

การดำเนินการวิจัย

3.1 แผนงานวิจัย

การวิจัยนี้ดำเนินการที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยกำหนดแผนการวิจัยให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย ดังนี้

3.1.1 ตัวแปรในการทดลอง

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องกรองที่มีตัวกลางกรองแตกต่างกัน และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องกรองที่อยู่ภายในตู้เลี้ยงปลา กับ เครื่องกรองหินที่อยู่ภายนอกตู้เลี้ยงปลารวมถึงการศึกษาเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของปลาในตู้เลี้ยงปลา ดังนั้นจึงกำหนด อัตราการไหลของน้ำที่ผ่านเครื่องกรองให้เท่า ๆ กัน, ค่าออกซิเจนละลายน้ำในตู้เลี้ยงปลาทุกตู้จะให้ในปริมาณใกล้เคียงกัน โดยมีตัวแปรอิสระที่ทำการการศึกษา คือ

ปริมาณอาหารปลาที่จะให้ในตู้ ซึ่งจะคิดค่าความสกปรกในรูปของ ซีโอดี และเปลี่ยนแปลงปริมาณอาหารปลาทุกเดือน ตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงอาหารปลาตลอดการวิจัย

เดือน	ปริมาณอาหารต่อวัน (กรัม)
1	2
2	4
3	6
4	8

ตัวแปรตามที่ทำการศึกษา คือ

1. พีเอช (pH)
2. โออาร์พี (ORP)
3. ความเป็นด่าง (Alkalinity)
4. ความขุ่น (Turbidity)
5. ซีไอดี (Chemical Oxygen Demand)
6. แอมโมเนียไนโตรเจน ( $\text{NH}_3$  -N)
7. ไนไตรต์ไนโตรเจน ( $\text{NO}_2$  -N)
8. ไนเตรตไนโตรเจน ( $\text{NO}_3$  -N)
9. ความกระด้างทั้งหมด (Total Hardness)
10. สี (Color)
11. อุณหภูมิ (Temperature)
12. น้ำหนักเฉลี่ยของปลาในแต่ละตู้
13. ความยาวเฉลี่ยของปลาในแต่ละตู้

ตารางที่ 3.2 จะเป็นตารางแสดงตัวแปรเปลี่ยนตามที่ต้องการวิเคราะห์และวิธีที่ใช้วิเคราะห์

### 3.1.2 ลำดับการวิจัย

การวิจัยจะแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ การเตรียมการวิจัย และการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องกรองชนิดต่าง ๆ รวมถึงการเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของปลา

3.1.2.1 การเตรียมการวิจัย คือ การเตรียมตู้เลี้ยงปลาทอง ดำเนินการโดยจัดเตรียมตู้ปลาขนาดมาตรฐาน 60 X 30 X 30 ซม. จำนวน 4 ตู้ ติดตั้งเครื่องกรองหินภายในตู้ปลาลงในตู้เลี้ยงปลาตู้ที่ 1 ส่วนตู้ปลาตู้ที่ 2, 3, 4 ติดตั้งเครื่องกรองภายนอก คือ เครื่องกรองหินกรวด, เครื่องกรองหินปะการัง และเครื่องกรองหินกรวดผสมกัมมะถัน ตามลำดับ ภายในตู้เลี้ยงปลาทั้ง 4 ตู้ บรรจุหินกรวดขนาด 2-5 มม. รองพื้นตู้ปลาความหนาเฉลี่ยประมาณ 5 ซม. พร้อมทั้งบรรจุน้ำประปาที่กำจัดคลอรีนออกจากน้ำเรียบร้อยแล้ว ปริมาณ 54 ลิตร ในทุก ๆ ตู้เลี้ยงปลารวมถึงการใส่หัวลูกปลา หรือหัวให้อากาศแก่ตู้ปลา ทุกตู้ จำนวน 1 หัวต่อตู้ปลา เพื่อเป็นการเพิ่มออกซิเจนให้แก่ตู้ปลา ขั้นตอนต่อไปคือ การคัดเลือกปลาทองที่นำมาวิจัย กระทำโดยการเลือกปลาทองหลายหลากพันธุ์ อายุเฉลี่ยประมาณ 3 เดือน นำมาชั่งน้ำหนักและวัดความยาวของ

ตารางที่ 3.2 ตารางตัวแปรเปลี่ยนตามที่ต้องการวิเคราะห์ ความถี่ในการวิเคราะห์และวิธีที่ใช้วิเคราะห์

