บทที่ 3

วิธีทำการทดลอง

3.1 การออกแบบบ่อเลี้ยงปลา และระบบการไหลของน้ำเสียลงบ่อปลา

3.1.1 บ่อเลี้ยงปลา

บ่อเลี้ยงปลาสลิดที่ใช้ในการทดลอง สร้างขึ้นด้วยไม้เป็นโครงบ่อและแผ่นกระเบื้องเป็นผนังบ่อ โดยใช้แผ่นฟิล์มพลาสติกบุข้างในบ่อเพื่อกันน้ำซึมออกจากบ่อ บ่อทดลองมีจำนวน 6 บ่อ ประกอบด้วยบ่อใหญ่ 3 บ่อ แต่ละบ่อมีขนาดกว้าง 0.80 เมตร ยาว 1.50 เมตร ลึก 0.80 เมตร ซึ่งเป็นขนาดที่ย่อส่วนลงประมาณ 1,334 เท่าจากบ่อจริงที่ใช้เลี้ยงปลาสลิดขนาดกว้าง 40 เมตร ยาว 40 เมตร ลึก 1 เมตร ส่วนอีก 3 บ่อเป็นบ่อเล็ก แต่ละบ่อมีขนาดกว้าง 0.50 เมตร ยาว 0.60 เมตร ลึก 0.80 เมตร เป็นขนาดที่ย่อส่วนลงประมาณ 667 เท่าจากบ่อจริงที่ใช้เลี้ยงปลาสลิดขนาดกว้าง 10 เมตร ยาว 20 เมตร ลึก 1 เมตร โดยให้น้ำในบ่อมีระดับลึก 0.60 เมตร และขอบบ่อสูง 0.20 เมตร และแต่ละบ่อจะมีทางน้ำล้นออกในกรณีที่มีน้ำมากเกินไป ทั้งนี้เพื่อให้บ่อมีขนาดที่เป็นสัดส่วนเหมาะสมกับปริมาณน้ำเสียที่จะระบายลงบ่อและขนาดบ่อที่เลี้ยงจริงตามธรรมชาติ (การคำนวณการย่อส่วนของบ่อแสดงในภาคผนวก ก)

3.1.2 ระบบการไหลของน้ำเสียลงบ่อปลา

เพื่อให้สัมพันธ์กับสภาพความเป็นจริงคือ น้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนจะระบายลงสู่แหล่งน้ำตลอดเวลา ดังนั้นในการทดลองจึงต้องให้น้ำเสียไหลลงบ่อตลอดเวลาเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ยังเป็นการเติมสารอาหารซึ่งมีอยู่ในน้ำเสียอยู่แล้วสำหรับการเจริญเติบโตของแหนเป็ดด้วย ดังนั้นจึงกำหนดอัตราการไหลของน้ำเสียจากถังพักน้ำเสียลงสู่บ่อปลาสลิดให้แปรผันโดยตรงตามความสัมพันธ์ของอัตราการสูญเสียน้ำจากขบวนการระเหยของน้ำในบ่อเพื่อให้น้ำเสียไหลลงบ่ออย่างต่อเนื่องและรักษาระดับความลึกของน้ำในบ่อด้วย ทั้งนี้โดยถังพักน้ำเสียเพื่อรับน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนและเพื่อระบายน้ำเสียลงสู่บ่อทดลอง

ให้มีอัตราการไหลของน้ำเสียสัมพันธ์กับอัตราการสูญเสียของน้ำในบ่อ และสามารถควบคุมการไหลของน้ำเสียลงบ่อได้ประมาณ 0.064 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน หรือประมาณ 64 ลิตรต่อวันต่อ 6 บ่อ น้ำเสียจากถังพักน้ำเสียจะไหลตามท่อสายยางลงสู่บ่อแต่ละบ่อ โดยมีระบบควบคุมอัตราการไหลของน้ำเสียให้สัมพันธ์กับอัตราการสูญเสียของน้ำในบ่อดังได้กล่าวมาแล้ว (ระบบการไหลของน้ำเสียลงบ่อปลาแสดงในรูปที่ 3.1)

3.2 วัสดุอุปกรณ์

1. เครื่องชั่งน้ำหนักขนาดชั่งได้ประมาณ 1 - 2 กิโลกรัม
2. ไม้บรรทัด วัดความยาว
3. ถังพักน้ำเสีย จำนวน 1 ถัง
4. บ่อเลี้ยงปลาสลิด จำนวน 6 บ่อ

