

บทที่ 3

ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

3.1 วิธีการวิเคราะห์พารามิเตอร์การทดลองในงานวิจัย

พารามิเตอร์ต่างๆ วิเคราะห์ตามวิธีการทดลองจาก Standard Methods for the examination of water and wastewater 20th edition 1998

1. ความเข้มข้น COD (มิลลิกรัมต่อลิตร)
2. ความเข้มข้น SCOD (มิลลิกรัมต่อลิตร)
3. ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS) (มิลลิกรัมต่อลิตร)
4. ปริมาณของแข็งระเหยง่าย (VS) (มิลลิกรัมต่อลิตร)
5. ความเป็นกรด-ด่าง (pH)
6. สภาพความเป็นด่าง (Alkalinity) (มิลลิกรัมต่อลิตร)
7. ความเข้มข้นแอมโมเนียไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) (มิลลิกรัมต่อลิตร)

วิธีการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ มีรายละเอียดดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 วิธีการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์

| ตัวแปรวิเคราะห์ | วิธีวิเคราะห์ |
|------------------------|---|
| pH | Electronic pH meter with glass electrode method |
| COD | Standard Method 5220 (Close reflux) |
| SCOD | Standard Method 5220 (Close reflux) |
| $\text{NH}_3\text{-N}$ | Standard Method 4500- NH_3 (Titration) |
| TS | Standard Method 2540 (Dried 103-105 °C) |
| VS | Standard Method 2540 (Dried 500-600 °C) |
| Alkalinity | Standard Method 2320 (Direct Titration) |

3.2 ตะกอนที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

ตะกอนชีวภาพที่นำมาใช้ในการทำการทดลองเป็นตะกอนสดของบ่อรวมตะกอนที่ผ่านการบำบัดจากบ่อตกตะกอนของระบบน้ำเสียมาแล้วแต่ยังไม่ผ่านกระบวนการย่อยตะกอน ซึ่งจะทำการเก็บตะกอนน้ำเสียจากจุดรวบรวมตะกอนหรือบ่อรวมตะกอน (Final clarifier) ก่อนเข้าสู่ถัง

ย่อยตะกอนแบบไร้อากาศของโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม โดยทำการเก็บตัวอย่างตะกอนน้ำเสียแล้วนำมาแช่ไว้ในตู้แช่ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอทำการทดลอง

3.3 แผนการทดลอง

การทดลองเริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของตะกอนชีวภาพที่นำมาใช้ก่อนทำการทดลองเพื่อเป็นข้อมูลตั้งต้นในการเปรียบเทียบวิเคราะห์หาประสิทธิภาพการย่อยของตะกอนชีวภาพ จัดเตรียมและตรวจสอบชุดอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ในการทดลอง แล้วจึงเริ่มทำการทดลอง

3.3.1 นำตัวอย่างตะกอนมาวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้เป็นตัวแปรวิเคราะห์ผลในการทำงานวิจัยขึ้นนี้เพื่อเป็นพื้นฐานในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ

3.3.2 ทำการบำบัดขั้นต้นตะกอนชีวภาพตามวิธีที่เลือกใช้ในการทำงานวิจัย คือบำบัดขั้นต้นด้วยสารเคมีและความร้อนเพื่อหาสภาวะที่ดีที่สุดของแต่ละวิธีการบำบัดขั้นต้น โดยแยกทำการทดลองแต่ละวิธีบำบัดขั้นต้น แล้ววัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ หลังการบำบัดขั้นต้นทำการทดลองซ้ำเพื่อหาค่าเฉลี่ย เนื่องจากการเก็บตัวอย่างตะกอนมาทำการทดลองแต่ละครั้งค่าจะไม่เท่ากันทำให้ต้องวิเคราะห์ผลในรูปของร้อยละการเพิ่มและร้อยละการกำจัด