ตัวแปรเปลี่ยนตาม	น้ำประปา	น้ำในตู้ปลา	วิธีที่ใช้วิเคราะห์
1. DO/TEMPERATURE	A	B	DO METER
2. pH	A	B	pH METER
3. ORP	A	B	pH/ORP METER
4. Alkalinity	A	C	TITRIMETRIC METHOD
5. Turbidity	A	B	TURBIDITY METER
6. COD	A	C	CLOSED REFLUX
7. $\text{NH}_3\text{-N}$	A	C	PHENATED METHOD
8. $\text{NO}_2\text{-N}$	A	C	COLORIMETRIC METHOD
9. $\text{NO}_3\text{-N}$	A	C	CADMIUM REDUCTION METHOD
10. Total Hardness	A	C	EDTA METHOD
11. Color	A	B	VISUAL OBSERVATION METHOD AND COLOR TEST KIT
12. $\text{Cl}_2$	A	A	CHLORINE TEST KIT

A = วิเคราะห์เมื่อเริ่มการทดลองและเป็นครั้งคราวเมื่อมีการเติมน้ำทดแทน

B = วิเคราะห์ทุกวันจันทร์ ถึง วันศุกร์

C = วิเคราะห์ทุกวันจันทร์ พุธ ศุกร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ร่างกายปลาทอง เพื่อจัดสรรปลาทองเลือกปลาคู่เลี้ยงปลาทั้ง 4 คู่ ในจำนวน 7 ตัวต่อตู้ปลา ซึ่งขนาดของปลาทอง โดยเฉลี่ยทั้งน้ำหนักและความยาวของร่างกาย จะมีความใกล้เคียงกันทั้ง 4 คู่ ดังแสดงในตารางที่ 3.3

เมื่อคัดเลือกปลาทองที่จะนำมาวิจัยเสร็จสิ้น และปล่อยลงเลี้ยงในตู้เลี้ยงปลาทดลองทั้ง 4 คู่ ก็เริ่มการหาปริมาณอาหารที่เหมาะสมเริ่มต้นในการเลี้ยงปลาทอง โดยการชั่งน้ำหนักปริมาณอาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำ ในปริมาณเริ่มต้นจาก 0.5 กรัม, 1.0 กรัม, 1.5 กรัม, 2.0 กรัม, 2.5 กรัม ฯลฯ เพื่อทดสอบความต้องการอาหารของปลาทองที่เลี้ยงไว้ทั้ง 4 คู่ ซึ่งในการเลี้ยงปลาทองหรือปลาคู่ตัว ๆ ใบนั้น จะถือหลักเกณฑ์ที่ว่าอาหารปริมาณเหมาะสมกับปลาที่เลี้ยงไว้ นั่นคือ ปลาคู่กินหมดภายใน 15 นาที ผ่านไปหลังจากการให้อาหาร ดังนั้นจึงทำการทดสอบหาปริมาณอาหารที่เหมาะสมกับปลาทอง โดยนำอาหารที่ชั่งน้ำหนักไว้แตกต่างกัน เริ่มทดสอบจาก 0.5 กรัมก่อน และเปลี่ยนแปลงปริมาณอาหารไปจนพบว่าปริมาณอาหาร 2 กรัม นั้นคือปริมาณที่ดีที่สุดในการทดสอบ คือปลาทองที่เลี้ยงในตู้ปลาทุกตู้กินหมด ภายในเวลาเฉลี่ย 15 นาที ซึ่งรวมเวลาในการทดสอบเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ก่อนการทดลองวิจัยเก็บข้อมูล และภายในช่วงเวลานี้ ปลาทองทุกตู้สามารถปรับตัวกับสภาพแวดล้อมของตู้เลี้ยงปลา และอาหารที่ป้อนให้กินรวมทั้งเวลาในการป้อนอาหาร 2 เวลาต่อวัน คือ เวลา 9.00 นาฬิกา และ 18.00 นาฬิกา

อาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำที่ใช้ในการวิจัยนี้ เลือกใช้ยี่ห้อ นาดารี ซึ่งเป็นอาหารสำเร็จรูปมีโปรตีน 30% ขึ้นไป และนำเอาอาหารปลาที่มีมาหาค่าความสกปรกในรูปของซีไอดี โดยการนำเอาอาหารปลามาจำนวนหนึ่งบดให้ละเอียด และชั่งน้ำหนักอาหารปลาบดละเอียด ปริมาณ 10 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 1 ลิตร ในขวดวัดปริมาตรจนเข้ากันดีเป็นสารละลายเนื้อเดียวกัน และนำน้ำตัวอย่างไปหาค่าซีไอดี ตามวิธี Closed Reflux รายละเอียดข้อมูลแสดงในตารางที่ ก 13 ภาคผนวก ก. ได้ค่าซีไอดีของอาหารปลา คือใน 1 กรัม อาหารปลาให้ค่าซีไอดี 1,380 mg/L

