ 2 มาทำการขยายขนาดลงถังกรอง

#### 5. ประดิษฐ์ถังกรองในระดับห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการลดพีเอช ปริมาณของออร์โธฟอสเฟต ไนเตรท และแอมโมเนีย

จากการศึกษาในข้อ 4 ได้ข้อสรุปว่าแบบบรรจุชั้นกรองในคอลัมน์ที่ 2 มีประสิทธิภาพดีกว่าคอลัมน์ที่ 1 จึงนำมาขยายสเกล ใส่ลงในถังขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 ซม. สูง 36 ซม. นำมาเจาะต่อท่อ PVC และวาล์วเปิด-ปิด ภายในบรรจุวัสดุชั้นกรองโดยมีชั้นเรียงลำดับจากชั้นล่างขึ้นบนของถังกรองดังนี้ รองรับชั้นดูดซับและชั้นกรองด้วยฟองน้ำ และใยใช้กรองสังเคราะห์ชั้นระหว่างชั้นดูดซับ

แต่ละชั้นสูงชันละ 1 ซม. ชั้นที่ 1 ทราวยหยาบ 2,020 กรัม ผสมตะกอนดินน้ำประปา 100 กรัม ชั้นที่ 2 ทราวยหยาบ ปนหิน 2,826 กรัม ชั้นที่ 3 ทราวยละเอียด 1,680 กรัม ผสม ไฮโดรทัลไซต์ 85 กรัม ชั้นที่ 4 ทราวยหยาบปนหิน 2,826 กรัม ชั้นที่ 5 ทราวย 2,020 กรัม ผสมตะกอนดินน้ำประปา 100 กรัม ชั้นที่ 6 หิน 3,532 กรัม ดังแบบจำลองรูปที่ 4

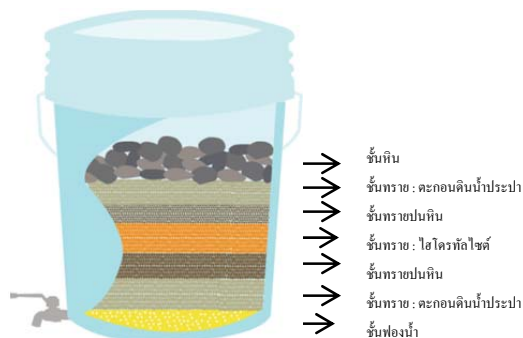
#### 5.1 ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยถังกรอง ประดิษฐ์

เติมน้ำทิ้งจากหม้อต้มน้ำอุตสาหกรรมผสมกับน้ำ สกัดกาแฟเลือกหอยเชอรี่ในอัตราส่วน 1:1 ครึ่งละ 4 ลิตร ลงในชั้นถังกรองประดิษฐ์ จากนั้นปล่อยน้ำทิ้งผ่านชั้นกรอง จนหมด แล้วทำการวนน้ำกลับเข้าสู่ระบบอีก 1 ครั้ง เพื่อ เพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัด เมื่อได้สารละลายใสจึง นำมาตรวจวิเคราะห์หาประสิทธิภาพการกำจัดออร์โ

ฟอสเฟต ไนเตรท และแอมโมเนีย จากผลการศึกษา ประสิทธิภาพพบว่าถังกรองสามารถลดพีเอช และการ กำจัดออร์โธฟอสเฟต ไนเตรท และแอมโมเนียได้สูงสุด 28 ลิตร โดยปรับพีเอชอยู่ในช่วง 6.4-7.9 ตลอดการบำบัด น้ำ 28 ลิตร ในการบำบัดครั้งแรกและครั้งสุดท้ายพบว่า สามารถลดปริมาณออร์โธฟอสเฟตร้อยละ 100 และ 49.23 ตามลำดับ ลดปริมาณไนเตรทได้ร้อยละ 98.78 และ 49.12 ตามลำดับ และลดปริมาณแอมโมเนียได้ ร้อยละ 100 และ 16.86 ตามลำดับ

#### 5.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งก่อนบำบัดและ หลังบำบัด

การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งเบื้องต้นก่อน บำบัดและหลังบำบัดด้วยถังกรองประดิษฐ์ ได้ผลดัง ตารางที่ 4