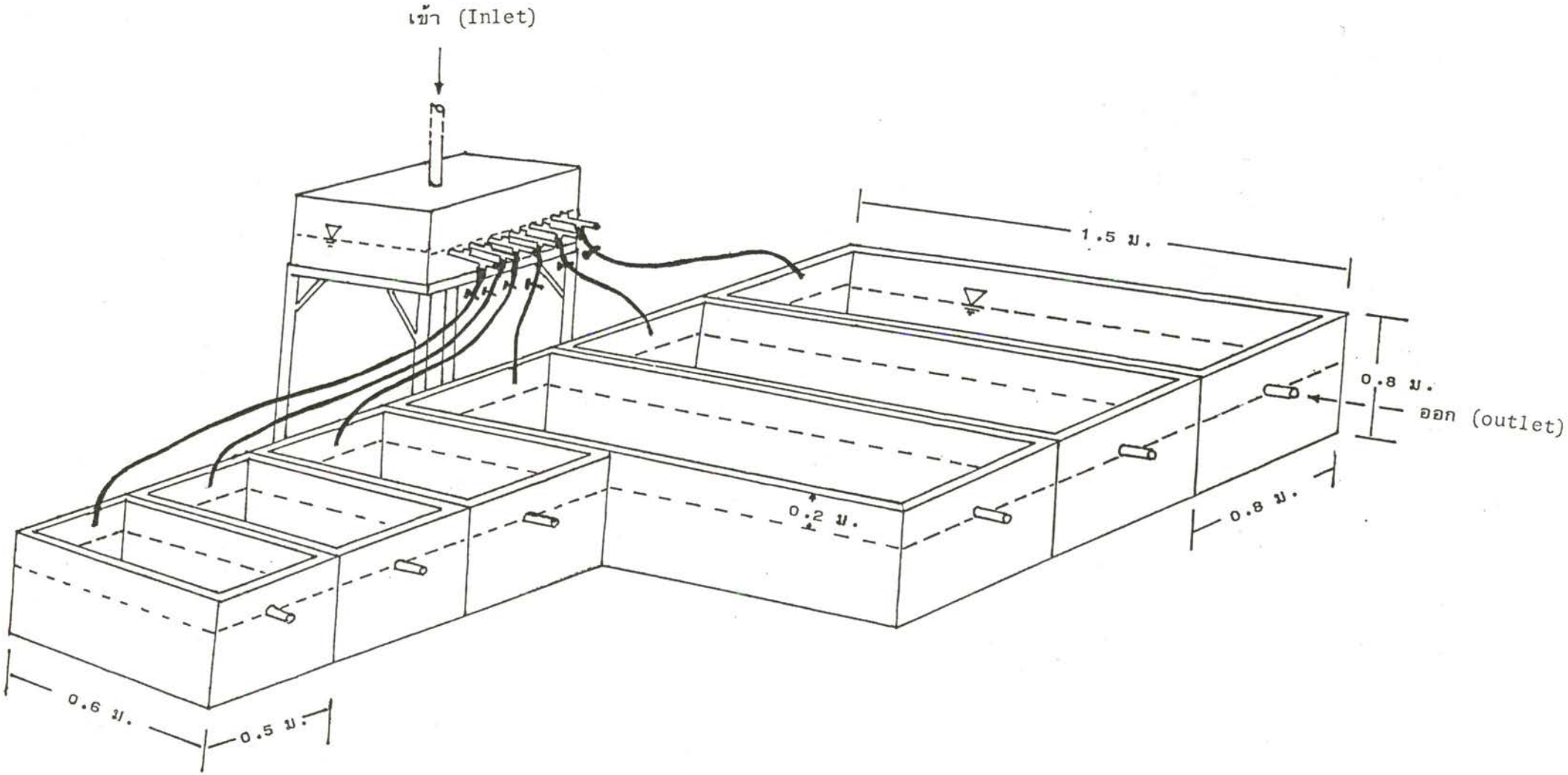
4.1 บ่อขนาดความกว้าง 0.80 เมตร ยาว 1.50 เมตร ลึก 0.80 เมตร จำนวน 3 บ่อ