3.3.3 วิเคราะห์ค่าที่ได้มาแล้วเลือกวิธีการบำบัดขั้นต้นจากชุดการทดลองที่ให้ค่าการย่อยตะกอนได้ดีที่สุดมาทำการประเมินผล เลือกสภาวะที่ได้จากการทดลองแต่ละวิธีบำบัดขั้นต้น เพื่อหาประสิทธิภาพและสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดขั้นต้น โดยทำการทดลองบำบัดขั้นต้นด้วยสารเคมีและความร้อนร่วมกัน โดยทำการวิเคราะห์หาค่า VS และค่า SCOD ตามเทคนิคกระบวนการออกแบบการทดลองเพื่อเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพการย่อยตะกอนชีวภาพของระบบบำบัดน้ำเสียรวม

3.4 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

3.4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.4.1.1. ชุดควบคุมอุณหภูมิ (Thermostat 30 – 120 องศาเซลเซียส) พร้อมเทอร์โมมิเตอร์

3.4.1.2. เครื่องวัด pH และอุณหภูมิ

3.4.1.3. เต้าเผา ควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 550 ± 50 องศาเซลเซียส

3.4.1.4. ตู้อบ ควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 103 - 105 องศาเซลเซียส

3.4.1.5. เทอร์โมมิเตอร์

3.4.1.6. หลอดย่อยสลาย ขนาด 16 x 100 มิลลิเมตร ที่มีฝาเกลียวชนิดที่เอพีอี

3.4.1.7. เครื่องชั่งละเอียด ทศนิยม 4 ตำแหน่ง

3.4.1.8. ซีตติ้งบล็อก ลึก 45 – 50 มิลลิเมตรมีรูปพอดีกับหลอดย่อยสลายขนาด 16 x 100 มิลลิเมตร

3.4.1.9. บีกเกอร์ ขนาด 50, 250 และ 500 มิลลิลิตร

3.4.1.10. ชุดให้ความร้อน (หม้อต้มตะกอน เตาให้ความร้อน เทอร์โมมิเตอร์ และ ชุดควบคุมอุณหภูมิ) ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ชุดให้ความร้อน

3.4.1.11. เครื่องกวนผสม (Jar test) ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 เครื่องกวนผสม

3.4.1.12. จานระเหย

3.4.1.13. เครื่องอิงไอน้ำ

3.4.1.14. กระดาษกรอง Whatman GF/C เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.7 เซนติเมตร