รูปที่ 4 ลักษณะของชั้นดูดซับและชั้นกรองภายในถังกรอง

#### ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งก่อนบำบัดและหลังบำบัด

| พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์             | ก่อนบำบัด | หลังบำบัด | ร้อยละการกำจัด |
|-------------------------------------|-----------|-----------|----------------|
| พีเอช                               | 9.5       | 6.3       | 33.68          |
| ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (มก./ล.)        | 15.00     | 6.00      | 60.00          |
| ออร์โธฟอสเฟต (มก./ล.)               | 2.24      | 0.01      | 99.55          |
| ไนเตรท-ไนโตรเจน (มก./ล.)            | 451.71    | 101.51    | 77.52          |
| แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มก./ล.)         | 248.66    | 50.95     | 79.51          |
| คลอโรฟิลล์ II เอ (ไมโครกรัมต่อลิตร) | 56.32     | 0.13      | 99.76          |

จากข้อมูลในตารางที่ 4 พบว่าน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดมีพีเอชเท่ากับ 6.3 ปริมาณออร์โธฟอสเฟตเท่ากับ 0.01 มก./ล. และปริมาณคลอโรฟิลล์ II เอ เท่ากับ 0.13 ไมโครกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่าค่าวิกฤตของน้ำที่เกิดยูโทรฟิเคชัน [8] แต่ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนเท่ากับ 101.51 มก./ล. และแอมโมเนีย-ไนโตรเจน 50.95 มก./ล. ซึ่งยังคงสูงกว่าเกณฑ์คุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน [7] จึงไม่สามารถปล่อยน้ำลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้ แต่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้ เช่น การรดน้ำต้นไม้โดยรอบโรงงานอุตสาหกรรม หรือพื้นที่ใกล้เคียงได้ เนื่องจากน้ำมีธาตุอาหารที่เหมาะสม คือไนเตรทและแอมโมเนีย ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการใช้ในการเจริญเติบโตของพืช

## สรุป

การศึกษาการลดธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในบ่อบำบัดน้ำทิ้งจากโรงไฟฟ้าด้วยการดูดซับและชั้นกรองพบว่าผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้นของน้ำในบ่อบำบัดของโรงไฟฟ้าพระนครเหนือ พารามิเตอร์ที่มีปัญหาทำให้ไม่สามารถนำน้ำไปใช้ประโยชน์และปล่อยทิ้งได้คือพีเอชเท่ากับ 10.0 ปริมาณออร์โธฟอสเฟต 0.57 มก./ล. ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน 280.65 มก./ล. ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน 292.96 มก./ล. ปริมาณคลอโรฟิลล์ II เอ 79.77 ไมโครกรัมต่อลิตร ซึ่งสูงกว่าค่าเกณฑ์มาตรฐานการศึกษาหาวิธีดูดซับโดยการทดลองแบบแบตช์ ผลการคัดเลือกวัสดุดูดซับเพื่อนำมาใช้ออกแบบชั้นดูดซับและชั้นกรองคือ ถ่านลอยลิกไนต์มีประสิทธิภาพกำจัดออร์โธฟอสเฟตและแอมโมเนีย ตะกอนดินน้ำประปา สามารถปรับพีเอชของน้ำ และมีประสิทธิภาพกำจัดออร์โธฟอสเฟตไนเตรท และแอมโมเนียเช่นเดียวกับน้ำสกัดถ่านเปลือกหอยเชอรี่ ไฮโดรทัลไซต์ มีประสิทธิภาพกำจัดออร์โธฟอสเฟตและไนเตรท

การศึกษาลำดับชั้นดูดซับและชั้นกรอง ได้ทำการออกแบบคอลัมน์ออกเป็น 2 รูปแบบ พบว่า สามารถบำบัดน้ำทิ้งได้ปริมาตร 2.4 ลิตร การปรับพีเอช คอลัมน์ที่ 2 มีประสิทธิภาพการปรับดีกว่าคอลัมน์ที่ 1 การลดปริมาณออร์โธฟอสเฟต คอลัมน์ที่ 1 ร้อยละกำจัดครั้งแรก 99.09 ดีกว่าคอลัมน์ที่ 2 การลดปริมาณไนเตรท คอลัมน์ที่ 2 ร้อยละกำจัดครั้งแรก 95.19 และการลดปริมาณแอมโมเนีย คอลัมน์ที่ 2 ร้อยละกำจัดครั้งแรก 99.63 ดีกว่าคอลัมน์ที่ 1