4.2 บ่อขนาดความกว้าง 0.50 เมตร ยาว 0.60 เมตร ลึก 0.80 เมตร จำนวน 3 บ่อ

5. บ่อเลี้ยงแหนเป็ด จำนวน 1 บ่อ
6. อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำเสีย
7. สวิงช้อนปลา
8. กล้องจุลทรรศน์

3.3 สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

1. แหนเป็ดชนิด Spirodela polyrrhiza
2. ปลาสลิดชนิด Trichogaster pectoralis ประมาณ 60 ตัว น้ำหนักประมาณ 10 กรัมต่อตัว



รูปที่ 3.1 ระบบการไหลของน้ำเสียลงบ่อทดลอง

3.4 แนวทางและการดำเนินการทดลอง

3.4.1 แนวทางการทดลอง

1) วิเคราะห์น้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนจากแบบทดลอง เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงลักษณะสมบัติของน้ำเสีย ก่อนนำไปใช้เลี้ยงปลาสลิดชนิด Trichogaster pectoralis

2) ศึกษาการเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตของแหนเป็ด และปลาสลิดที่เลี้ยงในน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน

3) วิเคราะห์น้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาสลิด เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาสลิด

4) ศึกษาการกินอาหารของปลาสลิดขณะที่เลี้ยงในน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน โดยใช้แหนเป็ด ชนิด Spirodela polyrrhiza

3.4.2 การดำเนินการทดลอง

1) ระยะเวลาการทดลอง

ระยะเวลาดำเนินการทดลอง 8 เดือน โดยเริ่มทำการทดลองในเดือนพฤศจิกายน 2529 ถึงเดือนมิถุนายน 2530 (ภาคผนวก ก ตารางที่ ก-1 รูปที่ ก-1)

2) สถานที่ทดลอง

ทำการทดลองที่บริเวณซุมซนแฟลตห้วยขวาง โดยติดตั้งอุปกรณ์การทดลองในบริเวณที่ดำเนินการของระบบบำบัดน้ำเสียเคหะซุมซนห้วยขวาง (สถานที่ตั้งอุปกรณ์การทดลองแสดงในภาคผนวก ก. รูปที่ ก-2)

3) กำหนดดัชนีคุณภาพน้ำ

การกำหนดดัชนีคุณภาพน้ำ กำหนดขึ้นเพื่อศึกษาลักษณะสมบัติของน้ำเสียที่จะใช้เติมลงบ่อทดลองและลักษณะสมบัติของน้ำในบ่อทดลอง ดัชนีคุณภาพน้ำที่กำหนดขึ้น ได้แก่ พีเอช (pH) อุณหภูมิน้ำ (water temperature) ออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen : DO) บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD) ออร์กานิกไนโตรเจน (Organic Nitrogen : Org-N) แอมโมเนียไนโตรเจน (Ammonia Nitrogen : NO2-N) ไนไตรท์ไนโตรเจน (Nitrite Nitrogen : NO2-N) ไนเตรตไนโตรเจน (Nitrate Nitrogen : NO3-N) ไนโตรเจนรวมทั้งหมด (Total Nitrogen) ฟอสฟอรัสรวมทั้งหมด (Total Phosphorous : Total-P) ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Faecal Coliform Bacteria) และปริมาณจุลินทรีย์ (Micro-organism) ดังตารางที่ 3.1 (คำอธิบายดัชนีคุณภาพน้ำแสดงในภาคผนวก ข.)

4) วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

วิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ตามดัชนีคุณภาพน้ำต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้ว ใช้วิธีการตาม Standard Method 1980 ดังตารางที่ 3.1

5) วิธีการทดลอง

ก. การทดลองเบื้องต้น (Preliminary Test)

(1) การเจริญเติบโตของแหนเป็ดในบ่อน้ำเสีย

ศึกษาการเจริญเติบโตของแหนเป็ดชนิด S. polyrrhiza ในบ่อรับน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน โดยใส่แหนเป็ดที่ชั่งน้ำหนักแล้วลงในบ่อประมาณ 1/2 ของพื้นที่ผิวหน้าบ่อ และให้มีแสงแดดส่องถึง จากนั้นปล่อยทิ้งไว้ระยะเวลาหนึ่งจนแหนเป็ดเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนมากขึ้น จึงชั่งน้ำหนักของแหนเป็ดเป็นระยะ ๆ ทั้งนี้เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของแหนเป็ดในบ่อน้ำเสีย โดยวิธีการคำนวณเวลาของการเจริญเติบโตเพิ่มเป็นสองเท่า (Hung, 1982) ดังรายละเอียดในหน้า 27