3.4.1.15. เครื่องกรองบุคเนอร์ ความจุ 100 มิลลิลิตร

3.4.1.16. บิวเรต ขนาด 50 มิลลิลิตร

3.4.1.17. ตู้ดูดความชื้น

3.4.1.18. อุปกรณ์ยึดขวดซีโอดี

3.4.2 สารเคมีที่ใช้

3.4.2.1. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์

3.4.2.2. สารละลายมาตรฐานโปรตีนโคโรเมตสำหรับย่อยสลาย 0.1 นอร์มัล

3.4.2.3. สารละลายกรดซัลฟูริก

3.4.2.4. สารละลายเฟอร์โรซีน อินดิเคเตอร์

3.4.2.5. สารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต

3.4.2.6. สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์

3.4.2.7. สารละลายกรดและสารละลายต่าง 1 นอร์มัล

3.4.2.8. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 กรัมต่อลิตร

3.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

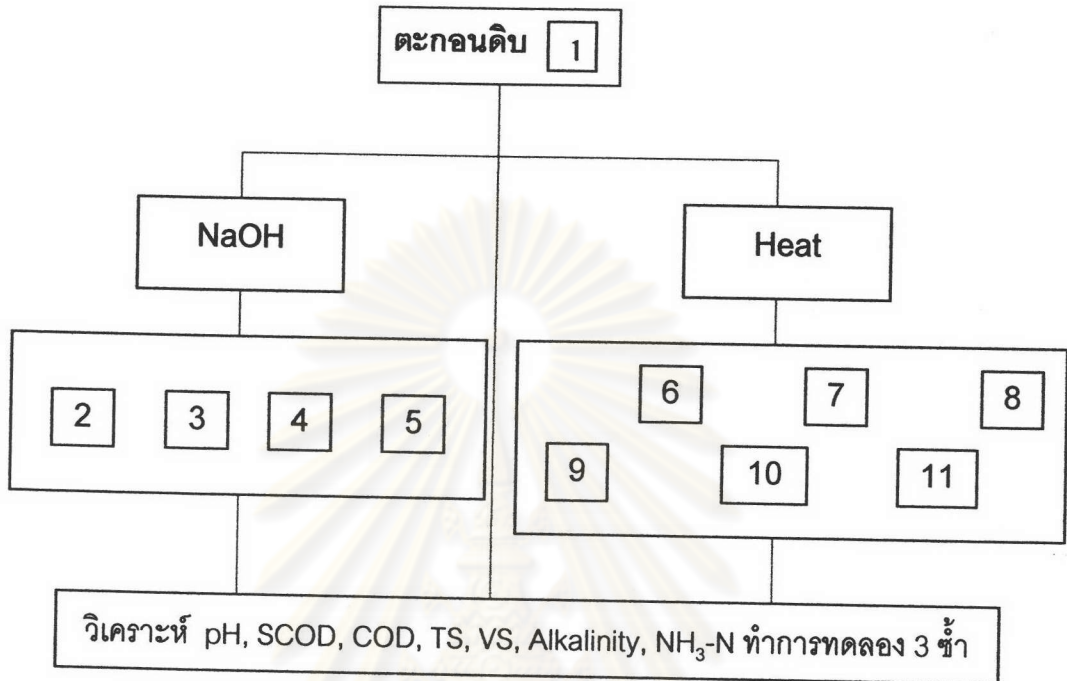
การศึกษานี้เป็นการวิเคราะห์หาวิธีการบำบัดขั้นต้นที่เหมาะสมของตะกอนน้ำเสียชุมชน ก่อนผ่านเข้าสู่กระบวนการย่อยแบบไร้อากาศ (Anaerobic digestion) ของระบบบำบัดน้ำเสีย โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม โดยนำตะกอนจุลินทรีย์จากบ่อพักตะกอนที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge : AS) ในการทดลองได้ทำการเก็บตัวอย่างตะกอนโดยใช้ กระบอกเก็บตัวอย่างน้ำที่ความลึกจากผิวน้ำลงไป 1 เมตร ปริมาณ 10 ลิตรเก็บรักษาตะกอนน้ำเสียในตู้แช่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สำหรับการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ก่อนทำการทดลองจะต้องนำตะกอนออกจากตู้แช่ ตั้งทิ้งไว้จนได้อุณหภูมิห้อง จากนั้นเข้าสู่ขั้นตอนการบำบัดขั้นต้นด้วยสารเคมีโซเดียมไฮดรอกไซด์ และด้วยความร้อน ใช้ตัวอย่างน้ำตะกอน ชุดการทดลองละ 250 มิลลิลิตร โดยแบ่งขั้นตอนในการดำเนินการทดลองออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

3.5.1 ขั้นตอนที่ 1 : หาคคุณสมบัติพื้นฐานของตะกอนดิบ

วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ pH, SCOD, COD, TS, VS, Alkalinity, NH₃-N ของ ตะกอนดิบ ตามแผนการทดลอง บันทึกค่าเพื่อศึกษาหาประสิทธิภาพในการย่อยสลาย

3.5.2 ขั้นตอนที่ 2 : หาปริมาณสารเคมีและอุณหภูมิที่เหมาะสม

ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาหาปริมาณสารเคมีและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการย่อยตะกอน ซึ่งการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ชุดการทดลอง ดังรายละเอียดรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ผังการทดลองขั้นตอนที่ 2