การศึกษาลำดับชั้นกรองประดิษฐ์ นำแบบลำดับชั้นดูดซับและชั้นกรองในคอลัมน์ที่ 2 ขยายสเกล ทำการศึกษาประสิทธิภาพการปรับพีเอช ลดปริมาณออร์โธฟอสเฟตไนเตรท และแอมโมเนีย พบว่าสามารถบำบัดน้ำได้ปริมาตร 2.8 ลิตร ปรับพีเอชของน้ำให้อยู่ในช่วง 6.4-7.9 ในการบำบัดครั้งแรกลดปริมาณออร์โธฟอสเฟตได้หมด กำจัดไนเตรทได้ร้อยละ 98.78 และกำจัดแอมโมเนียได้หมด เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำเบื้องต้นก่อนบำบัดและหลังบำบัด พบว่าพีเอชลดจาก 9.5 เป็น 7.9 ปริมาณออร์โธฟอสเฟตลดจาก 2.24 มก./ล. เป็น 0.01 มก./ล. คลอโรฟิลล์ II เอ ลดจาก 56.32 ไมโครกรัมต่อลิตร เป็น 0.13 ไมโครกรัมต่อลิตร ซึ่งต่ำกว่าค่าเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรม และค่าวิกฤตการเกิดยูโทรฟิเคชัน แต่ปริมาณไนเตรทและแอมโมเนียมีปริมาณสูงกว่าค่าคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินจึงไม่สามารถปล่อยน้ำลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้ ดังนั้น เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดควรนำน้ำไปใช้ประโยชน์ในด้านเกษตรกรรม เนื่องจากน้ำมีปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสม คือไนเตรทและแอมโมเนีย ซึ่งเป็นธาตุอาหารของพืชที่ใช้ในการเจริญเติบโต

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยเพื่อพัฒนาบัณฑิต คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Boney, A.D. 1975. Phytoplankton. London : Edward Arnold Ltd.
- [2] Clark, J.W., Viessman, jr. W. and Hamner, M.J. 1977. Water Supply and Pollution control. Harper & Ron Publisher, New York. 857.
- [3] Thitichaya Burirat Weerasak Suebsoh and Chanchainarong Songkasri. 2012. Removal of Nitrogen and Phosphorus from Septage by Using Golden Apple Shell Ash. Thesis. Mahasarakham University. (in Thai)
- [4] Chanon Dangsepon. 2016. Synthesis of Zeolite Y from Rice Husk Ash and Forming

- by Sintering Method for Pollutants Treatment in Municipal Wastewater. Thesis. Kasetsart University. (in Thai)
- [5] APHA, AWWA. and WEF. 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22<sup>nd</sup> ed. American Public Health Association, Washington, DC.
- [6] Pollution Control Department. 2559. Standard of Water and Wastewater from Industrial Estate and industrial zones. 'receive from' [http://www.pcd.go.th/info\\_serv/reg\\_std\\_water04.html#s1](http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water04.html#s1) (in Thai)
- [7] Pollution Control Department. 2537. Standard of Surface water. 'receive from' [http://www.pcd.go.th/info\\_serv/reg\\_std\\_water05.html](http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water05.html) (in Thai)
- [8] Narut Sahanavin and Jirawan Torit. 2012. Eutrophication. Journal of Faculty of Physical Education. Vol.15 (Supplement). Srinakharinwirot University. (in Thai)
- [9] National Eutrophication Monitoring Programme Design, Chapter 2, 2-5.
- [10] Worawut Matthayan, Sopa Visitsak and Khedari Joseph. 2010. Improvement of compressive strength for adobe block by using lime and palm oil ash. Proceedings of 49<sup>th</sup> Kasetsart University Annual Conference: Architecture and Engineering. 'receive from' [http://rdi.ku.ac.th/kasetresearch54/GroupEconomic/43-Worawut\\_mat/template.html](http://rdi.ku.ac.th/kasetresearch54/GroupEconomic/43-Worawut_mat/template.html). (in Thai)
- [11] Graham, V.J, R. Tavernler and D.H. Boalch. 1960. Multilingual Vocabulary of Soil Science. Land & Water Development Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- [12] Chadaporn Chanchamlar. 2016. Simple Filter Tank for Treatment of Basic Dyes in Synthetic Silk Dyeing Wastewater from Baan Pa Deang. Thesis. Kasetsart University. (in Thai)