ตารางที่ 3.1 ดัชนีคุณภาพน้ำและวิธีวิเคราะห์

ดัชนีคุณภาพน้ำ	วิธีวิเคราะห์
1. ความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช)	1. pH meter
2. อุณหภูมิน้ำ	2. Thermometer
3. ออกซิเจนละลาย	3. Azide Modification
4. บีโอดี	4. Standard Method 1980
5. ออร์กานิกไนโตรเจน	5. Kjeldahl Method
6. แอมโมเนียไนโตรเจน	6. Nesslerization
7. ไนโตรท์ไนโตรเจน	7. Spectrophotometric
8. ไนเตรตไนโตรเจน	8. Cadmium Reduction Method
9. ไนโตรเจนรวมทั้งหมด	9. ผลรวมของการวิเคราะห์ 5, 6, 7 และ 8
10. ฟอสฟอรัสรวมทั้งหมด	10. Persulfate Digestion and Stannous Chloride Method
11. ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย	11. Standard Method 1981
12. ปริมาณจุลินทรีย์	12. Standard Method 1981

หมายเหตุ : คำอธิบายดัชนีคุณภาพน้ำแสดงในภาคผนวก ข.
ลำดับที่ 7 Spectrophotometric by using N-(1-naphthyl)-ethylenediamine

$$G = \frac{t \times \log 2}{\log \frac{Wt}{Wo}}$$

G = เวลาของการเจริญเติบโตเพิ่มเป็นสองเท่า

t = จำนวนวัน

Wt = น้ำหนักของแหนเป็ด ในเวลา t

Wo = น้ำหนักของแหนเป็ดในเวลาเริ่มต้น

(2) การสูญเสียน้ำในบ่อเลี้ยงปลา

การสูญเสียน้ำในบ่อเลี้ยงปลาเกิดขึ้นได้จากขบวนการระเหยของน้ำเป็นส่วนมาก ดังนั้นในการทดลองจึงทำการศึกษาอัตราการสูญเสียของน้ำด้วย โดยการวัดระดับของผิวน้ำในบ่อในแต่ละวัน ทั้งนี้เพื่อควบคุมระดับของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาและควบคุมอัตราการไหลของน้ำเสียลงบ่อเลี้ยงปลาต่อไป อัตราการสูญเสียน้ำคำนวณได้ดังนี้

$$\text{อัตราการสูญเสียน้ำ} = \frac{\text{กว้าง} \times \text{ยาว} \times \text{ระดับน้ำที่ลดลง}}{\text{เวลา}}$$

(3) การกินอาหารของปลาสลิด

การทดลอง เพื่อดูพฤติกรรมการกินแหนเป็ดเป็นอาหารของปลาสลิด โดยงดให้อาหารปลาสลิดเป็นเวลาประมาณ 2 วัน จากนั้นจึงเริ่มให้แหนเป็ดเป็นอาหาร ทั้งนี้เพื่อให้ปลาสลิดเกิดความเคยชินกับการกินแหนเป็ดเป็นอาหาร ก่อนที่จะดำเนินการทดลองในขั้นต่อไป

เหตุผลที่เลือกใช้แหนเป็ดทดลองนั้น เนื่องจากแหนเป็ดเป็นพืชน้ำที่มีความเหมาะสมหลายประการ ดังนี้

- เจริญเติบโตอยู่บนผิวน้ำ จึงสามารถเก็บเกี่ยวขึ้นจากบ่อได้ง่าย และยังสร้างร่มเงาให้กับปลาสลิดได้เป็นอย่างดี

- อัตราการเจริญเติบโตสูง โดยเฉพาะเมื่อเพาะเลี้ยงในน้ำที่มีระดับสารอาหารสูง เช่น น้ำเสียชุมชน เป็นต้น

- เป็นพืชน้ำที่มีค่าปริมาณโปรตีนสูง เหมาะที่จะใช้เป็นอาหารของปลาสลิด

ข. การทดลองที่ 1 (Experiment 1)