เมื่อดำเนินการขั้นตอนต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นแล้ว จึงเริ่มต้นการวิจัยเก็บข้อมูลตัวแปรตามต่าง ๆ จนสิ้นสุดการวิจัย

3.1.2.2 การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องกรองชนิดต่าง ๆ ได้แก่การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพ การทำความสะอาดน้ำในตู้ปลาของเครื่องกรองภายในตู้ปลากับเครื่องกรองภายนอกตู้ปลาซึ่งเป็นเครื่องกรองหินทั้ง 4 ประเภทในการลดค่าซีไอดีของน้ำในตู้ปลา และ

ตารางที่ 3.3 แสดงค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก และความยาวของร่างกายปลาทองแรกเริ่มทดลอง

รายการ	ตัวที่ 1	ตัวที่ 2	ตัวที่ 3	ตัวที่ 4
1. น้ำหนักของปลาทอง (กรัม)				
1.1 ปลาทองตัวที่ 1	6.0	5.0	5.0	5.5
1.2 ปลาทองตัวที่ 2	9.5	11.0	14.0	9.0
1.3 ปลาทองตัวที่ 3	9.0	9.0	12.6	12.0
1.4 ปลาทองตัวที่ 4	14.0	16.0	17.7	15.5
1.5 ปลาทองตัวที่ 5	15.5	11.5	15.0	8.0
1.6 ปลาทองตัวที่ 6	13.0	18.0	10.0	18.0
1.7 ปลาทองตัวที่ 7	14.5	12.0	6.7	13.0
น้ำหนักรวมของปลาทอง (กรัม)	81.5	82.5	81.0	81.0
น้ำหนักเฉลี่ยของปลาทอง (กรัม)	11.64	11.78	11.57	11.57
2. ความยาวของปลาทอง (ซม.)				
2.1 ปลาทองตัวที่ 1	7.0	6.0	6.0	6.0
2.2 ปลาทองตัวที่ 2	6.0	7.0	9.0	7.0
2.3 ปลาทองตัวที่ 3	8.0	7.0	6.0	6.0
2.4 ปลาทองตัวที่ 4	9.0	10.0	10.0	9.0
2.5 ปลาทองตัวที่ 5	10.0	7.0	9.0	8.0
2.6 ปลาทองตัวที่ 6	6.0	10.0	8.0	10.0
2.7 ปลาทองตัวที่ 7	9.0	8.0	7.0	9.0
ความยาวของปลาทอง (ซม.)	55.0	55.0	55.0	55.0
ความยาวเฉลี่ยของปลาทอง (ซม.)	7.86	7.86	7.86	7.86



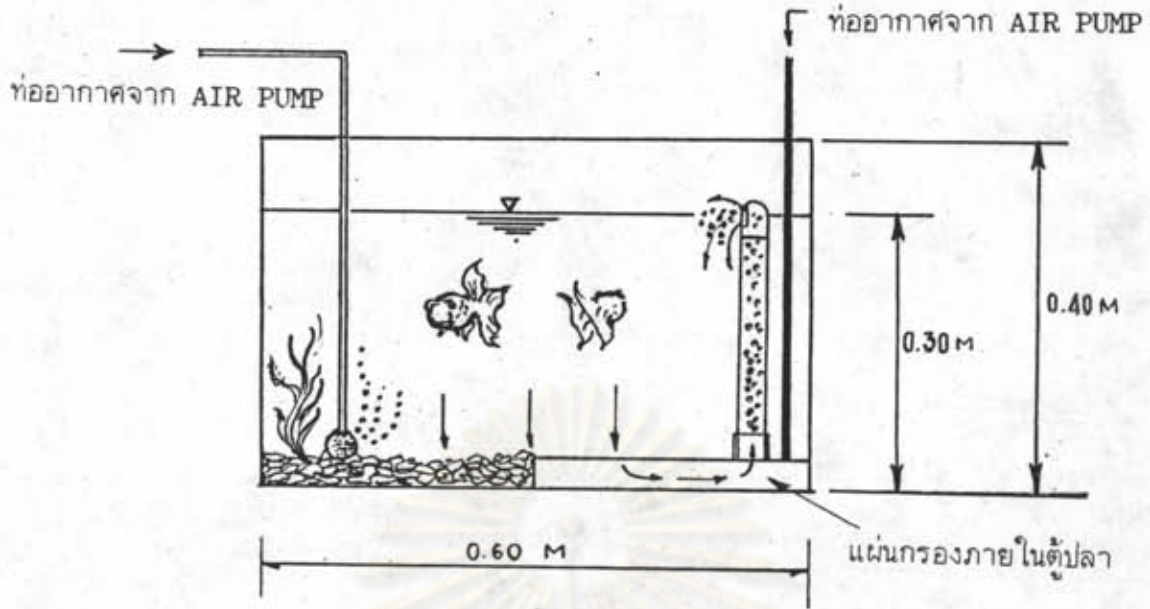
การลดสารอนินทรีย์ ไนโตรเจนในรูป  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$  ของน้ำในตู้เลี้ยงปลาระหว่างเครื่องกรองหินทั้ง 4 ประเภท รวมถึงการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของปลาทองในตู้เลี้ยงปลาตลอดการวิจัย