3.5.2.1 ทำการบำบัดขั้นต้นด้วยสารเคมี โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ความเข้มข้น 4 ค่าคือ 10, 20, 30 และ 40 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามตารางที่ 3.2 กวนสารเคมีกับตะกอนให้เข้ากันดีด้วยเครื่อง Jar test ที่รอบการกวน 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นทำการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการ

ตารางที่ 3.2 ชุดการทดลองเพื่อหาปริมาณสารเคมีที่เหมาะสม

| ชุดการทดลอง | ตัวอย่างตะกอน |
|-------------|-------------------------|
| 2 | ตะกอนดิบ + NaOH 10 mg/l |
| 3 | ตะกอนดิบ + NaOH 20 mg/l |
| 4 | ตะกอนดิบ + NaOH 30 mg/l |
| 5 | ตะกอนดิบ + NaOH 40 mg/l |

3.5.2.2 ทำการบำบัดขั้นต้นด้วยความร้อน ซึ่งในการทดลองนี้จะแบ่งการทดลองเป็น 6 ชุด ดังรายละเอียดในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ชุดการทดลองเพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสม

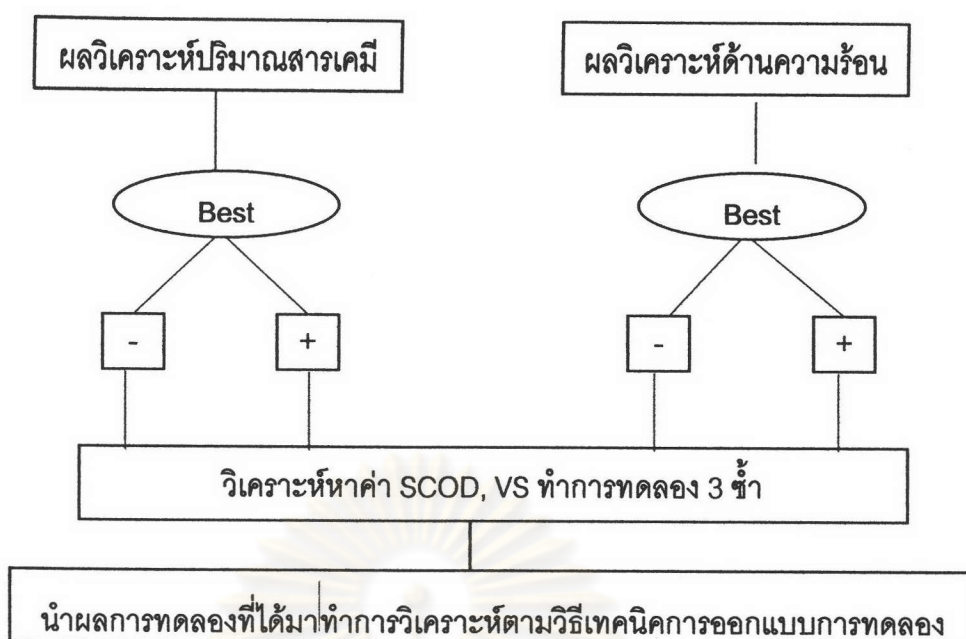
| ชุดการทดลอง | ตัวอย่างตะกอน |
|-------------|--|
| 6 | ตะกอนดิบ + Heat ที่ 35 °C เป็นเวลา 15 นาที |
| 7 | ตะกอนดิบ + Heat ที่ 60 °C เป็นเวลา 15 นาที |
| 8 | ตะกอนดิบ + Heat ที่ 90 °C เป็นเวลา 15 นาที |
| 9 | ตะกอนดิบ + Heat ที่ 35 °C เป็นเวลา 30 นาที |
| 10 | ตะกอนดิบ + Heat ที่ 60 °C เป็นเวลา 30 นาที |
| 11 | ตะกอนดิบ + Heat ที่ 90 °C เป็นเวลา 30 นาที |

3.5.3 ขั้นตอนที่ 3 : เทคนิคกระบวนการออกแบบการทดลอง

ขั้นตอนการทดลองนี้เป็นการศึกษาหาความสัมพันธ์ในรูปแบบการ เพื่อคู่อิทธิพลของตัวแปรต้น คือความร้อนและสารเคมี ต่อการถูกย่อยสลายตะกอน โดยทำการทดลองจากการเลือกชุดการทดลองที่ให้ผลการย่อยได้ดีที่สุดจากการทดลองในขั้นตอนที่ 2 มาทำการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ (SCOD และ VS) ตามรูปที่ 3.4 หลังจากได้ช่วงหรือชุดการทดลองที่ให้ค่าการย่อยได้ดีที่สุดแล้ว จากหัวข้อที่ 3.5.2 ให้นำช่วงนั้นมาทำการทดลองโดยแปรผันค่าใกล้เคียง 2 ค่า ทั้งนี้เพื่อให้เป็นการครอบคลุมในบริเวณรอบๆจุดที่ให้ค่าสถานะที่เหมาะสม ให้ผลการย่อยที่ดีและมีการใช้พลังงานหรือสารเคมีที่ไม่มากไม่น้อยเกินไป โดยมีรายละเอียดในตารางที่ 3.4 แล้วทำการวิเคราะห์หาค่าตัวแปรต่างๆ

ตารางที่ 3.4 ชุดการทดลองตามวิธีเทคนิคการออกแบบการทดลอง

| ชุดการทดลอง | ค่า y | การทดลอง |
|-------------|-------|--|
| A+C | y_1 | ตะกอนดิบ + ความร้อน (-5 °C) + NaOH (-5 mg/l) |
| B+C | y_2 | ตะกอนดิบ + ความร้อน (+5 °C) + NaOH (-5 mg/l) |
| A+D | y_3 | ตะกอนดิบ + ความร้อน (-5 °C) + NaOH (+5 mg/l) |
| B+D | y_4 | ตะกอนดิบ + ความร้อน (+5 °C) + NaOH (+5 mg/l) |



รูปที่ 3.4 ผังการทดลองขั้นตอนที่ 3

- เลือกวิธีการบำบัดขั้นต้นด้วยสารเคมีที่ให้ค่าการย่อยตะกอนได้ดีที่สุดมา 1 ค่าแล้วทำการแยกการทดลองเป็น
 - ลดปริมาณสารเคมี 5 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นการทดลองชุด A (-)
 - เพิ่มปริมาณสารเคมี 5 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นการทดลองชุด B (+)
- เลือกวิธีการบำบัดตะกอนด้วยความรื้อนที่ให้ค่าการย่อยตะกอนได้ดีที่สุดมา 1 ค่าแล้วทำการแยกการทดลองเป็น
 - ลดอุณหภูมิขึ้น 5 องศาเซลเซียส เป็นการทดลองชุด C (-)
 - เพิ่มอุณหภูมิลง 5 องศาเซลเซียส เป็นการทดลองชุด D (+)
 การทดลองชุด A-D ใช้ในขั้นตอนวิเคราะห์ด้วยวิธีเทคนิคออกแบบการทดลอง แล้วทำการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อหาค่าประสิทธิภาพการย่อยตะกอนที่ดีที่สุด โดยจะอยู่ในรูปของสมการความสัมพันธ์

จากนั้นทำการวิเคราะห์หาค่า VS และ SCOD แล้วดำเนินการทดลองตามแบบเทคนิคกระบวนการออกแบบการทดลองตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น เพื่อให้ได้สมการแสดงความสัมพันธ์ตามขั้นตอนดังนี้

 - วิเคราะห์ผลการทดลอง
 - คำนวณหาค่าผลกระทบหลักและผลกระทบร่วม
 - เขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ดังที่ได้กล่าวมาในบทข้างต้น
 - วิเคราะห์ค่าสมการ