ใช้บ่อเลี้ยงปลาขนาดกว้าง 0.8 เมตร ยาว 1.5 เมตร ลึก 0.8 เมตร จำนวน 3 บ่อ เติมน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนแล้วลงในบ่อทั้งสาม ให้มีระดับน้ำสูง 0.6 เมตร ซึ่งจะใช้น้ำเสียประมาณ 2.16 ลูกบาศก์เมตรต่อ 3 บ่อ แล้วใส่แหนเป็ดลงในบ่อให้คลุมพื้นที่ผิวบ่อ พร้อมทั้งปล่อยปลาสลิดลงบ่อจำนวน 12 ตัวต่อ 1 บ่อ (จำนวนปลาต่ำสุดที่ใส่ลงเลี้ยงในบ่อ ประมาณ 5 - 10 ตัวต่อพื้นที่ผิวหน้าบ่อ 1 ตารางเมตร เจียมจิตต์ บุญสม, 2525) ทั้งนี้ก่อนใส่แหนเป็ดและปลาสลิดลงบ่อ จะแช่ในน้ำยาด่างทับทิมเข้มข้น 1% เป็นเวลา 30 นาที เพื่อฆ่าเชื้อโรคที่อาจติดมากับแหนเป็ดและปลาสลิด

อัตราการไหลของน้ำเสียลงบ่อปลาสลิดจะแปรผันตามอัตราการสูญเสียของน้ำในบ่อ กล่าวคือ ในระหว่างการทดลองจะควบคุมให้น้ำเสียไหลลงบ่อทดลองโดยมีอัตราการไหลที่สัมพันธ์กับอัตราการสูญเสียของน้ำในบ่อ ทั้งนี้เพื่อให้น้ำเสียไหลลงบ่ออย่างต่อเนื่อง และควบคุมระดับน้ำในบ่อให้คงที่

ส่วนการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อและการศึกษาการกินอาหารของปลาสลิด รวมทั้งการเจริญเติบโตของแหนเป็ดนั้น ในระยะแรกจะศึกษาและวิเคราะห์คุณภาพน้ำวันเว้นวัน เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจนกระทั่งการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นคงที่หรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อย โดยดำเนินการศึกษาสัปดาห์ละ 1 ครั้ง เป็นอย่างน้อย (ดัชนีคุณภาพน้ำที่วิเคราะห์ แสดงในตารางที่ 3.1)

ในการศึกษาการเจริญเติบโตของปลาสลิด ดำเนินการโดยวิธีชั่งน้ำหนักปลา และวัดขนาดความยาวของปลา 2 สัปดาห์ต่อครั้ง รวมทั้งหาค่าความสัมพันธ์ในสภาพของความยาวและน้ำหนัก (Coefficient of condition) โดยหาค่าจากสูตร (Standard Method 1981) ดังนี้

$$K = \frac{W}{L^3} \times 10^5$$

เมื่อค่า

K = Coefficient of Condition

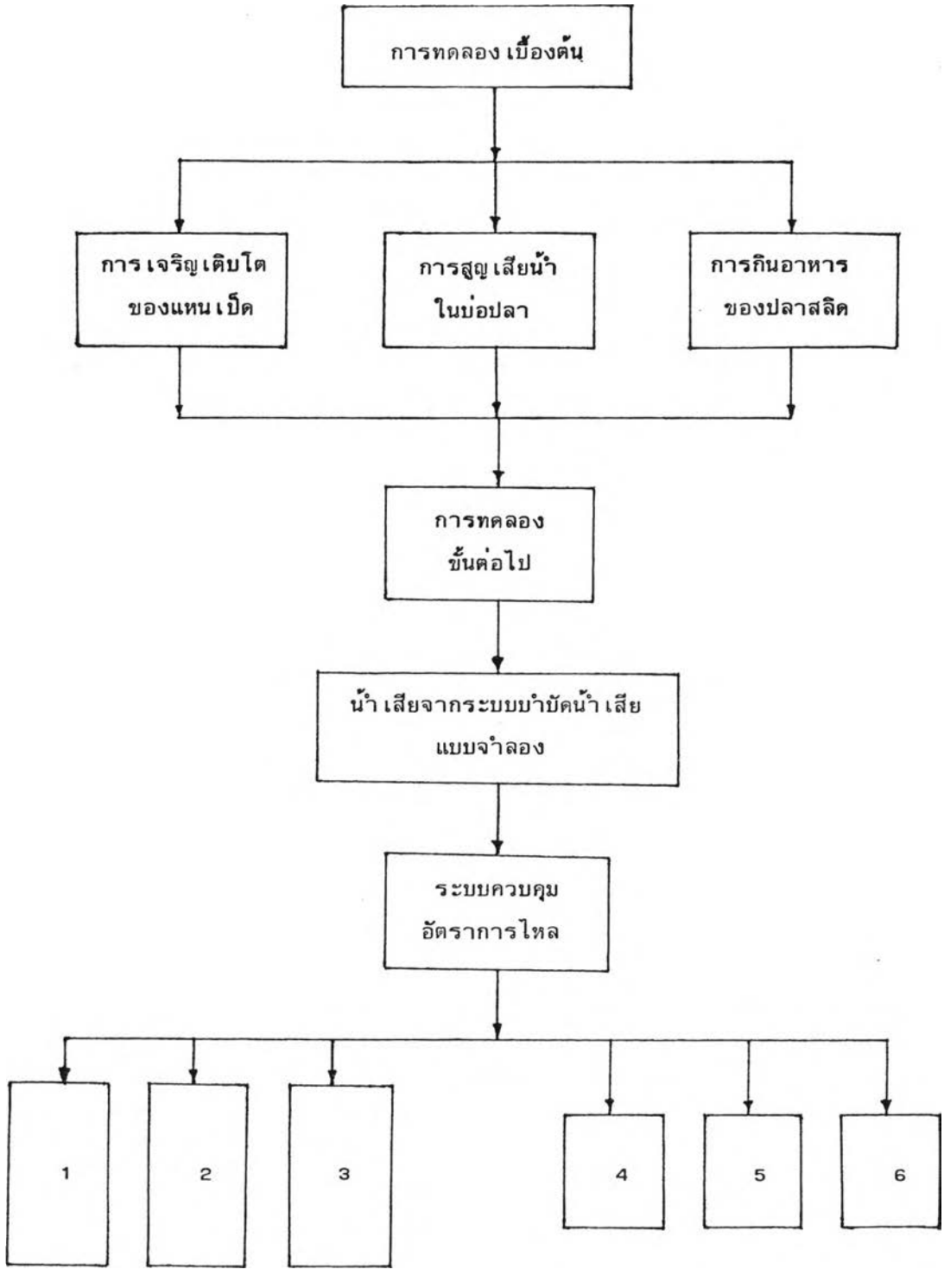
W = น้ำหนักของปลา (กรัม)

L = ความยาวสุดตัว (มิลลิเมตร)

ค. การทดลองที่ 2 (Experiment 2)

ใช้บ่อเลี้ยงปลาขนาดกว้าง 0.5 เมตร ยาว 0.6 เมตร ลึก 0.8 เมตร จำนวน 3 บ่อ เติมน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนแล้วลงในบ่อทั้งสาม ให้มีระดับน้ำสูง 0.6 เมตร ซึ่งจะใช้น้ำเสียทั้งหมดประมาณ 0.54 ลูกบาศก์เมตร ต่อ 3 บ่อ แล้วใส่แหนเป็ดลงในบ่อให้คลุมพื้นที่ผิวบ่อ พร้อมทั้งปล่อยปลาสลิดลงบ่อจำนวน 3 ตัว ต่อ 1 บ่อ ทั้งนี้ก่อนใส่แหนเป็ดและปลาสลิดลงบ่อจะแช่ในน้ำยาด่างทับทิมเข้มข้น 1% เป็นเวลา 30 นาที เพื่อฆ่าเชื้อโรคที่อาจติดมากับแหนเป็ดและปลาสลิด

ส่วนการควบคุมอัตราการไหลของน้ำเสียลงบ่อ การวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อ การศึกษาการกินอาหารของปลาสลิด รวมทั้งการศึกษาการเจริญเติบโตของแหนเป็ด จะดำเนินการทดลองเหมือนกับการทดลองที่ 1 (ดัชนีคุณภาพน้ำที่วิเคราะห์ แสดงในตารางที่ 3.1) ทั้งนี้ผังระบบในการดำเนินการทดลอง แสดงในรูปที่ 3.2 (ภาพแสดงบ่อทดลองแสดงในภาคผนวก ก. รูปที่ ก-3)



รูปที่ 3.2 ผังระบบในการดำ เนินการทดลอง