### 3.2 วัสดุและอุปกรณ์ในการวิจัย

3.2.1 ตู้ปลาขนาดมาตรฐาน 60 x 30 x 30 ซม. ซึ่งเป็นตู้ปลาที่ทำมาจากแผ่นกระจกใสหนา 6 มม. ชั้นรูปเป็นตู้ปลารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ติดกรอบพลาสติกตามขอบมุมเพื่อความแข็งแรง และจะใช้เป็นแหล่งน้ำเลี้ยงปลาในงานวิจัยนี้มีจำนวนทั้งหมด 4 ตู้ โดยทุก ๆ ตู้จะบรรจุด้วยน้ำประปาที่ติดตั้งไว้พร้อมการเป่าอากาศจากเครื่องให้อากาศหรือแอร์บัมเพื่อไล่คลอรีนออกจากน้ำประปาเป็นเวลา 2 วัน ปริมาณน้ำในตู้เลี้ยงปลาทุกตู้คือ 54 ลิตร

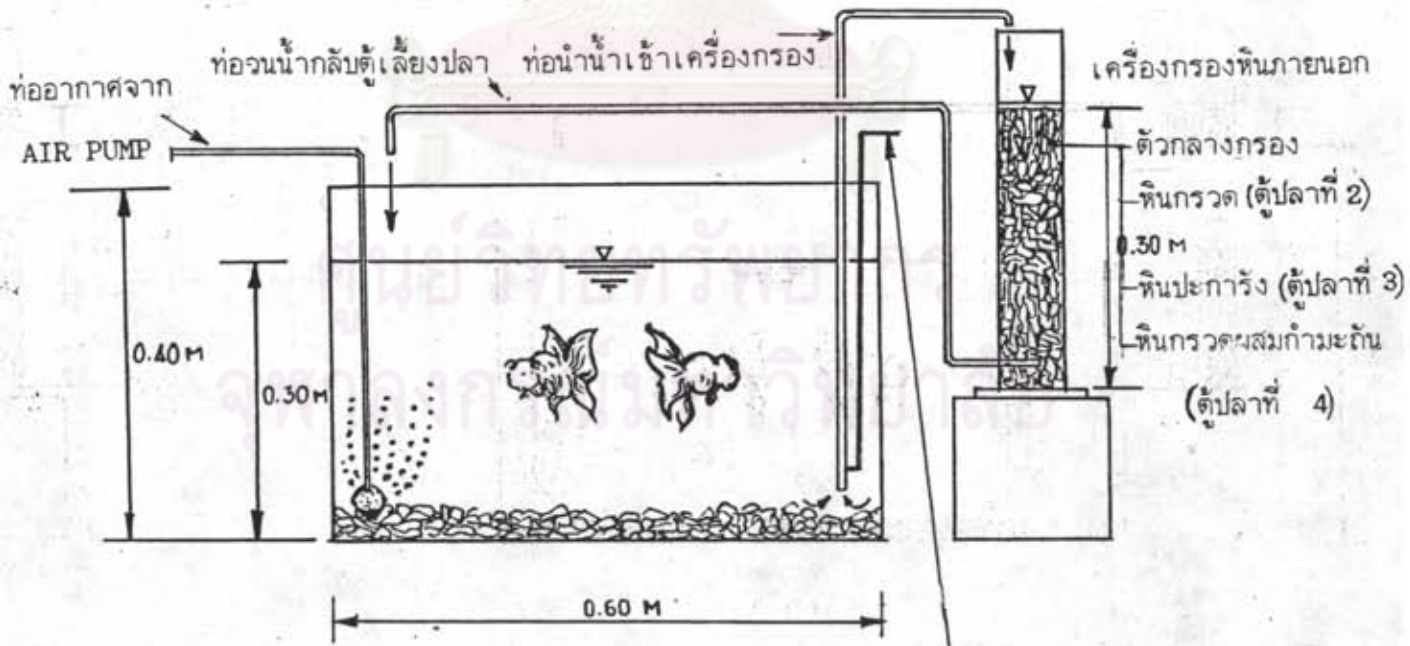
3.2.2 หินกรวดรองพื้นตู้เลี้ยงปลาทั้ง 4 ตู้ คัดขนาด 2-5 มม. วางเรียงตัวให้ลาดเอียงจากด้านหลังของตู้ปลามาด้านหน้าตู้ปลาโดยความหนาเฉลี่ยประมาณ 5 ซม. และกำหนดใช้หินน้ำประดับตู้ปลาเป็นหินน้ำเทียมทำมาจากพลาสติก รวมทั้งในแต่ละตู้เลี้ยงปลาจะมีหัวลูกฟูกหรือหัวเป่าให้อากาศจากเครื่องให้อากาศจำนวน 1 หัว เพื่อให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำแก่ตู้เลี้ยงปลาในจำนวนที่เพียงพอต่อการดำรงชีพของปลาที่เลี้ยงไว้

3.2.3 เครื่องกรองหินภายในตู้ปลา จะประกอบด้วย แผ่นกรองใต้น้ำ (filter plate) ทำจากแผ่นพลาสติกเจาะรูไว้ทั่วแผ่น ขนาดความกว้างยาวเท่ากับพื้นที่หน้าตัดของตู้เลี้ยงปลา ท่อส่งน้ำทำจากท่อพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 ซม. ความสูง 30 ซม. ทำหน้าที่ส่งน้ำที่ผสมกับฟองอากาศวนกลับสู่ผิวน้ำด้านบนตู้เลี้ยงปลา ท่ออากาศเป็นท่อพลาสติกขนาด 3 มม. ทำหน้าที่เป็นท่อนำอากาศมาจากเครื่องให้อากาศ (Air pump) เพื่อให้เกิดฟองอากาศผสมกับน้ำ หินกรวดกรวดคัดขนาด 2-5 มม. วางเรียงตัวเหนือแผ่นกรองใต้น้ำความหนาเฉลี่ย 5 ซม. รายละเอียดแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงตู้ปลาที่มีเครื่องกรองภายใน

3.2.4 เครื่องกรองหิน ภายนอกตู้ปลา จะประกอบด้วย ท่อพลาสติกพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 ซม. (4 นิ้ว) ความสูง 50 ซม. มีท่อพลาสติกพีวีซีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.25 ซม. (1/2 นิ้ว) เป็นท่อนำน้ำจากตู้เลี้ยงปลาไปยังเครื่องกรอง, ท่อรับน้ำที่ผ่านการกรองแล้ววนกลับสู่ตู้เลี้ยงปลา, ท่อน้ำล้น ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงตู้ปลาที่มีระบบเครื่องกรองภายนอก

### 3.2.5 ตัวกลางกรองในเครื่องกรองชนิดต่าง ๆ คือ

3.2.5.1 ตัวกลางหินกรวดขนาด 0.3-0.5 ซม. บรรจุในเครื่องกรองของตู้เลี้ยงปลาตู้ที่ 2 ความหนาของชั้นกรอง 30 ซม.

3.2.5.2 ตัวกลางหินปะการังขนาด 0.3-1.0 ซม. บรรจุในเครื่องกรองตู้เลี้ยงปลาตู้ที่ 3 ความหนาของชั้นกรอง 30 ซม.

3.2.5.3 ตัวกลางหินกรวดผสมกำมะถันขนาด 0.3-0.5 ซม. บรรจุในเครื่องกรองตู้เลี้ยงปลาตู้ที่ 4 ความหนาของชั้นกรอง 30 ซม. โดยใช้อัตราส่วนของหินกรวดต่อกำมะถันเท่ากัน

### 3.2.6 วัสดุและอุปกรณ์วิจัยอื่น ๆ ในการวิจัยครั้งนี้

เครื่องให้อากาศจะเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเพิ่มออกซิเจนละลายน้ำในตู้เลี้ยงปลา และเป็นตัวช่วยในการยกน้ำจากตู้เลี้ยงปลาตู้ที่ 2, 3, 4 มากรองผ่านเครื่องกรองหินเป็นเครื่องให้อากาศยี่ห้อ NATIONAL รุ่น VS-40 สามารถให้อากาศในปริมาณ 40 ลิตร/นาที ความดันที่จ่ายให้ 0.1 กก./ซม.<sup>2</sup>

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย