รายงานการวิจัย

แนวทางการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียและการควบคุมด้วยระบบติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำออนไลน์สำหรับระบบน้ำหมุนเวียนในการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล

Guideline for Development Wastewater Treatment and Control by On-Line Water Quality Monitoring System for Reclaim Water in Marine Shrimp Culture

เอนก สาวะอินทร์ Aneak Sawain

กัตตินาฏ สกุลสวัสดิพันธ์ Kattinat Sagulsawasdipan

กันย์สินี พันธ์วนิชดำรง Kansinee Panwanitdumrong

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณแผ่นดิน พ.ศ. 2560

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้การสนับทุนวิจัยงบประมาณแผ่นดิน พ.ศ. 2560 ซึ่งสามารถนำผลงานวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้งานสำหรับการพัฒนาทางด้านการเพาะเลี้ยงกุ้งต่อไปได้ในอนาคต อันจะเป็นแนวทางในการก้าวไปสู่เกษตรกรในศตวรรษที่ 21

ขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง ในการสนับการดำเนินงานวิจัย ทั้งในส่วนของสถานที่สำหรับดำเนินการทดลอง การอำนวยความสะดวก และ คำแนะนำทางด้านเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงวิจัย ของเจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบ

ขอขอบคุณ ผู้ทรงคุณวุฒิสำหรับข้อเสนอแนะ ทั้งในส่วนของการรายงานความก้าวหน้า การจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์ จนงานวิจัยนี้สามารถดำเนินการสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ และ สามารถนำข้อเสนอแนะที่ได้รับไป ปรับปรุง แก้ไข และ พัฒนางานวิจัยต่อไปในอนาคต

เอนก สาวะอินทร์
กัตตินาฏ สกุลสวัสดิพันธ์
กันย์สินี พันธ์วนิชดำรง
สิงหาคม 2561

แนวทางการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียและการควบคุมด้วยระบบติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำออนไลน์สำหรับระบบน้ำหมุนเวียนในการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล

เอนก สาวะอินทร์[1] กัตตินาฏ สกุลสวัสดิพันธ์[1] และ กันย์สินี พันธ์วนิชดำรง[2]

บทคัดย่อ

ผลจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งพารามิเตอร์ต่าง ๆ ทำให้ทราบถึงผลกระทบที่เกิดจากการสะสมของตะกอนในบ่อเลี้ยงกุ้ง มีอิทธิพลอย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในระหว่างทำการเลี้ยง เนื่องจากตะกอนส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์จึงเกิดการย่อยสลายจนทำให้น้ำเน่าเสียได้หากปล่อยทิ้งไว้เป็นระยะเวลานาน ส่งผลกระทบทำให้น้ำเกิดความสกปรกจากการเสื่อมสภาพลงของตะกอนที่สะสมอยู่ภายในบ่อ การทดสอบการบำบัดน้ำเสียสำหรับแยกตะกอนโดยใช้บ่อตกตะกอนและ ถังกรองทราย พบว่าถังกรองทรายมีความเหมาะสมมากกว่าสำหรับนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงกุ้ง เนื่องจากเมื่อมีการสะสมตะกอนในบ่อตกตะกอนมากขึ้นจะเกิดการย่อยสลายและส่งผลต่อคุณภาพน้ำ ในขณะที่ถังกรองทรายสามารถแยกตะกอนที่ติดค้างอยู่บนผิวหน้าชั้นทรายได้ง่าย ทั้งนี้ผลจากการดำเนินงานวิจัยร่วมกับการพัฒนาชุดอุปกรณ์ควบคุมปริมาณตะกอนในบ่อเพาะเลี้ยงกุ้ง มีความสามารถตรวจวัดปริมาณตะกอนได้อัตโนมัติ และ เมื่อมีปริมาณตะกอนเพิ่มขึ้นมากเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ โปรแกรมควบคุมจะสั่งการให้สูบน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งไปบำบัด เพื่อกำจัดตะกอนออกจากน้ำก่อนหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่ อีกทั้งชุดอุปกรณ์ควบคุมปริมาณตะกอนยังมีความสามารถแจ้งเตือนการทำงานของระบบผ่านระบบอินเตอร์เน็ตแบบไร้สายไปยัง อุปกรณ์โทรศัพท์เคลื่อนที่ คอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์อื่น ๆ ที่มีการติดตั้งแอพพลิเคชั่นไลน์ ที่ใช้ไอดีเดียวกัน ทำให้การควบคุมดูแลระบบการเลี้ยงกุ้งมีความทันสมัยมากยิ่งขึ้น ซึ่งผลงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ ทั้งในส่วนของการออกแบบวัสดุอุปกรณ์สำหรับการควบคุมคุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ รวมถึงแนวทางการพัฒนาโปรแกรมควบคุมเพื่อความสะดวกสำหรับการใช้งานมากยิ่งขึ้น งานวิจัยนี้จึงเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในประเทศไทยให้มีความทันสมัย และมีความเหมาะสมกับการนำไปใช้งานต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: ระบบน้ำหมุนเวียน, การเพาะเลี้ยงกุ้ง, น้ำเสีย, การบำบัด, การติดตามตรวจสอบ

1 สาขาสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง
2 สาขาเทคโนโลยีการประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

Guideline for Development Wastewater Treatment and Control by On-Line Water Quality Monitoring System for Reclaim Water in Marine Shrimp Culture

Aneak Sawain[1] Kattinat Sagulsawasdipan[1] and Kansinee Panwanitdumrong[2]

Abstarct

The results of a study on changes in water quality in shrimp ponds of various parameters revealed the effects of sludge accumulation in shrimp ponds influence on water quality changes during culture. Most of the sludge is organic waste and degradation if left for a long time, impact on the water quality from the deterioration of the sludge accumulation in the pond. The wastewater treatment test for sludge separation using sedimentation ponds and sand filters tank, it was found that sand filter tanks were suitable for treating wastewater from shrimp culture. Because sedimentation of sludge in sedimentation ponds occurs and sludge is deposited, resulting in decomposition and effect to water quality. While the sand filter tank, can separate the sludge trapped on the surface of the sand layer and it can be easily removed from sand layer surface. The results of the research work together with the development of the sediment control equipment in shrimp culture ponds. It has the ability to automatically detect sludge and when the amount of sludge exceeds the set limit. The program will order the pump to be remove the sludge from shrimp ponds to treat before recirculating the water. The sludge control kit, the system can also be alerted through wireless internet to mobile devices, computers, or other devices where the application line is installed use the same ID. The sludge control kit, make the marine shrimp culture system more modern. The results of this research can be applied in the design of materials for sludge control kit and apply to water quality control in other aquaculture ponds as well as in the development of modern controllers for convenient for more use. This research will be a guideline for developing a modern aquaculture system in Thailand for appropriate to use in the future.

Keyword: Reclaim Water, Shrimp Aquaculture, Wastewater, Treatment, Monitoring

[1] Department of Environment, Faculty of Science and Fisheries Technology. Rajamangala University of Technology Srivijaya, Trang.

[2] Department of Fisheries Technology, Faculty of Science and Fisheries Technology. Rajamangala University of Technology Srivijaya, Trang.

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย	11
บทที่ 3 ผลการวิจัย และ วิจารณ์ผล	19
บทที่ 4 สรุปผลการวิจัย	51
บรรณานุกรม	52
ภาคผนวก	53

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1 – 1	คุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งขาว	3
1 – 2	โรคที่สำคัญในกุ้งทะเล	4
1 – 3	ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง	6
1 – 4	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและกลุ่มเป้าหมายที่จะได้รับประโยชน์ของแผนงานวิจัย	10
2 – 1	พารามิเตอร์สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง	13
2 – 2	พารามิเตอร์สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำหลังผ่านการบำบัด	16

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1 – 1	กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัยสำหรับแนวทางการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียและการควบคุมด้วยระบบติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำออนไลน์สำหรับระบบน้ำหมุนเวียนในการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล	9
2 – 1	ขั้นตอนการเตรียมพื้นที่สำหรับการจัดวางระบบเพาะเลี้ยงกุ้งแบบบ่อผ้าใบ	11
2 – 2	การเตรียมบ่อผ้าใบเพื่อใช้เป็นบ่อเพาะเลี้ยงกุ้งและบ่อบำบัดสำหรับปรับปรุงคุณภาพน้ำ	12
2 – 3	การเตรียมน้ำทะเลสำหรับทำกรเลี้ยงกุ้งทะเล (กุ้งขาวแวนนาไมด์)	12
2 – 4	การบำบัดน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งด้วยวิธีทางกายภาพด้วยบ่อตกตะกอน	14
2 – 5	การบำบัดน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งด้วยวิธีทางกายภาพด้วยถังกรอง	15
2 – 6	แผนภาพการจัดวางระบบเซ็นเซอร์ตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งทะเล	17
2 – 7	การจัดวางระบบชุดอุปกรณ์ควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียและระบบติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำออนไลน์สำหรับการเลี้ยงกุ้งทะเลในบ่อผ้าใบ	18
3 – 1	ผลการตรวจวัดอุณหภูมิ (Temperature) ของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง	20
3 – 2	ผลการตรวจวัดค่าพีเอช (pH) ของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง	22
3 – 3	ผลการตรวจวัดค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง	23
3 – 4	ผลการตรวจวัดค่าความเค็ม (Salinity) ของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง	24
3 – 5	ผลการตรวจวัดความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง	25
3 – 6	ผลการตรวจวัดค่าความขุ่น (Turbidity) ของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง	26
3 – 7	ปริมาณของสารแขวนลอย (Total Suspended Solid) ของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง	27
3 – 8	ผลการตรวจวิคราะห์ค่าแอมโมเนีย (Ammonia) ของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง	28
3 – 9	ผลการตรวจวิเคราะห์ค่าไนไตรท์ (Nitrite) ของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง	28

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3 - 10	ผลการตรวจวิเคราะห์ค่าไนเตรท (Nitrate) ในบ่อเลี้ยงกุ้ง	29
3 – 11	ผลการตรวจวัดค่าอุณหภูมิของน้ำในบ่อตกตะกอน	30
3 – 12	ผลการตรวจวัดค่าพีเอช (pH) ในบ่อตกตะกอน	31
3 – 13	ผลการตรวจวัดค่าออกซิเจนละลายน้ำในบ่อตกตะกอน	32
3 – 14	ผลการตรวจวัดค่าความเค็มในบ่อตกตะกอน	33
3 – 15	ผลการตรวจวัดค่าความถวงจำเพาะของน้ำในบ่อตกตะกอน	33
3 – 16	ผลการวิเคราะห์ความขุ่นของน้ำในบ่อตกตะกอน	34
3 – 17	ผลการวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำในบ่อตกตะกอน	35
3 – 18	รูปแบบการแพร่กระจายของตะกอนที่ตกสู่ก้นบ่อตกตะกอน	36
3 – 19	การจัดวางระบบถังกรองทรายในบ่อผ้าใบเพื่อใช้เป็นบ่อกรอง	38
3 – 20	ผลการวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำในบ่อกรอง	39
3 – 21	ผลการตรวจวัดค่าความขุ่นของน้ำในบ่อกรอง	40
3 – 22	ผลการตรวจวัดค่าออกซิเจนละลายน้ำของน้ำในบ่อกรอง	41
3 – 23	ผลการตรวจวัดค่าความเค็มของน้ำในบ่อกรอง	42
3 – 24	ผลการตรวจวัดค่าค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำในบ่อกรอง	42
3 – 25	การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด์ (แบบบ่อผ้าใบ) จากการตรวจวัดค่าด้วยระบบอัตโนมัติ	44
3 – 26	การเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด์ (แบบบ่อผ้าใบ) จากการตรวจวัดค่าด้วยระบบอัตโนมัติ	45
3 – 27	การเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณตะกอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด์ (แบบบ่อผ้าใบ) จากการตรวจวัดค่าด้วยระบบอัตโนมัติ	46
3 – 28	ชุดอุปกรณ์ควบคุมปริมาณตะกอนสำหรับบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	47
3 – 29	ระบบแจ้งเตือนการทำงานของชุดอุปกรณ์ควบคุมปริมาณตะกอนผ่านแอพพลิเคชันไลน์	48

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ภาพผนวก		
1	แบบ 3 มิติ บ่อเลี้ยงกุ้งแบบบ่อผ้าใบ	54
2	แบบ 3 มิติ ชุดอุปกรณ์ควบคุมปริมาณตะกอนสำหรับบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ	55
3	แบบ 3 มิติ ระบบบ่อเพาะเลี้ยงกุ้งแบบบ่อผ้าใบติดตั้งชุดควบคุมปริมาณตะกอน	56

บทที่ 1
บทนำ
(Introduction)

โครงการวิจัยนี้เป็นการดำเนินการวิจัยเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล ให้มีรูปแบบของการดำเนินการที่มีความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ในด้านของการควบคุมคุณภาพน้ำในระหว่างที่ทำการเลี้ยง รวมถึงการพัฒนาประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่สามารถนำมาใช้สำหรับการควบคุมคุณภาพน้ำให้มีความทันสมัยมากยิ่งขึ้น โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ที่มาและความสำคัญ

ความต้องการของผู้บริโภคในประเทศและตลาดโลกนับเป็นปัจจัยเร่งที่สำคัญอีกประการหนึ่ง โดยผู้บริโภคในประเทศมีกำลังซื้อมากขึ้นจากการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ นอกจากนี้ยังเกิดกระแสความนิยมบริโภคอาหารทะเลเพื่อสุขภาพ ทำให้สินค้ากุ้งทะเลสามารถจำหน่ายได้ทั่วโลก ภาคเอกชนได้นำเอาเทคโนโลยีทุกรูปทุกแบบเท่าที่มีในโลกมาเร่งผลผลิตกุ้งทะเล การลงทุนเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลแพร่กระจายไปทั่วประเทศอย่างรวดเร็ว ในปี พ.ศ. 2548 ประเทศไทยมีผลผลิตกุ้งทะเลจากการเพาะเลี้ยงมากกว่า 400,000 เมตริกตัน รวมทั่วโลกมีผลผลิตกุ้งทะเลจากการเพาะเลี้ยงมากกว่า 1,700,000 เมตริกตัน (ณาตยา, 2550) อย่างไรก็ตามจากสถานการณ์ของการเลี้ยงกุ้งในปัจจุบันที่ประสบปัญหาของโรคต่าง ๆ ที่เกิดกับลูกกุ้ง และกุ้งที่ทำการเลี้ยงอยู่ในบ่อ (ทินรัตน์, 2551) โดยเฉพาะในปัจจุบันที่มีการเกิดโรคการตายของกุ้งจากกลุ่มอาการตายด่วนที่มาจากตับและตับอ่อนกุ้งมีการอักเสบอย่างเฉียบพลัน (Early Mortality Syndrome/ Acute Hepatopancreatic Necrosis Syndrome ; EMS/AHPNS) (กรมประมง, 2556) ทั้งนี้สาเหตุของการก่อเกิดโรคส่วนหนึ่งอาจเป็นผลจากคุณภาพน้ำทะเลในธรรมชาติที่นำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีคุณภาพแย่ลง ซึ้งเกิดจากการปล่อยน้ำเสียจากฟาร์มเพาะเลี้ยงกุ้งเอง หรือฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งชนิดอื่น ๆ รวมไปถึงการปล่อยน้ำเสียจากแหล่งชุมชนและอุตสาหกรรมอื่น ๆ ก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำ ส่งผลให้มีการก่อเกิดโรคในอุสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล และเกิดการแพร่กระจายไปสู่แต่ละฟาร์ม ประกอบกับเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลจะต้องมีกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่ก่อเกิดจากการเลี้ยงให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ดังนั้นในการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลจึงจะต้องมีการควบคุณภาพน้ำทั้งก่อนและหลังการเลี้ยง รวมไปถึงระหว่างทำการเลี้ยงกุ้งด้วย ดังนั้นระบบการจัดการคุณภาพน้ำในฟาร์มเลี้ยงกุ้งจึงมีความสำคัญ งานวิจัยนี้จึงเล็งเห็นความสำคัญของการจัดการคุณภาพน้ำสำกรับการเลี้ยงกุ้งทะเล ทั้งนี้จากการศึกษาข้อมูลพบว่าระบบการจัดการคุณภาพน้ำรูปแบบหนึ่งที่มีการศึกษาและนำมาใช้งานสำหรับการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล คือ ระบบน้ำหมุนเวียน (Reclaimed Water system) ซึ่งการใช้ระบบดังกล่าวจะต้องมีการบำบัดหรือปรับปรุงคุณภาพน้ำ

1 สาขาสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง
2 สาขาเทคโนโลยีการประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

หลังจากการเลี้ยงกุ้งให้มีคุณภาพที่เหมาะสมต่อการนำกลับมาใช้ใหม่ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจศึกษาการบำบัดน้ำเสียสำหรับระบบน้ำหมุนเวียน โดยจะทำการศึกษาการบำบัดน้ำเสียเพื่อผลิตน้ำหมุนเวียนระหว่างการเลี้ยงกุ้งทะเล โดยมีการควบคุมด้วยระบบติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำออนไลน์ (Water Quality On-Line Monitoring System) (Zhu et al., 2010) ทั้งนี้จะเป็นการพัฒนาปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับระบบหมุนเวียนน้ำให้มีความทันสมัย ทำให้มีความรวดเร็วในการเก็บข้อมูล และการแสดงผล นำไปสู่การเพิ่มศักยภาพในการวิเคราะห์ข้อมูลที่รวดเร็วเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากคุณภาพน้ำมีความสำคัญต่อการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้หากมีการควบคุมดูแลและการตรวจสอบคุณภาพน้ำในระบบบำบัดที่ดีจนมีน้ำคุณภาพดีเพียงพอสำหรับการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลก็จะสามารถหมุนเวียนน้ำหลังจากผ่านการบำบัดหรือปรับปรุงคุณภาพกลับมาใช้ระหว่างการเลี้ยงกุ้งได้ สามารถลดปริมาณสารอินทรีย์ ซากแพลงก์ตอน และตะกอนดินหรือมูลกุ้งที่ตกตะกอนอยู่ในบ่อได้ ซึ่งจะเป็นแนวทางในการนำไปสู่การควบคุมคุณภาพน้ำภายในบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลให้มีคุณภาพที่ดีอยู่ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงได้ เพื่อให้เกษตรกรสามารถใช้เป็นแนวทางในการการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลต่อไปได้ ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนารูปแบบการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลที่มีความเสถียรต่อไป อีกทั้งเป็นการป้องกันผลกระทบที่อาจทวีความรุนแรงมากขึ้นของระบบนิเวศทางทะเล โดยเฉพาะพื้นที่ที่อยู่ไกลกับแหล่งเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล เช่น พื้นที่ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความสำคัญอย่างมากของระบบนิเวศทางทะเล

2. หลักการ และ ทฤษฎี

จากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล พบว่าคุณภาพน้ำมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการเพาะเลี้ยง ทั้งเนื่องจากการใช้น้ำทะเลในธรรมชาติปัจจุบันประสบปัญหาการปนเปื้อนสิ่งสกปรก ส่งผลให้มีคุณภาพน้ำต่ำลง การบริการจัดการฟาร์มจึงต้องมีการควบคุมคุณภาพน้ำตั้งแต่การเตรียมน้ำทะเลก่อนการเลี้ยง การควบคุมคุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยง ตลอดจนการบำบัดน้ำเสียที่ก่อเกิดหลังจากการเพาะเลี้ยงกุ้งเสร็จ ซึ่งมีรายละเอียดแสดงดังต่อไปนี้

2.1 คุณภาพน้ำสำหรับการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล

จากข้อมูลคุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงกุ้งขาว แสดงดังตารางที่ 1 – 1 ที่ประกอบไปด้วยพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่จะต้องมีการควบคุมดูแล คือ อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส) ออกซิเจนละลายน้ำ (มก./ล.) ความเป็นกรดเป็นด่าง คาร์บอนไดออกไซด์ (มก./ล.) ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน) ความกระด้างของน้ำ (มก./ล. ของ $CaCO_3$) ค่าความเป็นด่าง (มก./ล. ของ $CaCO_3$) ความโปร่งแสงของน้ำ (เซนติเมตร) แอมโมเนียอิสระ (มก./ล.) ไนไตรท์ (มก./ล.) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (มก./ล.) (กรมประมง, 2556) ซึ่งจากพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่มีอยู่มากมาย ประกอบกับโรคกุ้งที่มีอยู่หลายชนิด ส่งผลให้การควบคุม

คุณภาพน้ำสำหรับการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลจึงมีควบสำคัญอย่างยิ่ง เพาะหากว่าน้ำได้รับการปนเปื้อนหรือไม่ได้คุณภาพก็อาจส่งผลให้กุ้งทะเลที่ทำการเลี้ยงตายได้ นำมาซึ่งความขาดทุนของเกษตรกร

ตารางที่ 1 – 1 คุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งขาว

คุณภาพน้ำ	ค่าที่เหมาะสม
อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)	28 – 32
ออกซิเจนละลายน้ำ (มก./ล.)	> 5
ความเป็นกรดเป็นด่าง	7.5 – 8.0
คาร์บอนไดออกไซด์ (มก./ล.)	< 20
ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)	2 – 35
ความกระด้างของน้ำ (มก./ล. ของ $CaCO_3$)	> 150
ค่าความเป็นด่าง (มก./ล. ของ $CaCO_3$)	> 100
ความโปร่งแสงของน้ำ (เซนติเมตร)	20 – 40
แอมโมเนียอิสระ (มก./ล.)	< 0.1
ไนไตรท์ (มก./ล.)	< 200
ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (มก./ล.)	< 0.002

ที่มา: กรมประมง (2556)

2.2 โรคที่ก่อเกิดกับกุ้งทะเล

จากการรายงานของ นายสัตวแพทย์ ดร.ทินรัตน์ ศรีสุวรรณ์ ศูนย์วิจัยและชันสูตรโรคสัตว์น้ำ สถาบันสุขภาพสัตว์แห่งชาติ เกี่ยวกับโรคที่สำคัญในกุ้งทะเล แสดงดังตารางที่ 1 – 2 (ทินรัตน์, 2551) แสดงให้ทราบถึงปัญหาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลที่ก่อเกิดจากโรคกุ้งที่มีอยู่มากมาย โดยการแพร่กระจายของโรคส่วนหนึ่งเกิดจากการเพาะเลี้ยงกุ้งโดยการใช้น้ำจากแหล่งน้ำทะเลธรรมชาติ และเมื่อทำการเลี้ยงเสร็จเกษตรกรไม่ได้ทำการบำบัดน้ำเสีย หรือ ปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนปล่อยออกสู่ธรรมชาติ ดังนั้นเมื่อก่อเกิดโรคขึ้นกับกุ้งทะเลก็จะมีการแพร่กระจายจากฟาร์มหนึ่งไปยังอีกฟาร์มหนึ่งได้อย่างง่ายดาย อีกทั้งในปัจจุบันการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลมีทั้งฟาร์มขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ที่มีการกระจายของฟาร์มอยู่ตามแนวชายฝั่งทะเล ดังนั้นการแพร่กระจายของโรคกุ้งจึงเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เกษตรกรหลายรายประสบปัญหาขาดทุนจากการเลี้ยงกุ้งทะเล ปัญหาดังกล่าวจึงจักต้องได้รับการดำเนินการแก้ไข

ตารางที่ 1 – 2 โรคที่สำคัญในกุ้งทะเล

ลำดับ	โรคในกุ้งทะเล
01	โรคเอ็มบีวี (Spherical baculovirosis หรือ Penaeus monodon-typed baculovirosis หรือ MBV)
02	โรคบีพี (Tetrahedral Baculovirosis หรือ Baculovirus penaei หรือ BP)
03	โรคบีเอ็มเอ็น (Baculoviral Midgut-gland Necrosis หรือ BMN)
04	โรคดวงขาว (White Spot Syndrome)
05	โรคไอเอชเอชเอ็นและโรคแคระแกร็น
06	โรคเอชพีวี (Hepatopancreatic Parvovirus หรือ HPV)
07	โรคเอสเอ็มวี (Spawner-isolated Mortality Virus หรือ SMV)
08	โรคโอปอล (Opal disease)
09	โรคทอร่า (Taura syndrome)
10	โรคหัวเหลือง (Yellowhead disease)
11	โรคกล้ามเนื้อตายติดต่อ (Infectious myonecrosis หรือ IMN)
12	โรคติดเชื้อวิบริโอ (Vibriosis)
13	โรคเอ็นเอชพี (Necrotizing hepatopancreatitis หรือ NHP)
14	โรคติดเชื้อริกเก็ตเซียในเฮปปาโตแพนเครียส (Hepatopancreatic rickettsia infection)
15	โรคติดเชื้อริกเก็ตเซียตามระบบ (Systemic rickettsia infection)
16	โรคติดเชื้อสไปโรพลาสมาตามระบบ (Systemic infection by Spiroplasma penaei)
17	โรคติดเชื้อไมโครแบคทีเรียม (Mycobacterial infections)
18	โรคติดเชื้อโปรโตซัว (Infections by protozoa)
19	โรคติดเชื้อเกรการีน (Infections by Gregarines)
20	โรคหนอนพยาธิ (Helminth parasitic infections of shrimp)
21	โรคเฟาลิ่ง (Fouling disease)
22	โรคเชื้อราในกุ้งวัยอ่อน (Larval mycosis)

ที่มา: ทินรัตน์ (2551)

ตารางที่ 1 – 2 โรคที่สำคัญในกุ้งทะเล (ต่อ)

ลำดับ	โรคในกุ้งทะเล
23	โรคฟูซาริโอซิส (Fusariosis)
24	โรคฟองอากาศ (Gas bubble disease)
25	โรคเหล็กเกาะ (Iron salt encrustation)
26	โรคพิษจากสารเบนเลท (Benlate toxicity)
27	โรคอะฟลาท๊อกซิโคซิส (Aflatoxicosis)
28	โรคเหงือกดำ (Black gills)
29	โรคลำไส้อักเสบฮีโมไซติก (Hemocytic enteritis)
30	โรคพิษจากขี้ปลาวาฬ (Red tide toxicity)
31	โรคพิษจากโลหะหนัก (Heavy metal toxicity)
32	โรคเนื้องอก Epithelial papilloma
33	โรคเนื้องอก Fibrosarcoma
34	โรคเนื้องอก Epithelioma
35	โรคมะเร็ง Hematopoietic blastoma
36	โรคมะเร็ง Hemocytic lymphoma หรือ Leukemia
37	โรคมะเร็ง Fibrosarcoma ของ Lymphoid organ
38	โรคมะเร็ง Ectodermal teratoma
39	โรคลำไส้และไขประสาทโต (Gut and nerve syndrome)
40	โรคตะคริว (Cramped muscle syndrome)
41	โรคขาดวิตามินซี (Ascobic acid deficiency syndrome)

ที่มา: ทินรัตน์ (2551)

2.3 ระบบบำบัดน้ำเสียและการควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง

ปัจจุบันมีการควบคุมโดยการออกกฎหมายกำหนดมาตรฐานการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง เพื่อควบคุมคุณภาพน้ำก่อนปล่อยออกสู่ธรรมชาติของฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ซึ่งรวมถึงฟาร์มเลี้ยงกุ้งด้วย อย่างไรก็ตามกระบวนการบำบัดน้ำเสียสำหรับฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งยังไม่มีรูปแบบหรือวิธีการที่ชัดเจน โดยกระบวนการจัดการน้ำเสียหลังจากการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล ในปัจจุบันมีกระบวนการการปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ก่อเกิดจากการเลี้ยงกุ้งทะเลโดยทั่วไป คือ การตกตะกอนประมาณ 1 วัน เพื่อให้สารอินทรีย์ ซากแพลงก์ตอนพืช และตะกอนดิน ตกตะกอนอยู่ในบ่อตกตะกอน แล้วสูบน้ำทิ้งที่ผ่านการตกตะกอนแล้วไปยังบ่อเติมอากาศ เพิ่มออกซิเจนเพื่อช่วยเร่งกระบวนการบำบัดน้ำจนมีคุณภาพดี เมื่อคุณภาพน้ำทิ้งเป็นไปตามมาตรฐานแล้ว เกษตรกรจึงถ่ายน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วไปยังแหล่งน้ำภายนอก หรืออาจมีการหมุนเวียนกลับมาใช้ในการเลี้ยงกุ้งใหม่ (กรมประมง, 2556) มาตรฐานสำหรับการควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง แสดงดังตารางที่ 1 – 3

ตารางที่ 1 – 3 ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง

พารามิเตอร์	หน่วย	เกณฑ์มาตรฐานสูงสุด
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	-	6.5 – 9
บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand)	มก./ล.	20
สารแขวนลอย (Suspended Solid)	มก./ล.	70
แอมโมเนีย (NH_3-N)	มก.ไนโตรเจน/ล.	1.1
ฟอสฟอรัสรวม	มก.ฟอสฟอรัส/ล.	0.4
ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)	มก./ล.	0.01
ไนโตรเจนรวม (Total Nitrogen)	มก.ไนโตรเจน/ล.	4.0

ที่มา: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2547)

2.4 ระบบติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำออนไลน์

ปัจจุบันการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำเสียและน้ำฝน (On-line monitoring of wastewater and storm water quality) มีการพัฒนาและก้าวหน้ามากยิ่งขึ้น ทั้งนี้เพื่อต้องการพัฒนายกระดับองค์ความรู้ทางด้านการจัดการน้ำเสียชุมชนหรือน้ำโสโครกให้มีมาตรฐานที่สูงขึ้น การติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำด้วยระบบออนไลน์อย่างต่อเนื่อง (Continuous on-line quality monitoring) สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือเพื่อลดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม การได้ข้อมูลจากการติดตามตรวจสอบแบบเวลาจริง (Real time) จะทำให้ง่ายต่อการควบคุมมลพิษหรือสารที่ปนเปื้อนให้อยู่ในมาตรฐาน หรืออยู่ในช่วงค่าที่เหมาะสมหรือไม่เป็นอันตราย (Llopart-Mascaro et al., 2008) จากการที่คุณลักษณะน้ำในระบบบำบัดน้ำเสียมีการเปลี่ยนแปลง และมีความหลากหลายของพารามิเตอร์ทั้งทางด้านกายภาพ ชีวภาพ และเคมี

ตลอดจนกระบวนการทางกายภาพและเคมี ประกอบกับในปัจจุบันได้มีการศึกษาพัฒนาการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียด้วยระบบออนไลน์ในส่วนของการควบคุมระบบการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ สำหรับระบบบัดน้ำเสีย ทั้งในส่วนของการคำนวณค่า การพัฒนาด้านโปรแกรม การพัฒนาด้านการแสดงผล เป็นต้น (Daniel et al., 2008)

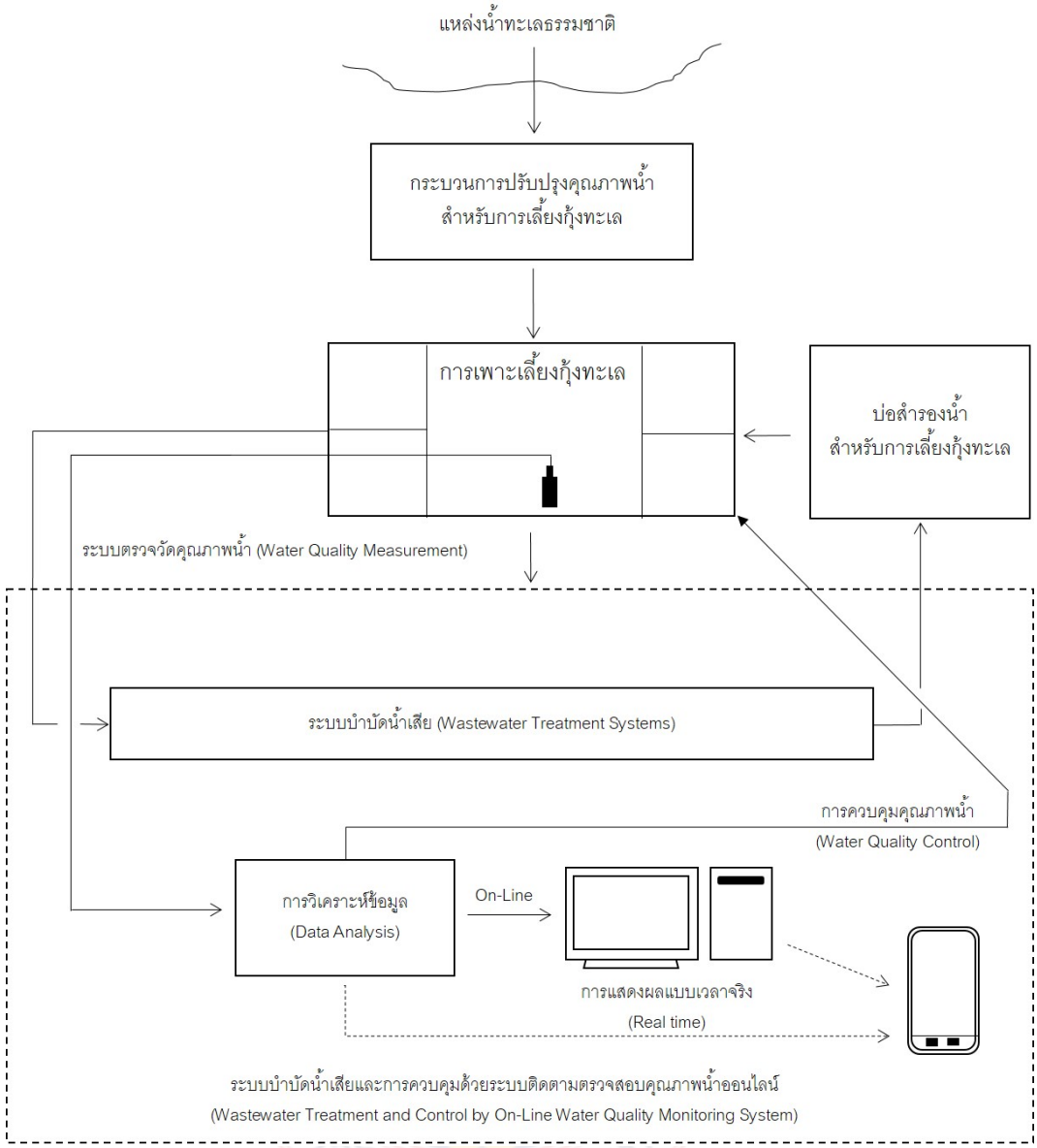
การพัฒนาเซนเซอร์ (Sensors) สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำและการใช้ระบบการติดตามตรวจสอบคุณลักษณะน้ำในระบบบำบัดน้ำเสียด้วยระบบออนไลน์ความต้องการมากขึ้น ซึ่งจะทำให้สามารถพิจารณาข้อมูลคุณภาพน้ำได้รวดเร็วยิ่งขึ้น ส่งผลดีต่อกระบวนการควบคุมระบบบัดน้ำเสีย (Melendez-Pastor et al., 2013) ซึ่งปัจจุบันจึงมีการพัฒนาเซนเซอร์เพื่อใช้ในการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เนื่องจากหลายพารามิเตอร์มีความสำคัญต่อการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย เช่น การศึกษาพัฒนาเซนเซอร์สำหรับการตรวจวัดค่า Active Biomass Concentration ในระบบบัดน้ำเสียโดยใช้ Potentiometric Microbial Biosensor เพื่อตรวจวัดค่าดังกล่าวในระบบบำบัดน้ำเสียแบบระบบแอคติเวตเตดสลัดจ์ (Activated Sludge) ซึ่งพบว่าช่วงค่าที่ตรวจวัดได้มีการเปลี่ยนแปลงน้อย (Minimum variation) แต่จะพบการเปลี่ยนแปลงที่มีช่วงค่ามากกว่าในถังบำบัดน้ำเสียแบบ Biofilter, Upflow Anaerobic Sludge Blanket: UASB และ Membrane Bioreactor ทั้งนี้เนื่องจากค่าดังกล่าวมีความสำคัญต่อระบบบัดน้ำเสียแบบ Suspended Growth Biological Treatment Process. (Balasubramanian, 2010)

นอกจากนี้บริษัทที่ทำการผลิตและจำหน่ายเครื่องมือวิทยาศาสตร์หลายผลิตภัณฑ์มีการแข่งขันการทำตลาด คิดค้น วิจัยและพัฒนาเซนเซอร์ที่ใช้ตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำหลากหลายพารามิเตอร์ และหลากหลายบริษัทมากขึ้น ซึ่งจะทำให้มูลค่าทางการตลาดถูกลงจากการแข่งขันการทำตลาด ดังนั้นการนำเทคโนโลยีทางด้านการตรวจวัดคุณภาพน้ำมาใช้สำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจึงมีความเป็นไปได้มากขึ้น งานวิจัยนี้จึงต้องการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลแบบระบบน้ำหมุนเวียนให้มีความทันสมัยและรวดเร็วมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลดีต่อธุรกิจการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลมากขึ้น และอาจเป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาใช้งานกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำประเภทอื่น ๆ ต่อไปในอนาคต ทั้งนี้จะส่งผลต่อความยั่งยืนของการจัดการประมง และการจัดการสิ่งแวดล้อมด้วยเช่นกัน

3. กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

จากการที่น้ำทะเลในธรรมชาติมีการปนเปื้อน ส่งผลต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ดังนั้นจึงมีการนำกระบวนการหนึ่งที่มีการพัฒนาสู่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทะเล คือ การใช้ระบบน้ำหมุนเวียน (Reclaim Water) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาแนวทางการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียและการควบคุมด้วยระบบติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำออนไลน์สำหรับระบบน้ำหมุนเวียนในการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล โดยมีกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัยนี้ สำหรับเป็นแนวทางการพัฒนากระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลแสดงดังภาพที่ 1 – 1

โดยแนวทางการนำน้ำเสียจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมาผ่านกระบวนการการบำบัด หรือ กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ ให้มีคุณภาพที่ดีขึ้นจนสามารถนำน้ำกลับมาใช้สำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทะเลใหม่ได้ ในปัจจุบันมักมีการศึกษาใช้งานระบบนี้ส่วนใหญ่เป็นการใช้สำหรับการเลี้ยงปลา ทั้งนี้จากการลงทุนที่ค่อนข้างสูงจึงยังมีการใช้ระบบนี้น้อยเนื่องจากคืนทุนช้า ประกอบกับชาวประมงส่วนหนึ่งที่ทำการประมงเลี้ยงปลาทะเลมักเป็นการเลี้ยงปลาในกระชัง ซึ่งมีการใช้ระบบน้ำหมุนเวียนในธรรมชาติอยู่แล้วและเป็นการลงทุนที่น้อยกว่า จากการศึกษาข้อมูลดังกล่าวข้างต้น งานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษากระบวนการบำบัดน้ำเสียสำหรับระบบน้ำหมุนเวียนสำหรับการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล จากการประสบปัญหาโรคกุ้งทะเลของฟาร์มเลี้ยงกุ้งในปัจจุบันที่เป็นผลมาจากคุณภาพน้ำทะเลที่ต่ำลงในปัจจุบันและการแพร่กระจายของโรคกุ้งทะเลซึ่งอาจมีผลระยะยาวในอนาคต ถึงแม้ว่าจะเป็นการลงทุนที่สูงแต่หากมีการเพาะเลี้ยงสำเร็จและขายได้ตามขนาด จากมูลค่าของกุ้งที่มีราคาสูงจึงมีแนวโน้มที่จะคืนทุนได้เร็วกว่าการเลี้ยงปลา ทั้งนี้เนื่องจากมูลค่าการลงทุนส่วนใหญ่อยู่ในส่วนของการจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์ ซึ่งสามารถใช้ในการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลในครั้งต่อไปได้



ภาพที่ 1 – 1 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัยสำหรับแนวทางการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียและการควบคุมด้วยระบบติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำออนไลน์สำหรับระบบน้ำหมุนเวียนในการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล

4. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

4.1 เพื่อศึกษากระบวนการบำบัดน้ำเสียสำหรับระบบน้ำหมุนเวียนในการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล

4.2 เพื่อศึกษาการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับระบบน้ำหมุนเวียนในการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลด้วยระบบติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำออนไลน์

4.3 เพื่อศึกษาแนวทางการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับระบบน้ำหมุนเวียนในการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล

5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่นำประเด็นปัญหาของการจัดการประมงของการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล ที่ประสบปัญหาอย่างมากในปัจจุบัน ทั้งในส่วนของคุณภาพน้ำในธรรมชาติที่มีแนวโน้มคุณภาพน้ำเสื่อมสภาพลง การก่อเกิดโรคของกุ้งที่เกิดจาการแพร่กระจายของโรค ซึ่งเกิดจากการจัดการคุณภาพน้ำหลังการเลี้ยงที่ไม่มีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาแนวทางการจัดการคุณภาพน้ำและน้ำเสียในการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล ซึ่งผลที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย (ตารางที่ 1 – 4) จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนารูปแบบการจัดการฟาร์มเพาะเลี้ยงกุ้งให้มีความทันสมัยและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น โดยเฉพาะสิ่งแวดล้อมทางทะเลและชายฝั่ง เกษตรกรที่เป็นเจ้าของฟาร์มเพาะเลี้ยงกุ้ง ตลอดจนเป็นการพัฒนาทางด้านวิชาการในการนำความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่ให้กับ เกษตรกร หรือ ผู้ที่สนใจ นำไปประยุกต์ใช้กับงานทางด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอื่น ๆ ต่อไป

ตารางที่ 1 – 4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและกลุ่มเป้าหมายที่จะได้รับประโยชน์ของแผนงานวิจัย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	กลุ่มเป้าหมายที่จะได้รับประโยชน์
1. วิธีการบำบัดน้ำเสียสำหรับการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล	เจ้าของกิจการฟาร์มเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล นักวิชาการ นักวิจัย นักศึกษา
2. การควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียด้วยการตรวจวัดคุณภาพน้ำออนไลน์	เจ้าของกิจการฟาร์มเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล นักวิชาการ นักวิจัย นักศึกษา
3. การออกแบบระบบบัดน้ำเสียสำหรับการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลและการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียด้วยการตรวจวัดคุณภาพน้ำออนไลน์	วิศวกรสิ่งแวดล้อม นักวิชาการ นักวิจัย นักศึกษา
4. ผลงานนำเสนอในงานประชุมวิชาการ หรือผลงานตีพิมพ์ในวารสาร ระดับชาติหรือนานาชาติ หรือ การจดสิทธิบัตร	มหาวิทยาลัย นักวิชาการ นักวิจัย นักศึกษา

บทที่ 2
วิธีดำเนินงานวิจัย
(Material & Method)

งานวิจัยนี้มีวิธีการดำเนินงานวิจัยที่เน้นในส่วนของการพัฒนานวัตกรรมสำหรับการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล ดังนั้นเพื่อให้การดำเนินงานวิจัยบรรลุวัตถุประสงค์ตามที่ได้ตั้งเป้าหมายไว้ การดำเนินงานวิจัยนี้จึงมีการวางแผนการดำเนินการวิจัยตามกรอบระยะเวลาที่กำหนด โดยมีการแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็นสามส่วนสำคัญ ส่วนแรก คือ การศึกษากระบวนการบำบัดน้ำเสียสำหรับระบบน้ำหมุนเวียนในการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล ส่วนที่สอง คือ การศึกษาการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับระบบน้ำหมุนเวียนในการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลด้วยระบบติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำออนไลน์ และ ส่วนที่สาม คือ แนวทางการพัฒนาออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับระบบน้ำหมุนเวียนในการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล โดยการดำเนินงานวิจัยทั้งหมดของโครงการวิจัยนี้ทำการวิจัยโดยใช้ระบบการเพาะเลี้ยงกุ้งในบ่อผ้าใบ ที่มีการพัฒนาจนได้รับการยอมรับและนิยมเลี้ยงในรูปแบบนี้มากขึ้น โดยโครงการวิจัยนี้มีการดำเนินงานวิจัยตั้งแต่ขั้นตอนการจัดเตรียมพื้นที่ เพื่อรองรับบ่อเพาะเลี้ยงกุ้งแบบบ่อผ่าใบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.0 ม. แสดงดังภาพที่ 2 – 1 ถึง 2 – 3 และ ติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับการเก็บข้อมูลผลการวิจัย จนถึงการดำเนินการวิจัยในส่วนของการเดินระบบการเพาะเลี้ยงกุ้งทั้งหมดเพื่อทำการเก็บข้อมูลต่าง ๆ

ภาพที่ 2 – 1 ขั้นตอนการเตรียมพื้นที่สำหรับการจัดวางระบบเพาะเลี้ยงกุ้งแบบบ่อผ้าใบ

1 สาขาสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง
2 สาขาเทคโนโลยีการประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

ภาพที่ 2 – 2 การเตรียมบ่อผ้าใบเพื่อใช้เป็นบ่อเพาะเลี้ยงกุ้งและบ่อบำบัดสำหรับปรับปรุงคุณภาพน้ำ

ภาพที่ 2 – 3 การเตรียมน้ำทะเลสำหรับทำกรเลี้ยงกุ้งทะเล (กุ้งขาวแวนนาไม)

ทั้งนี้การดำเนินการวิจัยทั้งสามส่วนได้มีการดำเนินงานวิจัยในระบบบ่อผ้าใบระบบเดียวกัน โดยกำหนดความหนาแน่นของการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่ทำการเลี้ยงไม่เกิน 500 ตัว/ลบ.ม. โดยมีรายละเอียดวิธีการดำเนินงานวิจัยในแต่ละส่วนแสดงดังต่อไปนี้

1. การศึกษากระบวนการบำบัดน้ำเสียสำหรับระบบน้ำหมุนเวียนในการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล

การดำเนินงานวิจัยสำหรับการศึกษากระบวนการบำบัดน้ำเสียสำหรับระบบน้ำหมุนเวียนในการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล ได้มีการแบ่งการดำเนินการวิจัยออกเป็นสองขั้นตอน คือ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำของการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในบ่อผ้าใบ และ การศึกษาวิธีการบำบัดน้ำจาการเลี้ยงกุ้งในบ่อผ้าใบเพื่อระบบน้ำหมุนเวียน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำของการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในบ่อผ้าใบ

การศึกษาการเปลี่ยนแปลง และ การควบคุม คุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในบ่อผ้าใบ ประกอบด้วยขั้นตอน และ วิธีการดำเนินงานวิจัย แสดงดังต่อไปนี้

1.1.1 การเตรียมน้ำทะเลสำหรับการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม และ การวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนทำการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (ตารางที่ 2 – 1)

1.1.2 การดำเนินการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม และ การวิเคราะห์คุณภาพน้ำตลอดระยะเวลาที่ทำการเลี้ยง

1.1.3 การศึกษาการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมด์ ทำการบันทึกข้อมูลขนาด และน้ำหนักเริ่มต้นของกุ้งขาวแวนนาไมที่เริ่มทำการเลี้ยง เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตต่อระยะเวลา

ตารางที่ 2 – 1 พารามิเตอร์สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง

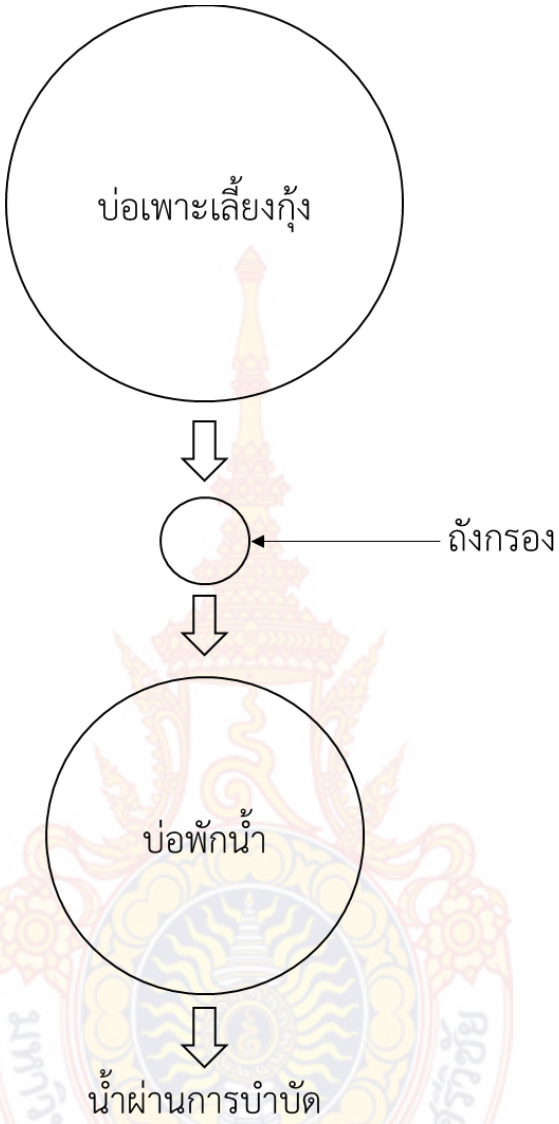
พารามิเตอร์	วิธีการ	วิธีการวิเคราะห์/เครื่องมือ
ปริมาณของแข็งแขวนลอย (TSS)	Dried at 103 – 105 $^{\circ}C^{*}$	APHA, AWWA, and WEF (2005)
พีเอช (pH)	pH Meter	ผลิตภัณฑ์ Hanna รุ่น Hi 98130
ออกซิเจนละลายน้ำ (DO)	DO Meter	ผลิตภัณฑ์ Lutron รุ่น DO-5112SD
อุณหภูมิ (Temperature)	Thermometer	ผลิตภัณฑ์ Hanna รุ่น Hi 98130
ความเค็ม (Salinity)	Salinity Meter	ผลิตภัณฑ์ ATC รุ่น RHS-10 Atc
ความขุ่น (Turbidity)	Turbidity Meter	ผลิตภัณฑ์ Eutech รุ่น TN-100

1.2 การศึกษาวิธีการบำบัดน้ำจากการเลี้ยงกุ้งในบ่อผ้าใบเพื่อระบบน้ำหมุนเวียน

งานวิจัยนี้มีการศึกษาวิธีการบำบัดน้ำจากการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล ที่ทำการวิจัยโดยทำการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในระบบบ่อผ้าใบ ซึ่งจากการดำเนินการวิจัยในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำของการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในบ่อผ้าใบข้างต้น พบว่าปัญหาคุณภาพน้ำในการเลี้ยงกุ้งในบ่อผ้าใบที่สำคัญ คือ ปัญหาการสะสมของตะกอนภายในบ่อที่ส่งผลทำให้น้ำเกิดการเน่าเสียได้หากทิ้งไว้เป็นระยะเวลานาน ซึ่งตะกอนที่สะสมอยู่ในบ่อนั้นส่วนใหญ่เป็นขี้กุ้ง และ เศษอาหาร ดังนั้นการกำหนดวิธีการที่

นำมาใช้ในกระบวนการบำบัดน้ำเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับระบบน้ำหมุนเวียน จึงได้ทำการคัดเลือกวิธีการบำบัดทางกายภาพ คือ วิธีการตกตะกอน และ วิธีการกรองด้วยถังกรอง เพื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม งานวิจัยนี้จึงมีรูปแบบการบำบัดจำนวน 2 รูปแบบ แสดงดังภาพที่ 2 – 4 และ 2 – 5

ภาพที่ 2 – 4 การบำบัดน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งด้วยวิธีทางกายภาพด้วยบ่อตกตะกอน



ภาพที่ 2 – 5 การบำบัดน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งด้วยวิธีทางกายภาพด้วยถังกรอง

ทั้งนี้ในการดำเนินการวิจัยมีการเก็บข้อมูลสำหรับใช้ในการพิจารณาประสิทธิภาพการบำบัด และใช้เป็นข้อมูลเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบระบบบัดน้ำสำหรับปรับปรุงคุณภาพน้ำ เพื่อใช้เป็นระบบน้ำหมุนเวียนสำหรับการเพาะเลี้ยงกุ้งในระบบปิด อย่างเช่นการเลี้ยงกุ้งในบ่อผ้าใบต่อไป โดยมีการกำหนดพารามิเตอร์สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำหลังผ่านการบำบัด แสดงดังตารางที่ 2 – 2

ตารางที่ 2 – 2 พารามิเตอร์สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำหลังผ่านการบำบัด

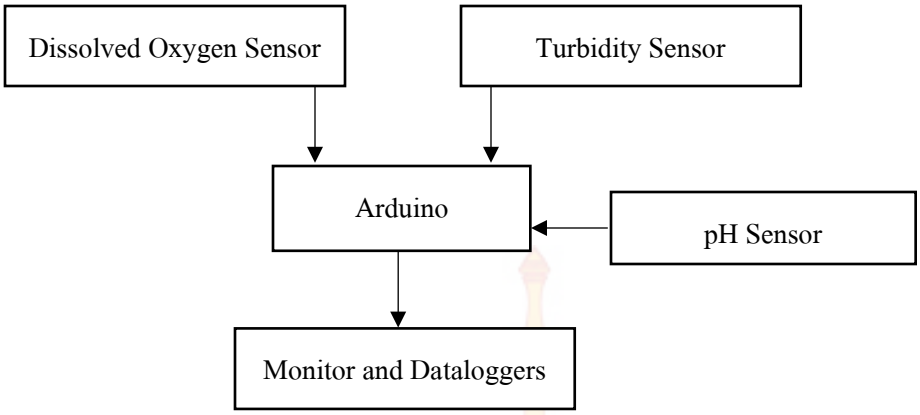
พารามิเตอร์	วิธีการ	วิธีการวิเคราะห์/เครื่องมือ
พีเอช (pH)	pH Meter	ผลิตภัณฑ์ Hanna รุ่น Hi 98130
อุณหภูมิ (Temperature)	Thermometer	ผลิตภัณฑ์ Hanna รุ่น Hi 98130
ปริมาณของแข็งแขวนลอย (TSS)	Dried at 103 – 105 $^{\circ}C^{*}$	APHA, AWWA, and WEF (2005)
ออกซิเจนละลายน้ำ (DO)	DO Meter	ผลิตภัณฑ์ Lutron รุ่น DO-5112SD
ความเค็ม (Salinity)	Salinity Meter	ผลิตภัณฑ์ ATC รุ่น RHS-10 Atc
ความขุ่น (Turbidity)	Turbidity Meter	ผลิตภัณฑ์ Eutech รุ่น TN-100

2. การศึกษาการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับระบบน้ำหมุนเวียนในการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลด้วยระบบติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำออนไลน์

การดำเนินการวิจัยในการศึกษาการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับระบบน้ำหมุนเวียนในการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลด้วยระบบติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำออนไลน์ สำหรับการวิจัยนี้มีการแบ่งการดำเนินงานออกเป็นสองขั้นตอน โดยมีการดำเนินงานในขั้นตอนแรก คือ การออกแบบติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลแบบอัตโนมัติ เพื่อทำการเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำตามพารามิเตอร์ที่กำหนดแบบอัตโนมัติ และ ขั้นตอนที่สองเป็นการคัดเลือกพารามิเตอร์ที่มีความสำคัญ หรือมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ เพื่อพิจารณาเป็นพารามิเตอร์ที่จะพัฒนาเพิ่มเติมให้มีระบบการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำออนไลน์ โดยการแจ้งเตือนผ่านระบบอินเตอร์เน็ต โดยมีรายละเอียดวิธีการดำเนินงานดังต่อไปนี้

2.1 การออกแบบติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการตรวจวัดคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัติในบ่อเลี้ยงกุ้งทะเล

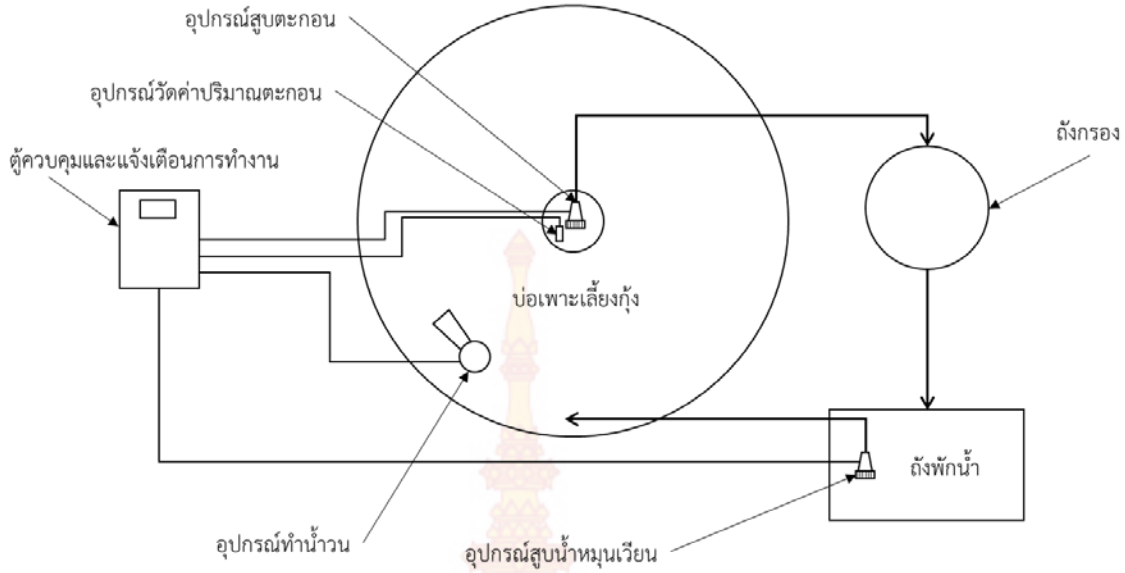
งานวิจัยนี้มีการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการตรวจวัดคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัติ โดยมีการใช้เซ็นเซอร์เพื่อตรวจวัดพารามิเตอร์ คือ ค่าพีเอช (pH) ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen, DO) ค่าปริมาณตะกอนในรูปค่าความขุ่นของน้ำ (Turbidity) เพื่อทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำในช่วงระยะเวลาของการเลี้ยงกุ้ง ซึ่งในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้เลือกใช้กุ้งขาวแวนนาไม เนื่องจากเป็นกุ้งที่นิยมเลี้ยงในช่วงที่ดำเนินการวิจัย โดยแผนภาพประกอบการอธิบายระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งแสดงดังภาพที่ 2 – 6



ภาพที่ 2 – 6 แผนภาพการจัดวางระบบเซ็นเซอร์ตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งทะเล

2.2 การพัฒนาชุดอุปกรณ์ควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียและระบบติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำออนไลน์สำหรับการเลี้ยงกุ้งทะเล

จากข้อมูลที่ได้จากการดำเนินงานวิจัยในส่วนของ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำของการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในบ่อผ้าใบ การศึกษาวิธีการบำบัดน้ำจากการเลี้ยงกุ้งในบ่อผ้าใบเพื่อระบบน้ำหมุนเวียน และ การออกแบบติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลแบบอัตโนมัติ นำมาสู่การพัฒนาชุดอุปกรณ์ควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียและระบบติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำออนไลน์สำหรับการเลี้ยงกุ้งทะเลในบ่อผ้าใบ โดยงานวิจัยนี้ได้มีการพัฒนาในส่วนของชุดอุปกรณ์สำหรับควบคุมปริมาณตะกอนจากชุดอุปกรณ์เซนเซอร์ตรวจวัดค่าปริมาณตะกอนในรูปค่าความขุ่นของน้ำ (Turbidity) เพื่อใช้ในการควบคุมคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งในบ่อผ้าใบ เนื่องจากผลการดำเนินงานวิจัยก่อนหน้าตามวิธีการดำเนินการวิจัยข้างต้น พบว่าปริมาณตะกอนที่ส่วนใหญ่ก่อเกิดจากการสะสมของขี้กุ้งและ เศษอาหาร มีส่วนสำคัญอย่างยิ่งที่ส่งผลให้เกิดการเน่าเสียของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง โดยมีรูปแบบของการจัดวางระบบสำหรับการควบคุมคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง แสดงดังภาพที่ 2 – 7 ทั้งนี้ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้เน้นในส่วนของการกำจัดตะกอนที่สะสมอยู่ในบ่อเลี้ยงกุ้ง



ภาพที่ 2 – 7 การจัดวางระบบชุดอุปกรณ์ควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียและระบบติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำออนไลน์สำหรับการเลี้ยงกุ้งทะเลในบ่อผ้าใบ

3. แนวทางการพัฒนาออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับระบบน้ำหมุนเวียนในการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล

การศึกษาแนวทางการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับระบบน้ำหมุนเวียนในการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล ใช้ข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมผลการดำเนินงานวิจัยทั้งหมดก่อนหน้า ทำการออกแบบและเขียนแบบ ในรูปแบบภาพ 3 มิติ เพื่อการนำเสนอรูปแบบการจัดวางอุปกรณ์ต่าง ๆ ของระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับระบบน้ำหมุนเวียนในการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล ทั้งนี้การออกแบบและเขียนแบบรวมถึงอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบออนไลน์ผ่านระบบอินเตอร์เน็ต ซึ่งเป็นระบบการแจ้งเตือนการทำงานของระบบควบคุมปริมาณตะกอนในบ่อเพาะเลี้ยงกุ้ง

บทที่ 3
ผลการวิจัย และ วิจารณ์ผล
(Result and Discussion)

จากการดำเนินงานวิจัยตามวิธีการดำเนินดำเนินงานวิจัยที่มีการวางแผนการดำเนินงานที่มีความเชื่อมโยง และ/หรือ มีการดำเนินงานที่มีความเกี่ยวเนื่องกันของวิธีการดำเนินงาน ตั้งแต่ในส่วนของการศึกษากระบวนการบำบัดน้ำเสียสำหรับระบบน้ำหมุนเวียนในการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล ที่เป็นการศึกษาเพื่อเก็บข้อมูลเบื้องต้นที่เป็นปัญหาที่สำคัญของระบบการเพาะเลี้ยงกุ้ง ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อพัฒนาการเลี้ยงกุ้งในระบบปิด โดยมีรูปแบบการเลี้ยงที่ใช้ในกรดำเนินการทดลองเป็นการเลี้ยงกุ้งในบ่อผ้าใบ โดยมีการปล่อยลูกกุ้งให้มีความหนาแน่นไม่เกิน 500 ตัว/ลบ.ม. ประกอบกับการคัดเลือกวิธีการบำบัดน้ำเสียที่จะนำมาใช้งาน ต่อเนื่องด้วยการศึกษาการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับระบบน้ำหมุนเวียนในการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลด้วยระบบติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำออนไลน์ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการควบคุมดูแลระบบ นำไปสู่แนวทางการพัฒนาออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับระบบน้ำหมุนเวียนในการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล ซึ่งเป็นส่วนสุดท้ายของการดำเนินงานวิจัยของโครงการวิจัยนี้ โดยมีรายละเอียดผลการดำเนินงานวิจัยแสดงดังต่อไปนี้

1. ผลการศึกษากระบวนการบำบัดน้ำเสียสำหรับระบบน้ำหมุนเวียนในการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล

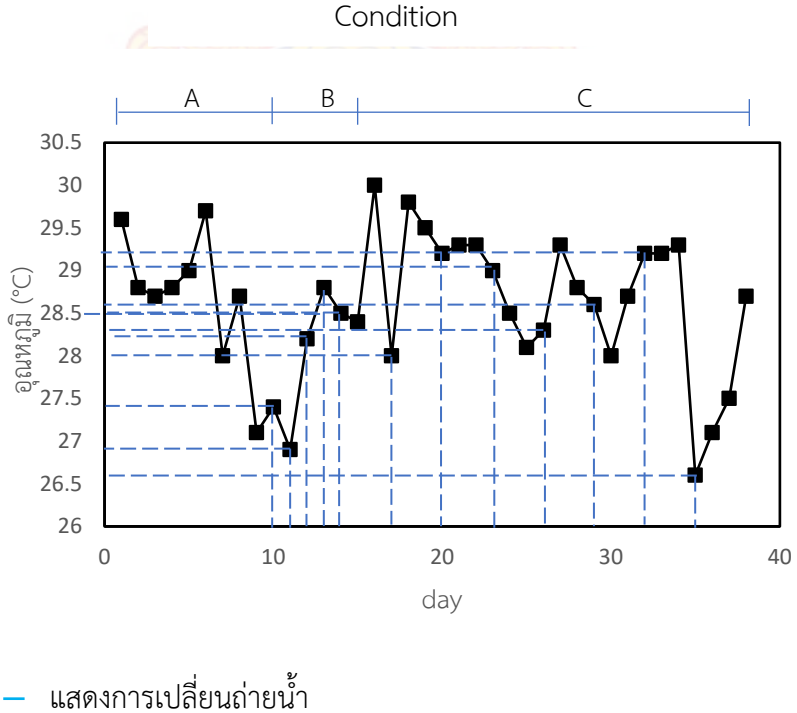
1.1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำของการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในบ่อผ้าใบ

ผลการวิจัยส่วนนี้เป็นผลจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งแวนนาไมในบ่อผ้าใบ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพิจารณาคัดเลือกวิธีการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากการเลี้ยงกุ้ง รวมถึงวิธีการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย โดยจากการพิจารณาคัดเลือกพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องสำหรับการควบคุมคุณภาพน้ำสำหรับการเลี้ยงกุ้ง คือ อุณหภูมิ (Temperature) ค่าพีเอช (pH) ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen, DO) ค่าความเค็ม (Salinity) ค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ค่าความขุ่น (Turbidity) สารแขวนลอย (Total Suspended Solid, TSS) แอมโมเนีย (Ammonia) ไนไตรท์ (Nitrite) และ ไนเตรท (Nitrate) ทั้งนี้การพิจารณาคัดเลือกพารามิเตอร์ที่ทำการตรวจวัดนั้น มีการพิจารณาร่วมกับข้อมูลพารามิเตอร์ที่สามารถใช้เซนเซอร์เพื่อการตรวจวัดได้ เพื่อแนวทางการพัฒนาด้วยวิธีการตรวจวัดแบบอัตโนมัติในลำลับถัดไป โดยเฉพาะพารามิเตอร์ที่แสดงถึงค่า หรือ ปริมาณ และ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำที่มีผลทำให้เกิดการเน่าเสียของน้ำ ซึ่งจะเป็นแนวทางในการคัดเลือกเป็น

พารามิเตอร์ที่จะนำไปพัฒนาในส่วนของการตรวจวัดแบบอัตโนมัติ และ/หรือ ใช้สำหรับการควบคุมคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง โดยมีรายละเอียดผลการดำเนินงานวิจัยแสดงดังต่อไปนี้

1.1.1 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Temperature)

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม แสดงดังภาพที่ 3 – 1 พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพอากาศโดยทั่วไป โดยในช่วงที่มีอากาศร้อนอุณหภูมิภายในบ่อจะเพิ่มสูงขึ้น และ ในช่วงที่ฝนตกอุณหภูมิของน้ำภายในบ่อเลี้ยงกุ้งก็จะลดลง ซึ่งแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพอากาศ โดยเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งแวนนาไมอยู่ในช่วง 28 – 32 (กรมประมง, 2550) ซึ่งในช่วงระหว่างการดำเนินการวิจัยอุณภูมิของน้ำภายในบ่อเพาะเลี้ยงกุ้งส่วนใหญ่อยู่ในช่วงที่เหมาะสม โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 28.5 องศาเซลเซียส ทั้งนี้จากการที่ในช่วงระยะเวลาดำเนินการวิจัยมีฝนตกหนักและต่อเนื่องเป็นระยะเวลาหลายวัน ทำให้บางวันมีอุณภูมิต่ำ โดยมีค่าอุณภูมิต่ำสุดเท่ากับ 26.6 องศาเซลเซียส ซึ่งเกิดขึ้นในวันที่มีฝนตกหนัก แต่ในช่วงระยะเวลาที่ดำเนินการวิจัยบางวันมีสภาพอากาศร้อนทำให้มีอุณหภูมิของน้ำภายในบ่อเลี้ยงมีค่าสูงสุดเท่ากับ 30 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามการควบคุมอุณภูมิให้อยู่ในช่วงค่าที่เหมาะสมกระทำได้ยาก และ อาจต้องลงทุนสูง ดังนั้นการเลี้ยงกุ้งในระบบปิดที่มีหลังคาป้องกันน้ำฝน หรือ แสงแดดจึงเป็นแนวทางที่จะสามารถช่วยในการควบคุมอุณหภูมิที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศได้

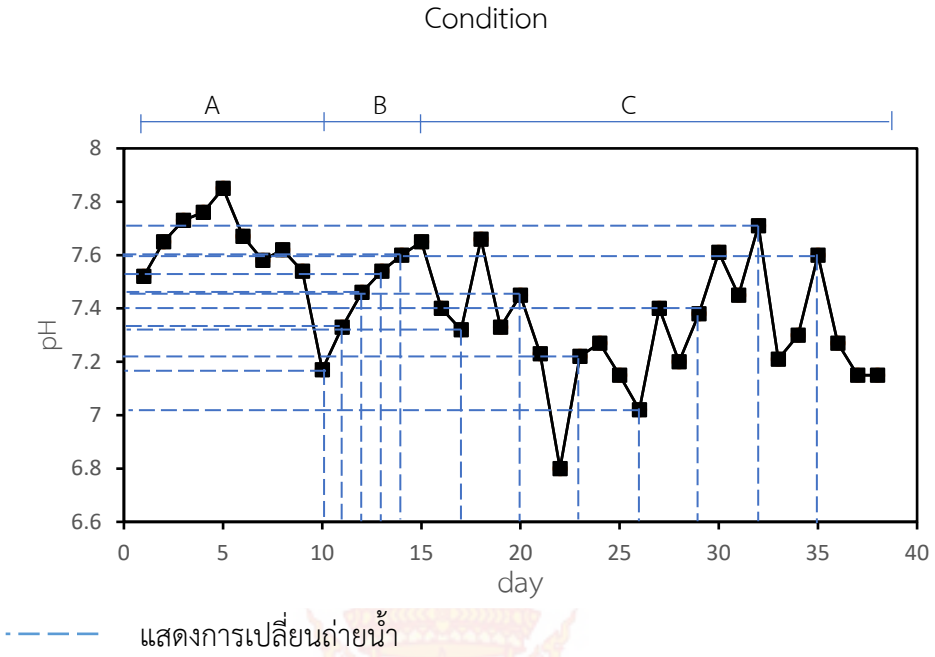


ภาพที่ 3 – 1 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิ (Temperature) ของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง

1.1.2 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช (pH)

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช (pH) ของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง แสดงดังภาพที่ 3 – 2 พบว่า ในช่วง 5 วันแรก (Condition A) ค่าพีเอชมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่มีค่าพีเอชเพิ่มขึ้น แต่หลังจากนั้นค่าพีเอชของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมมีแนวโน้มลดลง ซึ่งอาจเป็นผลจากการใช้แร่ธาตุเพื่อการเจริญเติบโตของกุ้ง ทั้งนี้การดำเนินงานิวัยในครั้งนี้ พบว่าการสะสมของของเสียภายในบ่อที่เกิดจากขี้กุ้ง และ เศษอาหาร ทำให้น้ำเกิดสภาพการเน่าเสีย จึงมีการดำเนินการทดลองในส่วนของการเปลี่ยนถ่ายน้ำเพื่อช่วยลดค่าสิ่งสกปรกที่สะสมภายในบ่อเลี้ยง และ พบว่าการเปลี่ยนถ่ายน้ำซึ่งเป็นน้ำที่เตรียมจากแหล่งธรรมชาติ พบว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของน้ำภายในบ่อเลี้ยงกุ้ง โดยจากการทดลองเปลี่ยนถ่ายน้ำ ไม่เกินร้อยละ 20 ของปริมาณน้ำในบ่อเลี้ยงทั้งหมด (Condition B) พบว่าการเปลี่ยนถ่ายน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของน้ำภายในบ่อเพาะเลี้ยงกุ้ง โดยผลการทดลองแสดงให้ทราบถึงอิทธิพลของการเปลี่ยนถ่ายน้ำเป็นประจำทุกวันอย่างสม่ำเสมอเมื่อค่าพีเอชลดลง จะมีผลทำให้ค่าพีเอชมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างสมำเสมอเช่นเดียวกัน แต่หากการเปลี่ยนถ่ายน้ำมีการดำเนินการที่ไม่สม่ำเสมอ (Condition C) การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของน้ำก็จะไม่มีความสม่ำเสมอ ดังนั้นผลจากการวิจัยแสดงให้ทราบว่าการเปลี่ยนถ่ายน้ำอย่างสม่ำเสมอจะช่วยในส่วนของการควบคุมค่าพีเอชของน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงกุ้งได้อีกด้วย อย่างไรก็ตามสภาพอากาศที่มีฝนตกอาจมีผลทำให้ค่าพีเอชลดลงได้ เนื่องจากน้ำฝนที่มีพีเอชต่ำกว่าน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง ทั้งนี้ความเหมาะสมของค่าพีเอชในน้ำต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ควรอยู่ระหว่าง 7.5 – 8.0 (กรมประมง, 2556) ซึ่งในวันที่ 22 ของการเลี้ยงกุ้งพบว่าค่าพีเอชลดลงอย่างมากเหลือเพียง 6.8 เนื่องจากในวันดังกล่าวมีฝนตกหนักมาก ค่าพีเอชของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมจึงมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณน้ำฝนเนื่องจากน้ำฝนมีค่าพีเอชต่ำกว่าน้ำในบ่อ แต่เมื่อทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำพบว่าค่าพีเอชเพิ่มขึ้นเป็น 7.22 ในวันถัดมา ผลจากการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนถ่ายน้ำสามารถช่วยในการรักษาระดับค่าพีเอชได้ โดยหากทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำอย่างสม่ำเสมอจะช่วยให้ค่าพีเอชมีความสม่ำเสมอด้วยเช่นกัน

จากการดำเนินงานวิจัยดังกล่าวข้างต้น จึงมีการกำหนดค่าพีเอชเป็นพารามิเตอร์สำหรับการดำเนินงานในส่วนของการตรวจวัดแบบอัตโนมัติ เพื่อใช้ในการควบคุมค่าพีเอชของน้ำให้มีความสม่ำเสมอ เนื่องจากค่าพีเอชของน้ำมีผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้งที่ทำการเลี้ยง ซึ่งจะกล่าวถึงผลการดำเนินงานวิจัยในส่วนดังกล่าวในลำลับถัดไป



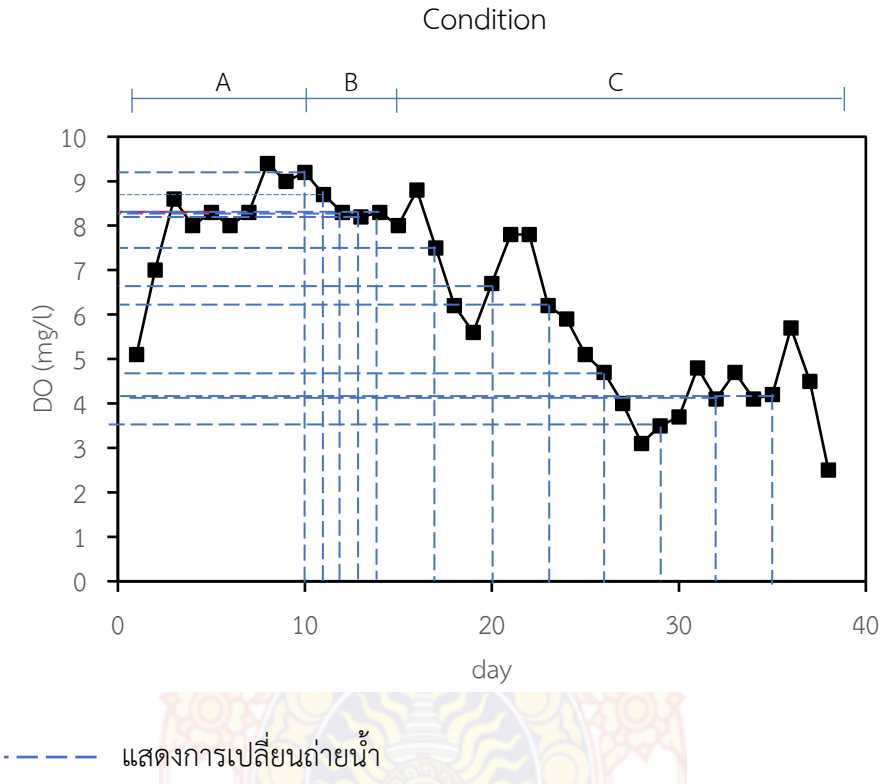
ภาพที่ 3 – 2 ผลการตรวจวัดค่าพีเอช (pH) ของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง

1.1.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen, DO)

จากการดำเนินงานวิจัยโดยทำการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในระบบบ่อผ้าใบ ซึ่งจากการทดลองพบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีแนวโน้มที่ลดลงอย่างต่อเนื่องจากช่วงเริ่มต้นที่ทำการเลี้ยง แสดงดังภาพที่ 3 – 3 เนื่องจากกุ้งมีการเจริญเติบโต และ มีความต้องการใช้ออกซิเจนมากขึ้น โดยมีการลดลงมากกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ มีค่าลดลงต่ำกว่า 5 มิลลิกรัมออกซิเจนต่อลิตร (กรมประมง, 2556) หลังจากการเลี้ยงกุ้งเป็นเวลา 25 วัน ซึ่งอาจเป็นผลจากความต้องการของกุ้งที่มีขนาดใหญ่ขึ้น จึงมีความต้องการใช้ออกซิเจนปริมาณมาก โดยถึงแม้ว่ากุ้งจะสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้แต่จะส่งผลทำให้อาจมีปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอจนส่งผลต่อการเจริญเติบโต โดยเฉพาะเมื่อเกิดปัญหาที่เกี่ยวข้องกับกระแสไฟฟ้า หรือ เกิดความขัดข้องของเครื่องเติมอากาศ เช่น ไฟฟ้าดับ หรือ เครื่องเติมอากาศเสีย ซึ่งจะทำให้มีระยะเวลาสำหรับแก้ไขปัญหาน้อยเกินไป จนทำให้กุ้งตายได้ ดังนั้นการเลี้ยงกุ้งในระบบปิดแบบบ่อผ้าใบควรควบคุมความหนาแน่นไม่ให้มากเกินไป หรือ มีการแยกบ่อเลี้ยง โดยการสังเกตจากค่าออกซิเจนละลายน้ำหากพบว่ามีค่าลดลงต่ำกว่า 5 มิลลิกรัมออกซิเจนต่อลิตร ต้องทำการแยกกุ้งไปเลี้ยงในบ่ออื่นเพื่อลดความหนาแน่นของกุ้ง หรือ ใช้เครื่องเติมอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงพอที่จะสามารถเติมอากาศให้มีปริมาณออกซิเจนอยู่ในช่วงที่เหมาะสม

อย่างไรก็ตามหากทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำเข้าบ่อที่มีการเติมอากาศไว้ก่อนหน้าอาจจะช่วยให้สามารถควบคุมปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในของบ่อเลี้ยงได้ดียิ่งขึ้น หรือใช้ปูนออกซิเจนช่วยแก้ไข หาก

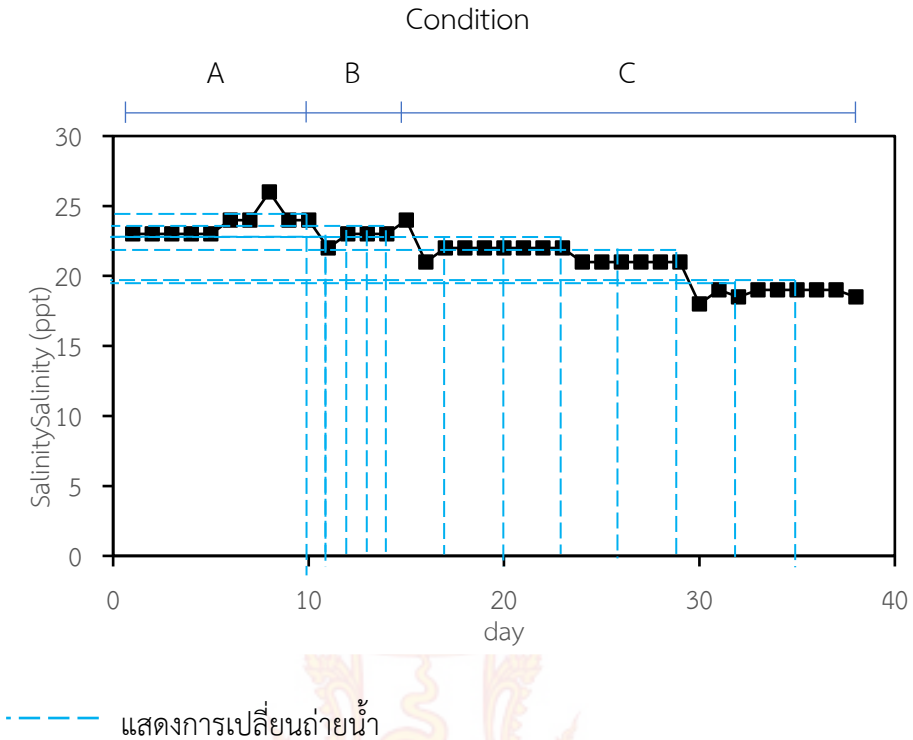
เกิดปัญหากับระบบเติมอากาศ เนื่องจากค่าออกซิเจนละลายน้ำมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตของกุ้งที่ทำการเลี้ยง ดังนั้นจึงมีการกำหนดค่าออกซิเจนละลายน้ำเป็นพารามิเตอร์สำหรับการดำเนินงานในส่วนของการตรวจวัดแบบอัตโนมัติ ซึ่งจะกล่าวถึงผลการดำเนินงานวิจัยในส่วนดังกล่าวในลำลับถัดไป



ภาพที่ 3 – 3 ผลการตรวจวัดค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง

1.1.4 การเปลี่ยนแปลงค่าความเค็ม (Salinity)

ผลจากการตรวจวัดค่าความเค็มของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม แสดงดังภาพที่ 3 – 4 พบว่าค่าความเค็มมีการเปลี่ยนแปลงที่ได้รับอิทธิพลจากสภาพอากาศ โดยในช่วงเริ่มทำการปล่อยลูกกุ้งมีค่าความเค็มเท่ากับ 21 ppt แต่ในช่วงของการดำเนินงานวิจัยพบว่าค่าความเค็มลดลงอย่างต่อเนื่อง จากการเกิดฝนตกและมีน้ำฝนบางส่วนไหลเข้าไปเจือจางน้ำในบ่อ แต่ในช่วงวันที่มีสภาพอากาศร้อนจะมีผลทำให้ค่าความเค็มเพิ่มสูงขึ้น โดยค่าความเค็มสำหรับเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม อยู่ในช่วง 2 – 35 ppt (กรมประมง, 2556) ซึ่งการทดลองในครั้งนี้มีค่าความเค็มอยู่ในช่วงที่แนะนำ ทั้งนี้การเลี้ยงกุ้งแวนนาไมในระบบปิดที่มีหลังคาป้องกันน้ำฝนจะสามารถช่วยในการควบคุมการเปลี่ยนแปลงค่าความเค็มที่ลดลงได้ หรือ ในช่วงหน้าร้อนก็จะสามารถควบคุมค่าความเค็มที่เพิ่มสูงขึ้นได้เช่นกัน

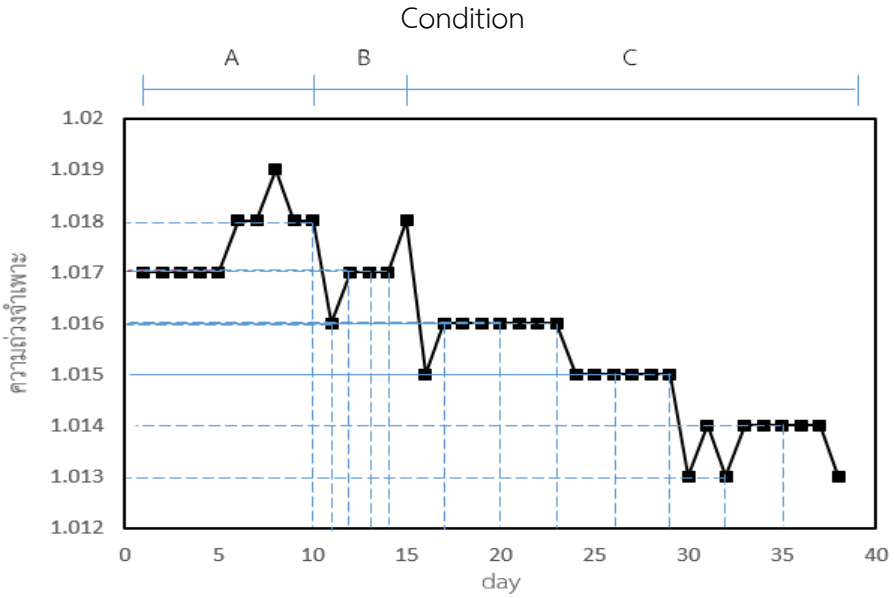


ภาพที่ 3 – 4 ผลการตรวจวัดค่าความเค็ม (Salinity) ของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง

การควบคุมค่าความเค็มสำหรับการเลี้ยงกุ้งในระบบปิด หากไม่มีโครงสร้างป้องกันน้ำฝน อาจใช้วิธีการเลี้ยงด้วยการเตรียมน้ำที่มีค่าความเค็มสูงไว้สำหรับการเปลี่ยนถ่ายน้ำเพื่อเพิ่มค่าความเค็ม หรือ ใช้เกลือสินเธาว์ เพื่อไว้เติมลงไปในบ่อเลี้ยง เติมลงระหว่างทำการเลี้ยงกรณีที่มีแนวโน้มค่าความเค็มลดลง

1.1.5 การเปลี่ยนแปลงค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)

ค่าความเค็มของน้ำจะมีผลต่อค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำในบ่อเลี้ยงที่มีค่าลดลงตามค่าความเค็ม แสดงดังภาพที่ 3 – 5 ซึ่งผลการดำเนินงานวิจัยพบว่าผลกระทบจาก ค่าความเค็ม และ ค่าความถ่วงจำเพาะ ที่ลดลงจะมีผลทำให้ค่าความขุ่นของน้ำในบ่อเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากผลของการเปลี่ยนแปลงค่าความเค็ม และความถ่วงจำเพาะ ของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง หากมีค่าลดลงจะทำให้ตะกอนที่อยู่ก้นบ่อเกิดการฟุ้งกระจาย ดังนั้นการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในน้ำที่มีความเค็มสูง (ค่าความถ่วงจำเพาะสูง) จะช่วยให้การตกตะกอนเกิดขึ้นได้ดี และ เร็วกว่าความเค็มต่ำ (ค่าความถ่วงจำเพาะต่ำ) ซึ่งจะช่วยในส่วนของการตกตะกอนสิ่งสกปรก หรือ ของเสียที่มีลักษณะเป็นตะกอนของแข็ง ซึ่งจะสามารถทำให้การควบคุม หรือ ดูดตะกอนออกจากบ่อได้ง่ายกว่าการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในน้ำที่มีความเค็มต่ำ

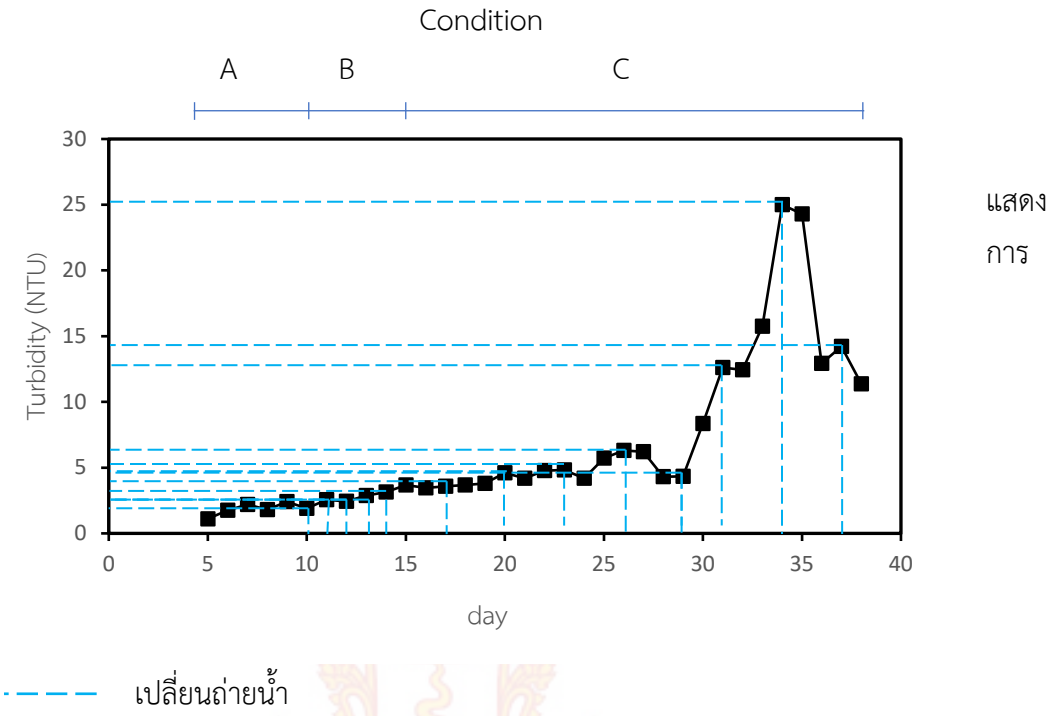


ภาพที่ 3 – 5 ผลการตรวจวัดความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง

1.1.6 การเปลี่ยนแปลงค่าความขุ่น (Turbidity)

จากการวัดค่าความขุ่นของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งแวนนาไมที่ได้ดำเนินการทดลอง พบว่าปริมาณความขุ่นมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเกิดจากการสะสมของตะกอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจาก ขี้กุ้ง เศษอาหาร ที่มีการสะสมเพิ่มมากขึ้นจนส่งผลทำให้ค่าความขุ่นของน้ำมีค่าเพิ่มสูงขึ้น แสดงดังภาพที่ 3 – 6 ทั้งนี้การเปลี่ยนถ่ายน้ำสามารถทำให้ปริมาณความขุ่นภายในบ่อลดลงได้ โดยสามารถความคุมให้ลดลงได้ตามปริมาณการเปลี่ยนถ่ายน้ำ แต่สภาพอากาศในช่วงที่ฝนตกหากมีน้ำฝนตกลงไปเจือจางน้ำในบ่อเลี้ยง จะส่งผลทำให้ตะกอนเกิดการฟุ้งกระจายได้มากกว่าปรกติ ทั้งนี้เป็นผลจากค่าความเค็ม และความถ่วงจำเพาะของน้ำที่มีค่าลดลงดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น

ทั้งนี้ผลจากค่าความขุ่นที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นระหว่างการเลี้ยงกุ้ง สามารถควบคุมได้ด้วยการเปลี่ยนถ่ายน้ำ หรือ ใช้ระบบน้ำหมุนเวียนที่มีระบบกรอง หรือ บ่อตกตะกอน เพื่อกำจัดตะกอนออกจากน้ำก่อนทำการหมุนเวียนน้ำกลับเข้าบ่อเลี้ยง



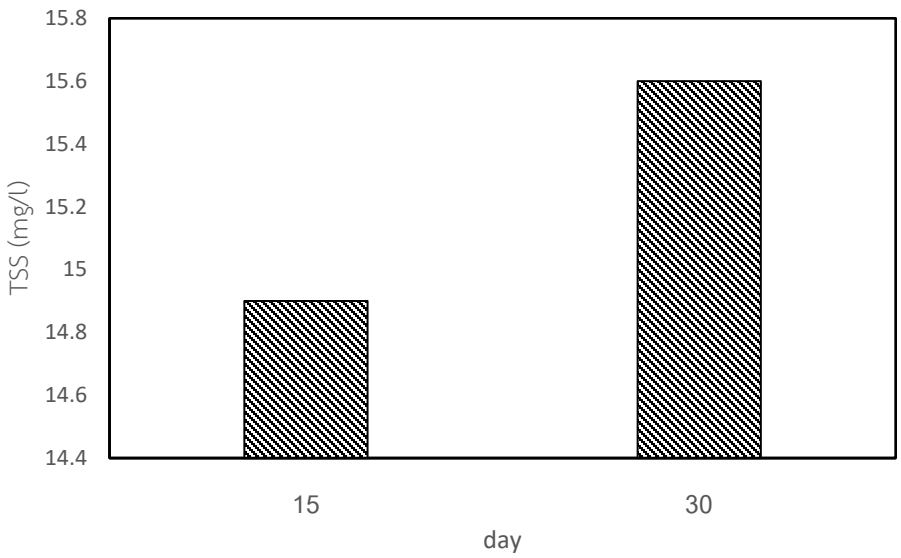
แสดง

การ

ภาพที่ 3 – 6 ผลการตรวจวัดค่าความขุ่น (Turbidity) ของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง

1.1.7 ปริมาณของแข็งแขวนลอย (Total Suspended Solid, TSS)

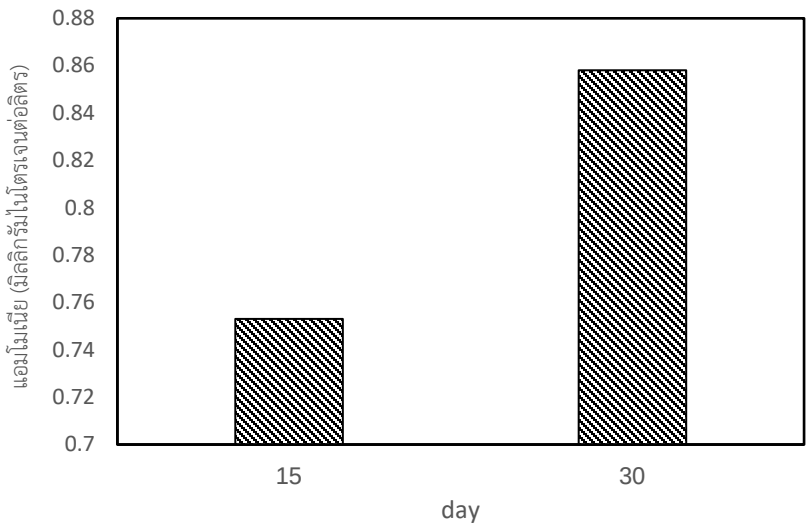
ผลจากการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งแขวนลอย พบว่าปริมาณของแข็งแขวนลอยมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้น แสดงดังภาพที่ 3 – 7 ซึ่งเป็นผลจากการสะสมของขี้กุ้ง เศษอาหาร และ สิ่งสกปรกอื่น ๆ ซึ่งค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยจะมีความสัมพันธ์กับค่าความขุ่นของน้ำ เนื่องจากหากค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยเพิ่มสูงขึ้นก็จะทำให้ค่าความขุ่นเพิ่มสูงขึ้นเช่นเดียวกัน ทั้งนี้การควบคุมค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยในบ่อเพาะเลี้ยงกุ้งอาจใช้วิธีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ หรือ ใช้ระบบน้ำหมุนเวียนจะช่วยในเรื่องของการความคุมปริมาณของแข็งแขวนลอยในบ่อกุ้งแวนนาไมแบบระบบปิดได้



ภาพที่ 3 – 7 ปริมาณของสารแขวนลอย (Total Suspended Solid) ของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง

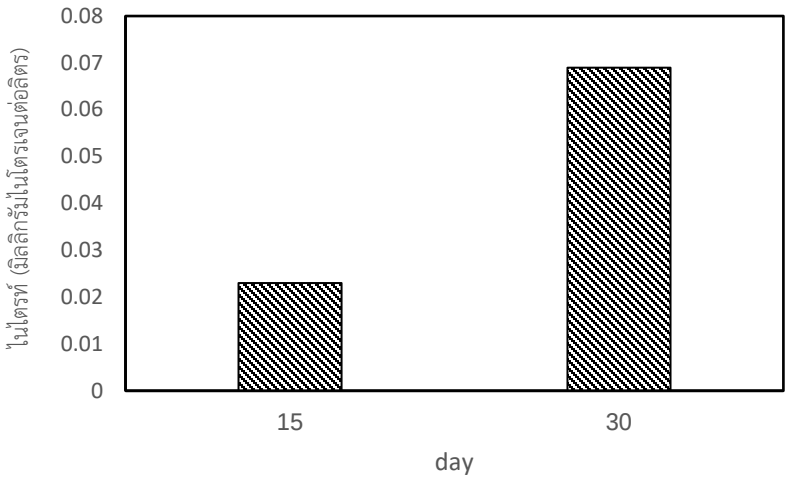
1.1.8 แอมโมเนีย (Ammonia) ไนไตรท์ (Nitrite) ไนเตรท (Nitrate)

ผลจากการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อทำการวิเคราะห์ค่าแอมโมเนีย (Ammonia) ในช่วงระยะเวลาดำเนินการวิจัย โดยจากผลจากการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ พบว่าค่าแอมโมเนียในช่วงระยะเวลาไม่เกิน 1 เดือน มีค่าไม่เกิน 1 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ซึ่งค่าแอมโมเนียยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของการเพาะเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (กรมประมง, 2556) แต่ผลจากการวิเคราะห์ค่าแสดงให้ทราบถึงแนวโน้มของค่าแอมโมเนียที่จะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาที่ทำการเลี้ยงมากขึ้น แสดงดังภาพที่ 3 – 8 ทั้งนี้อาจเป็นผลสืบเนื่องจากของเสียที่เป็นสารอินทรีย์มีปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้น และ เกิดกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์ส่งผลทำให้ค่าแอมโมเนียเพิ่มขึ้นในบ่อ



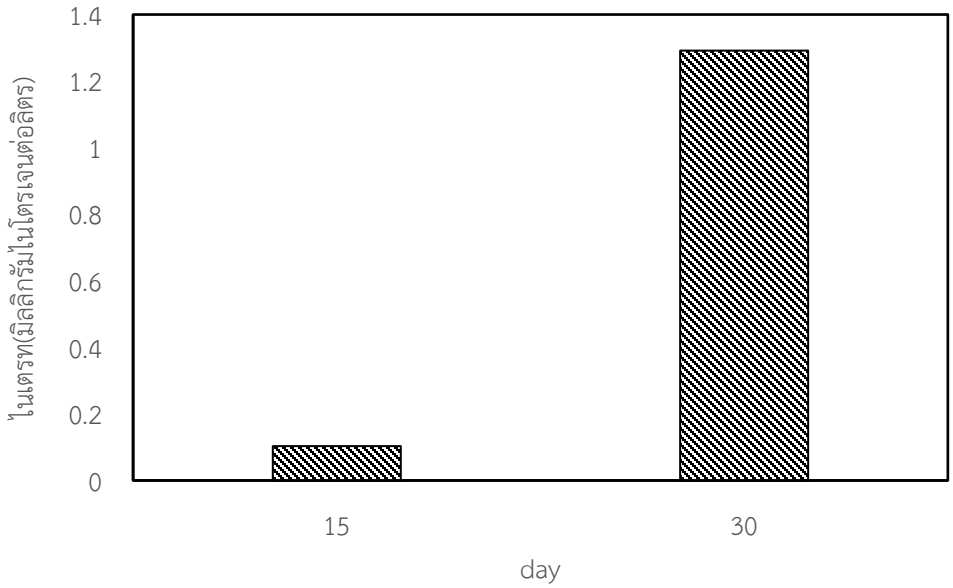
ภาพที่ 3 – 8 ผลการตรวจวิคราะห์ค่าแอมโมเนีย (Ammonia) ของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง

ผลจากการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อทำการวิเคราะห์ค่าไนไตรท์ (Nitrite) ซึ่งพบว่ามีแนวโน้มเช่นเดียวกับค่าแอมโมเนีย โดยในช่วงระยะเวลาการเลี้ยงเริ่มต้นมีค่าไนไตรท์ (Nitrite) ไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (กรมประมง, 2556) แต่มีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้น แสดงดังภาพที่ 3 – 9 ซึ่งอาจเป็นผลสืบเนื่องจากค่าแอมโมเนียมีการเพิ่มสูงขึ้น และ เกิดกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์เปลี่ยนไปเป็นไนไตรท์ ซึ่งเป็นผลจากการสะสมของสารอินทรีย์ในบ่อเลี้ยงกุ้ง



ภาพที่ 3 – 9 ผลการตรวจวิเคราะห์ค่าไนไตรท์ (Nitrite) ของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง

ผลจากการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อทำการวิเคราะห์ค่าไนเตรท (Nitrate) พบว่ามีแนวโน้มเช่นเดียวกับค่าแอมโมเนีย และ ค่าไนไตรท์ (Nitrite) ซึ่งพบว่าในช่วงระยะเวลา 1 เดือนของการเลี้ยงมีค่าไนเตรทน้อยมาก เมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน ที่กำหนดไว้ไม่ควรเกิน 20 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร (กรมประมง, 2556) แต่มีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้น แสดงดังภาพที่ 3 – 10 ซึ่งอาจเป็นผลสืบเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของค่าแอมโมเนีย และ ไนไตรท์ ที่จะเปลี่ยนเป็นไนเตรทผ่านกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์



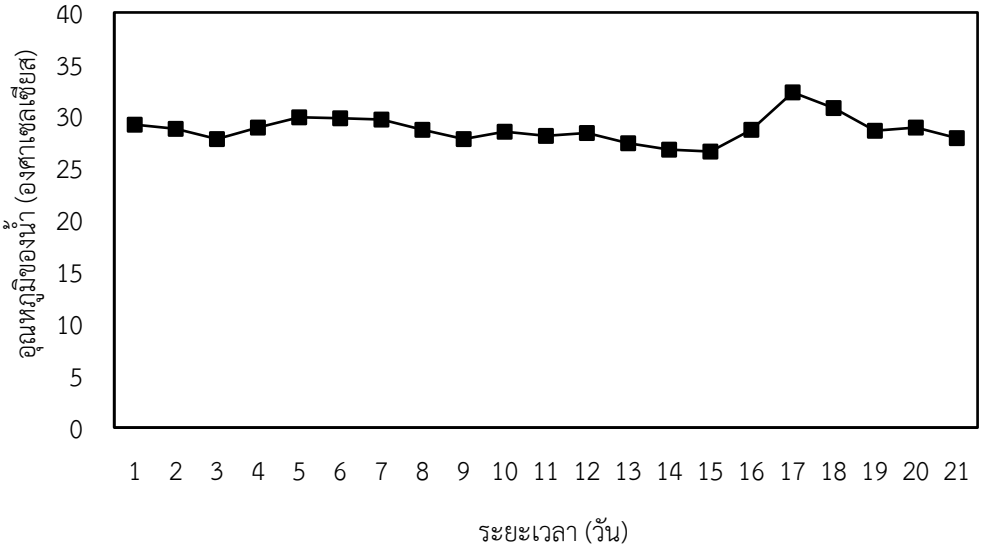
ภาพที่ 3 – 10 ผลการตรวจวิเคราะห์ค่าไนเตรท (Nitrate) ในบ่อเลี้ยงกุ้ง

1.2 การศึกษาวิธีการบำบัดน้ำจากการเลี้ยงกุ้งในบ่อผ้าใบด้วยบ่อตกตะกอนเพื่อระบบน้ำหมุนเวียน

จากการศึกษาการบำบัดน้ำเสียในบ่อตกตะกอนสำหรับการเลี้ยงกุ้งขาวเวนนาไมด์ ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงให้ทราบถึงน้ำเสียที่เข้าสู่กระบวนการบำบัดมีความสกปรกในรูปค่าของแข็งแขวนลอย และ ความขุ่น ค่อนข้างสูง ทั้งนี้เกิดจากการปนเปื้อนของ ขี้กุ้ง และ เศษอาหาร ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ การศึกษาประสิทธิภาพบำบัดน้ำเสียในบ่อตกตะกอนสำหรับการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ถึงการเปลี่ยนแปลงค่าของแข็งแขวนลอย และ ค่าความขุ่น มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.2.1 การเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิของน้ำในบ่อตกตะกอน

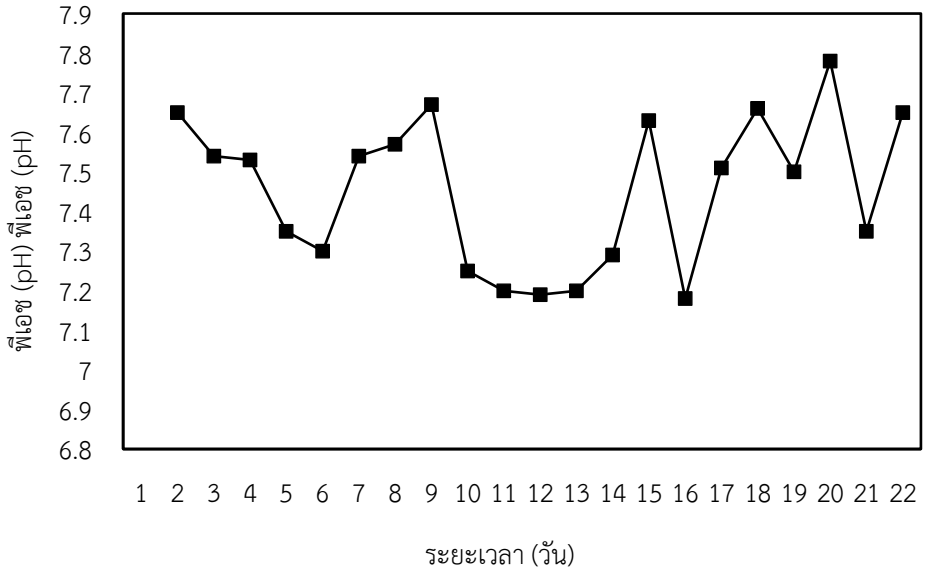
อุณหภูมิของน้ำในบ่อตกตะกอนแสดงดังภาพที่ 3 – 11 โดยในการทดลองค่าอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงไม่คงที่ มีอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 32.3 องศาเซลเซียส และ มีอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 26.6 องศาเซลเซียส ตลอดการทดลองมีค่าเฉลี่ย 28.74 องศาเซลเซียส (เกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมอยู่ในช่วง 28 – 32 องศาเซลเซียส (กรมประมง, 2556) ซึ่งอุณหภูมิในแต่ละวันจะมีความแตกต่างกัน ซึ่งบ่อตกตะกอนไม่สามารถควบคุมการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิได้ เนื่องจากสภาพอากาศเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้อุณหภูมิของน้ำมีการเปลี่ยนแปลง เช่น อากาศร้อนทำให้อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น และ ถ้าหากฝนตกอุณหภูมิของน้ำจะลดลง



ภาพที่ 3 – 11 ผลการตรวจวัดค่าอุณหภูมิของน้ำในบ่อตกตะกอน

1.2.2 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช (pH) ในบ่อตกตะกอน

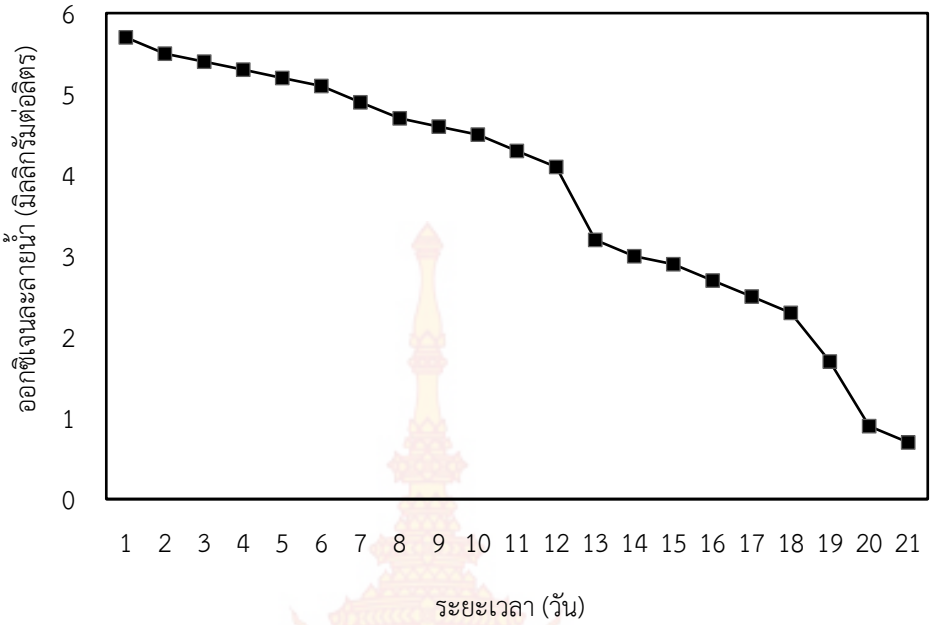
ผลการตรวจวัดค่าพีเอช (pH) ในบ่อตกตะกอน แสดงดังภาพที่ 3 – 12 ซึ่งพบว่าในบ่อตกตะกอน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.45 โดยบ่อตกตะกอนมีความสามารถในการควบคุมค่าพีเอชให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คือ มีช่วงค่าอยู่ที่ 7.0 – 8.5 (กรมประมง, 2556) ซึ่งตลอดการทดลอง น้ำเสียมีลักษณะที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชไม่มาก และแนวโน้มอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน



ภาพที่ 3 – 12 ผลการตรวจวัดค่าพีเอช (pH) ในบ่อตกตะกอน

1.2.3 การเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายน้ำในบ่อตกตะกอน

ผลการวิเคราะห์ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในบ่อตกตะกอน แสดงดังภาพที่ 3 – 13 โดยในวันแรก มีค่าเท่ากับ 5.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอยู่ในช่วงค่าความต้องการในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม คือ ไม่น้อยกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรมประมง, 2556) และมีค่าใกล้เคียงกับในบ่อเลี้ยง เมื่อระยะเวลาผ่านไป 1 สัปดาห์ ค่าออกซิเจนละลายน้ำก็ลดลงอย่างต่อเนื่อง จนปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในบ่อตกตะกอนลดลงต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ทั้งนี้เนื่องจากน้ำเสียที่ถ่ายออกจากบ่อเลี้ยงที่มีของเสียปะปนมากับน้ำเกิดการของของเสียโดยจุลินทรีย์ในบ่อตกตะกอน จึงทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำมีแนวโน้มที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง ผลจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าบ่อตกตะกอนไม่มีประสิทธิภาพในการควบคุม หรือ เพิ่มปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ กรณีมีการนำน้ำที่ผิวไปบำบัดโดยการเติมอากาศเพื่อเพิ่มออกซิเจนละลายน้ำอาจช่วยให้สามารถนำกลับมาใช้เลี้ยงกุ้งใหม่ได้

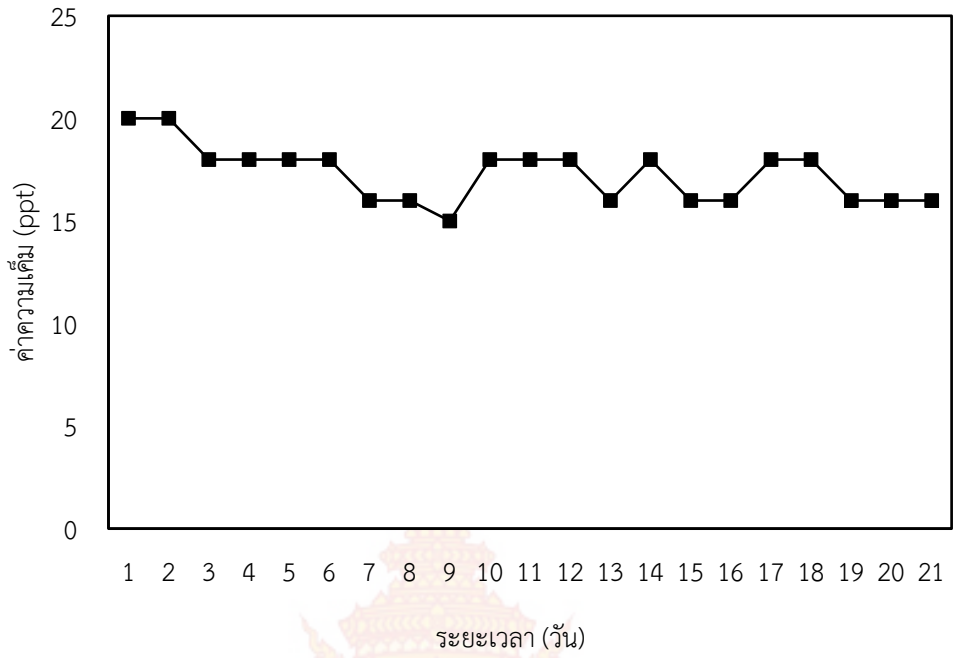


ภาพที่ 3 – 13 ผลการตรวจวัดค่าออกซิเจนละลายน้ำในบ่อตกตะกอน

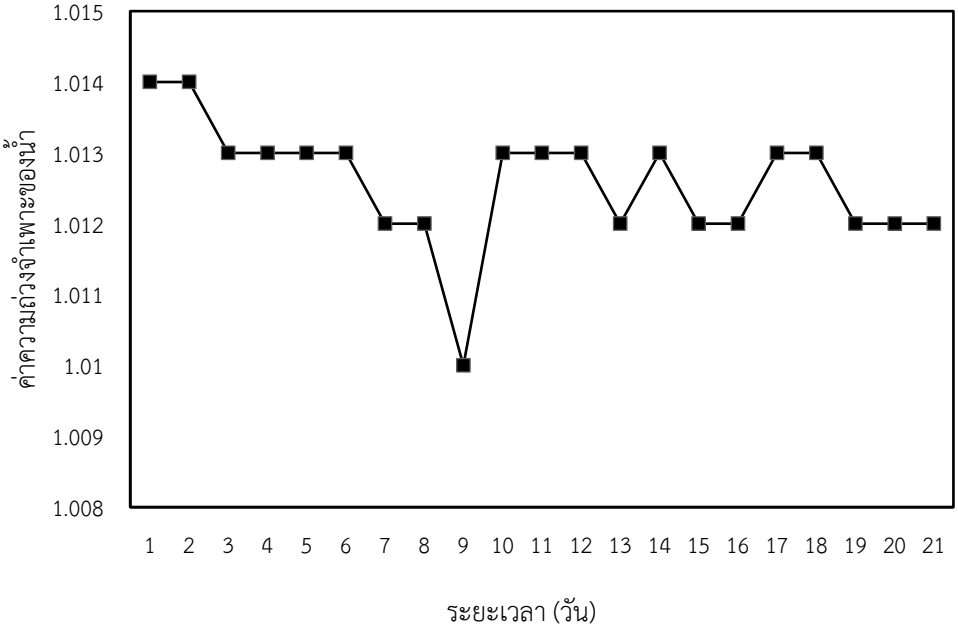
1.2.4 การเปลี่ยนแปลงค่าความเค็มในบ่อตกตะกอน

ผลจากการวิเคราะห์ค่าความเค็มของน้ำในบ่อตกตะกอน พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.29 ppt แสดงดังภาพที่ 3 – 14 พบว่าค่าความเค็มมีการเปลี่ยนแปลงไม่คงที่เป็นผลมาจากสภาพอากาศที่เกิดฝนตกหนักในช่วงระยะเวลาการทดลอง อย่างไรก็ตามความเค็มของน้ำในการทดลองครั้งนี้ยังอยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้ง คือ อยู่ในช่วง 2–35 ppt (กรมประมง, 2556) ซึ่งการเลี้ยงกุ้งในน้ำที่มีความเค็มที่ไม่เหมาะสมจะทำให้กุ้งมีเปลือกบาง และอาจมีการเกร็งของกล้ามเนื้อกุ้งเมื่อสัมผัสกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันทำให้กุ้งตายได้ (กรมประมง, 2556)

ผลจากการตรวจวัดค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำ แสดงดังภาพที่ 3 – 15 ซึ่งพบว่าค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 1.01 – 1.014 ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าความเค็มในบ่อตกตะกอนที่มีแนวโน้มลดลง เมื่อมีน้ำฝนเข้ามาเจือจางในบ่อตกตะกอน ซึ่งความเค็มมีความสัมพันธ์กับค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำ โดยค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำจะมีค่าแปรผันตามค่าความเค็ม ซึ่งหากค่าความเค็มลดลงค่าความถ่วงจำเพาะจะลดลงด้วยเช่นกัน และ มีผลต่อการฟุ้งกระจายของตะกอนที่อยู่ในบ่อตกตะกอน



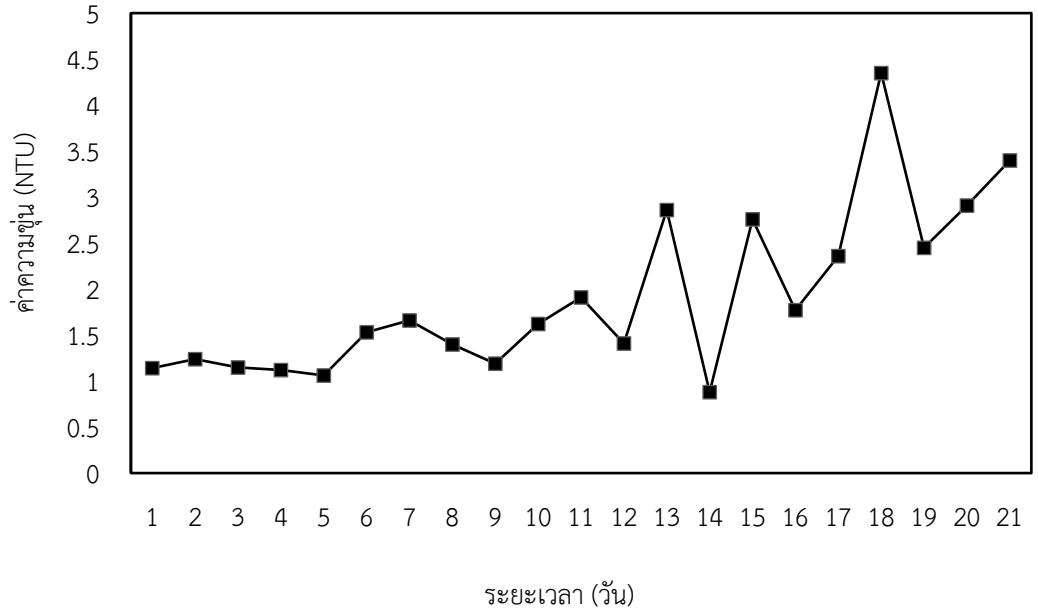
ภาพที่ 3 – 14 ผลการตรวจวัดค่าความเค็มในบ่อตกตะกอน



ภาพที่ 3 – 15 ผลการตรวจวัดค่าความถวงจำเพาะของน้ำในบ่อตกตะกอน

1.2.5 การเปลี่ยนแปลงค่าความขุ่นของน้ำในบ่อตกตะกอน

ผลจากการตรวจวัดค่าความขุ่น (Turbidity) ของน้ำในบ่อตกตะกอนแสดงดังภาพที่ 3 – 16 ซึ่งมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 1.91 NTU แสดงให้เห็นว่าบ่อตกตะกอนมีประสิทธิภาพในการควบคุมความขุ่นของน้ำให้มีค่าลดลงได้มากกว่าร้อยละ 75.51 แต่จากลักษณะของน้ำเสียที่ปนเปื้อนตะกอนที่ส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ พบว่าหากทิ้งไว้จนมีระยะเวลานานพอสำหรับการตกตะกอน ตะกอนที่ปนเปื้อนในน้ำเสียจะตกตะกอนลงสู่ด้านล่างจนน้ำส่วนบนใส จากผลการทดลองเห็นได้ว่าค่าความขุ่นมีค่าลดลงไปมาก แต่หากบ่อตกตะกอนไม่ได้รับการเปลี่ยนถ่ายน้ำ อยู่เสมอจะทำให้สาหร่าย และแพลงก์ตอนเกิดการเจริญเติบโตจนทำให้น้ำมีความขุ่นที่เพิ่มขึ้น และหากมีฝนตกหนักจะทำให้ตะกอนที่จมอยู่ก้นบ่อเกิดการฟุ้งกระจายจนทำให้ความขุ่นเพิ่มขึ้นมาก และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ หากมีฝนตกอย่างต่อเนื่อง ถ้าหากไม่มีอุปกรณ์ป้องกันฝนตกลงในบ่อตกตะกอน

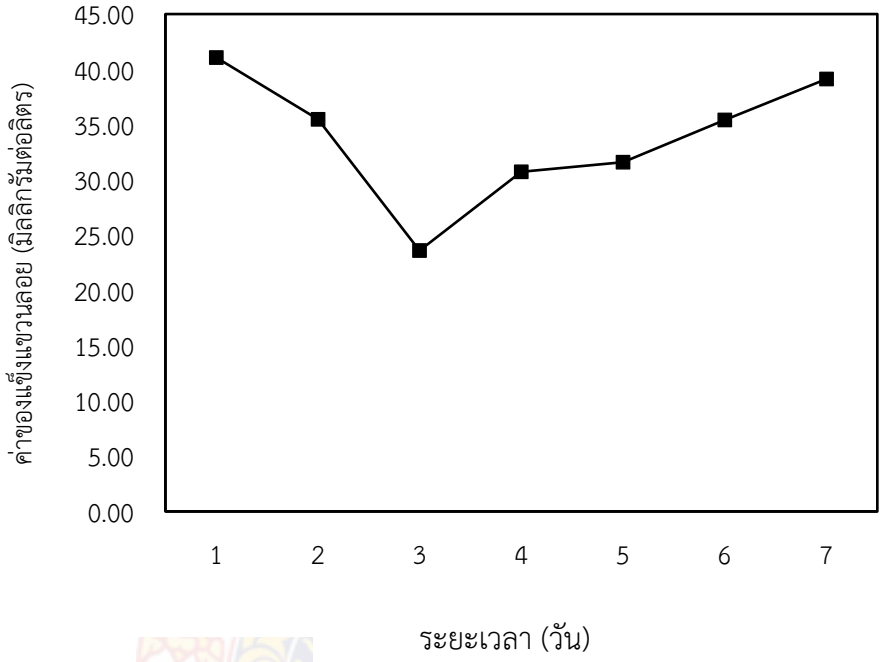


ภาพที่ 3 – 16 ผลการตรวจวัดค่าความขุ่นของน้ำในบ่อตกตะกอน

1.2.6 การเปลี่ยนแปลงค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำในบ่อตกตะกอน

ผลการวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำในบ่อตกตะกอนแสดงดังภาพที่ 3 – 17 พบว่ามีค่าของแข็งแขวนลอยสูงสุดเท่ากับ 41.7 มิลลิกรัมต่อลิตร และ มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 23.60 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงมากในช่วงระยะการตกตะกอนของน้ำเสีย ในช่วงระยะแรก วันที่ 1 – 3 ที่จะมีการลดลงอย่างสม่ำเสมอ ทั้งนี้เกิดจากการตกตะกอนของน้ำเสียลงสู่ก้นบ่อทำให้บริเวณผิวน้ำมีตะกอนค่อนข้างน้อย แต่เมื่อเกิดฝนตกหนักในช่วง วันที่ 4 – 7 ตะกอนที่ก้นบ่อเกิดการกระจาย และลอยขึ้นทำให้

ค่าของแข็งแขวนลอยเพิ่มมากขึ้น เมื่อพิจารณาแล้วบ่อตกตะกอนมีประสิทธิภาพในการควบคุมของแข็งแขวนลอยทำให้น้ำที่ผิวบ่อมีลักษณะใส เพียงใช้แรงโน้มถ่วงของโลก สามารถควบคุมค่าของแข็งแขวนลอยได้โดยไม่ใช้ต้องสารเคมี แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ ซึ่งหากเกิดฝนตกจะทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดลดน้อยลง ดังนั้นหากต้องการใช้บ่อตกตะกอนควรจะมีอุปกรณ์ป้องกันน้ำฝนตกลงไปในบ่อบำบัด เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการบำบัดสม่ำเสมอ

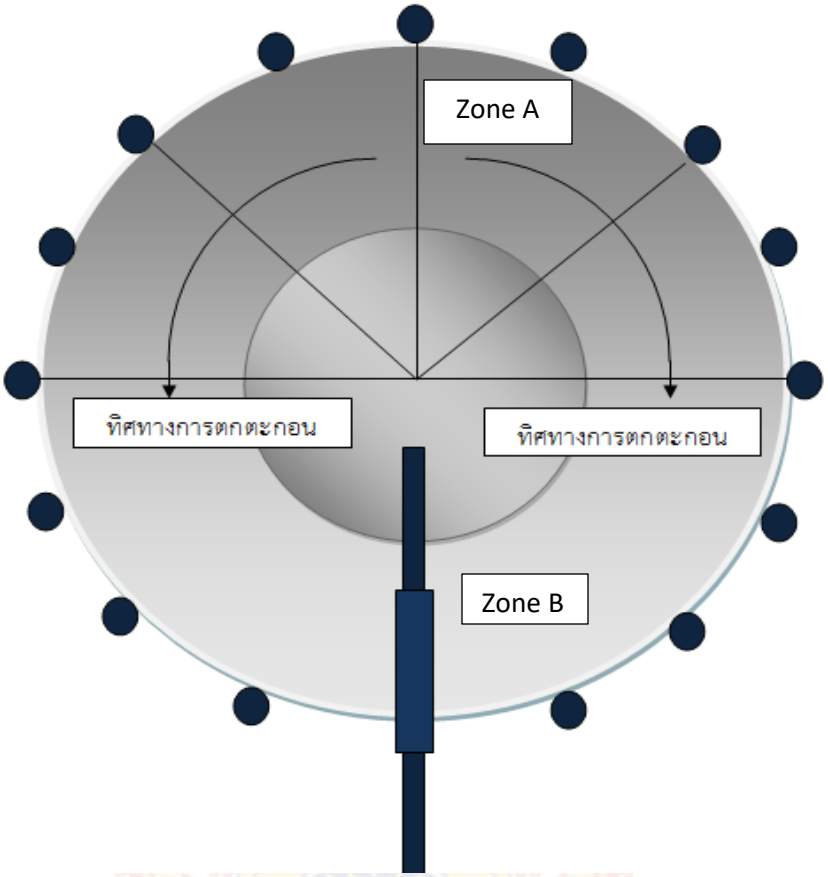


ภาพที่ 3 – 17 ผลการวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำในบ่อตกตะกอน

1.2.7 ลักษณะการตกตะกอนในบ่อตกตะกอน

จากการทำการทดลองพบว่าในระยะแรกหลังจากปล่อยน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งเข้าสู่กระบวนการบำบัด ลักษณะของน้ำจะมีสีขุ่น เนื่องจากมีตะกอนปนเปื้อนมากับน้ำ แต่เมื่อผ่านช่วงเวลาหนึ่งตะกอนจะค่อย ๆ ตกลงสู่พื้นบ่อ จนทำให้น้ำใสขึ้นซึ่งจะเห็นผลได้ชัดเจนในช่วงระยะเวลา 1 สัปดาห์ แต่เมื่อเวลาผ่านไป 2 สัปดาห์ น้ำในบ่อตกตะกอนจะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นสีเขียวขึ้น ซึ่งเกิดจากการเกิดสภาวะ แพลงก์ตอนบูม หรือ สาหร่าย และ แพลงก์ตอนเติบโตอย่างรวดเร็ว และหากทิ้งไว้นานขึ้นจะเกิดการหมักหมมจนเกิดการเน่าเสีย และ มีกลิ่นเหม็น ทั้งนี้สภาพอากาศก็เป็นปัจจัยสำคัญในการทำให้คุณภาพน้ำมีการเปลี่ยนแปลง โดยหากมีฝนตกจะทำให้ตะกอนที่อยู่ก้นบ่อเกิดการฟุ้งกระจายขึ้นด้านบน

โดยตะกอนที่มีการปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสีย เมื่อปล่อยออกจากบ่อเลี้ยงกุ้งลงสู่บ่อตกตะกอนที่มีลักษณะเป็นทรงกระบอก ตะกอนจะเคลื่อนตัวโดยกระจายออกตามแนวรัศมีของบ่อตกตะกอน แสดงดังภาพที่ 3 – 18 ทำให้ตะกอนเกิดการสะสมในพื้นที่บ่อ (Zone A)



ภาพที่ 3 – 18 รูปแบบการแพร่กระจายของตะกอนที่ตกสู่ก้นบ่อตกตะกอน

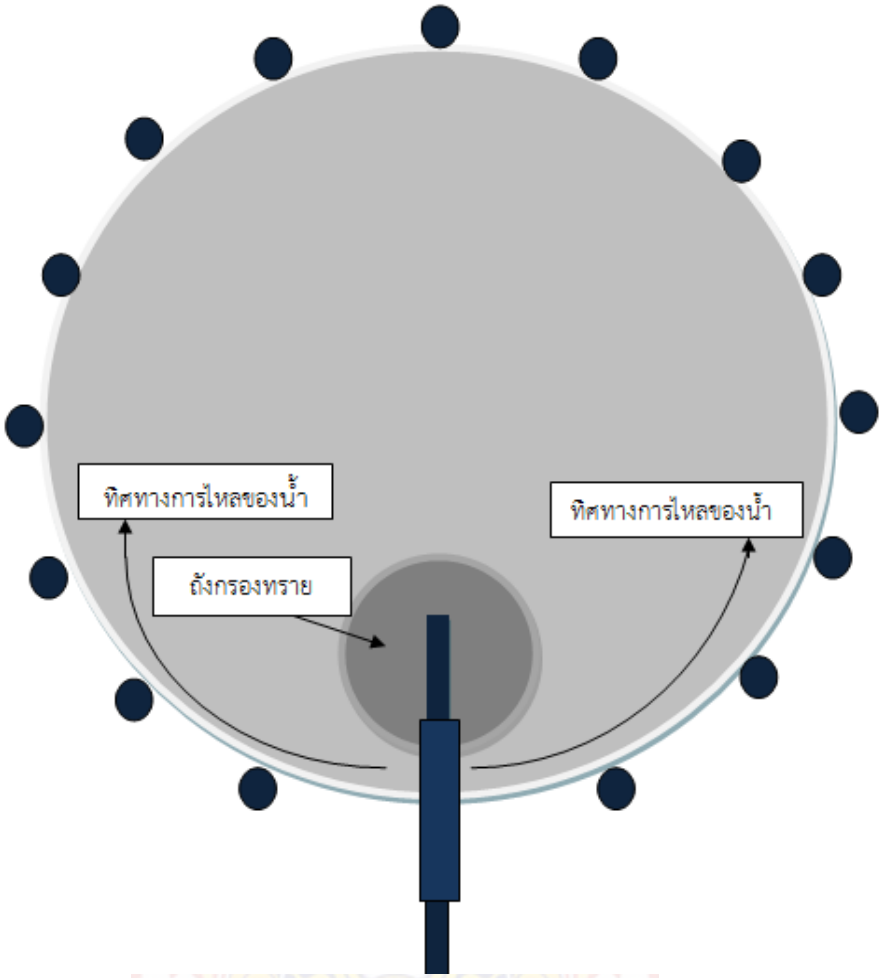
1.3 การศึกษาวิธีการบำบัดน้ำจากการเลี้ยงกุ้งในบ่อผ้าใบด้วยถังกรองทรายเพื่อระบบน้ำหมุนเวียน

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำของการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในบ่อผ้าใบ ดังกล่าวข้างต้น ซึ่งแสดงให้ทราบถึงตะกอนของเสียที่สะสมอยู่ในบ่อเพาะเลี้ยง ซึ่งส่วนใหญ่เป็น ขี้กุ้ง และ เศษอาหาร ซึ่งเมื่อสะสมปริมาณมากขึ้นก็จะก่อให้เกิดการเน่าเสียจนอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพกุ้งได้ อีกทั้งจากการดำเนินงานวิจัยในส่วนของการเลือกใช้วิธีการบำบัดแบบบ่อตกตะกอนมีประสิทธิภาพสูงในการบำบัด แต่หากปล่อยตะกอนทิ้งไว้นานภายในบ่อตกตะกอนก็จะเกิดการเน่าเสียและเกิดกลิ่นเหม็นเช่นเดียวกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงคัดเลือกวิธีการบำบัดที่มีศักยภาพในการบำบัดตะกอนอีกรูปแบบหนึ่ง ซึ่งก็คือการใช้วิธีการกรอง ซึ่งเลือกใช้ถังกรองทรายนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงกุ้ง เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพการใช้งาน ทั้งนี้การเลือกใช้ถังกรองเนื่องจากเป็นรูปแบบที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ง่าย และ สามารถนำตะกอนออกจากถังกรองได้โดยการปล่อยให้แห้งแล้วใช้วิธีการขูดตะกอนออกไปกำจัด หรือ นำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้

จากการศึกษาการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบถังกรองทราย สำหรับการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ซึ่งผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งแสดงให้ทราบถึงน้ำเสียมีความสกปรกในรูปค่าของแข็งแขวนลอย และ ค่าความขุ่นค่อนข้างสูง ทั้งนี้เกิดจากการปนเปื้อนของขี้กุ้ง และ เศษอาหาร ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ ผลการศึกษาการควบคุมด้วยการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการกรองโดยใช้ถังกรองทรายสำหรับการเลี้ยงกุ้งระบบปิดแบบบ่อผ้าใบ (อัตราการกรองเท่ากับ 1.32 ลูกบาศก์เมตร/ตารางเมตร/ชั่วโมง) สำหรับการบำบัดตะกอนในรูปของ ค่าของแข็งแขวนลอย และ ค่าความขุ่น มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.3.1 ลักษณะของน้ำหลังผ่านการกรองด้วยถังกรองทราย

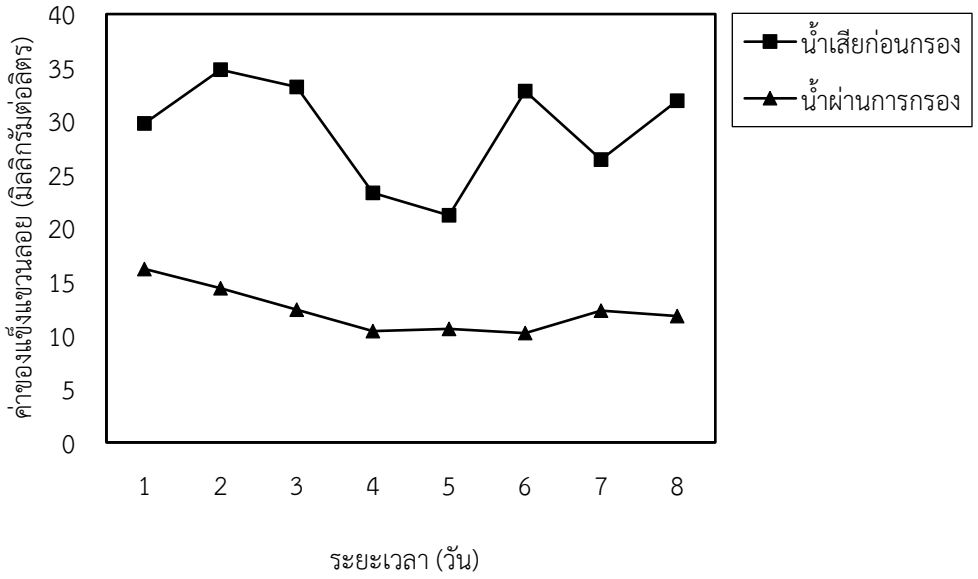
จากการทดลองและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อกรอง แสดงดังภาพที่ 3 – 19 ซึ่งภายในถังกรองทรายจะรองก้นบ่อด้วยตาข่ายสีฟ้า ชั้นล่างสุดจะบรรจุหินให้มีความสูง 10 เซนติเมตร ชั้นถัดมาใส่ทรายหยาบให้ได้ความสูง 15 เซนติเมตร และ ชั้นบนสุดใส่หินขนาด 2 – 4 มิลลิเมตร ความสูง 5 เซนติเมตร เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวกลางดักจับตะกอนของเสีย โดยจากการตรวจวัดอัตราการกรอง พบว่ามีค่าเท่ากับ 1.32 ลูกบาศก์เมตร/ตารางเมตร/ชั่วโมง (ความสูงของน้ำ 10 เซนติเมตรเหนือวัสดุกรอง) จากผลการทดลองพบว่า ค่าความขุ่น และ ของแข็งแขวนลอย ภายในบ่อกรองมีความสม่ำเสมอ หลังจากปล่อยน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงกุ้งเข้าสู่ถังกรองทราย พบว่าน้ำที่ผ่านการกรองมีลักษณะใสขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นถังกรองทรายจึงมีประสิทธิภาพในการควบคุมความขุ่น และ ของแข็งแขวนลอย



ภาพที่ 3 – 19 การจัดวางระบบถังกรองทรายในบ่อผ้าใบเพื่อใช้เป็นบ่อกรอง

1.3.2 การเปลี่ยนแปลงค่าของแข็งแขวนลอยในบ่อกรอง

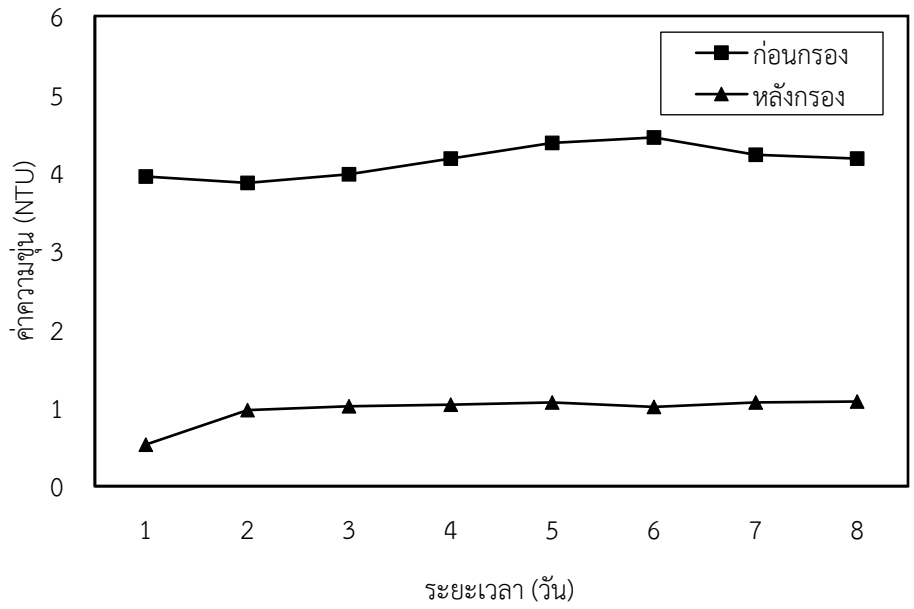
ผลการวิเคราะห์ค่าแข็งแขวนลอยในแสดงดังภาพที่ 3 – 20 พบว่าค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียก่อนเข้าสู่กระบวนการบำบัด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการปนเปื้อนของ ขี้กุ้ง และ เศษอาหาร แต่เมื่อปล่อยน้ำเสียเข้าสู่ถังกรองทราย ผลการวิเคราะห์น้ำหลังผ่านการกรอง พบว่าน้ำเสียที่ผ่านการกรองมีค่าของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยอยู่ที่ 12.3 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าถังกรองทรายมีประสิทธิภาพในการควบคุมของแข็งแขวนลอย ทำให้มีปริมาณลดลงอย่างเห็นได้ชัด น้ำที่ผ่านการกรองมีคุณภาพดีขึ้น เนื่องจากถังกรองทรายมีตัวกลาง คือ หิน และ ทราย ด้วยในการดักจับตะกอน



ภาพที่ 3 – 20 ผลการวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำในบ่อกรอง

1.3.3 การเปลี่ยนแปลงค่าความขุ่นในบ่อกรอง

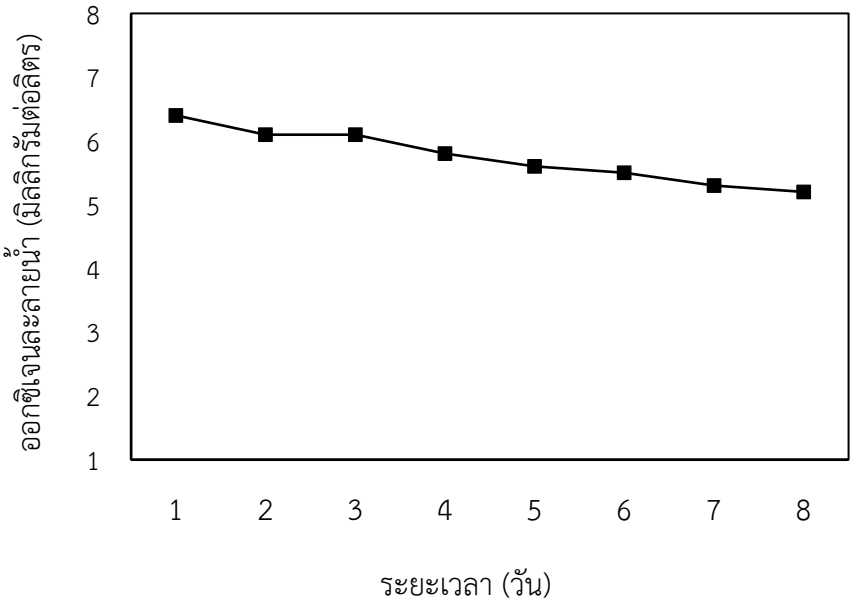
ผลจากการวิเคราะห์ค่าความขุ่น (Turbidity) ของน้ำในบ่อกรองแสดงดังภาพที่ 3 – 21 ความขุ่นของน้ำก่อนเข้าสู่กระบวนการบำบัดมีค่าเฉลี่ย คือ 4.15 NTU และ คุณภาพน้ำหลังการบำบัดความขุ่นมีค่าเฉลี่ย คือ 0.97 NTU จากการทดลองพบว่าน้ำที่ผ่านกระบวนการบำบัดด้วยถังกรองทรายทำให้มีค่าความขุ่นลดลงอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากถังกรองทรายมีตัวกลางที่ดักจับตะกอน (ขี้กุ้ง และ เศษอาหาร) ที่ไหลออกมาพร้อมกับน้ำเสียที่ปล่อยออกมาจากบ่อเลี้ยง จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าบ่อกรองทรายมีประสิทธิภาพในการควบคุมความขุ่นของน้ำให้มีค่าลดลงได้มากกว่าร้อยละ 76.6 อีกทั้งผลของการที่ตะกอนถูกกำจัดออกจากน้ำที่ไหลออกจากถังกรองทราย ส่งผลให้ไม่ก่อให้เกิดการหมักหมม จนเกิดกลิ่นเหม็น ของน้ำในบ่อกรอง



ภาพที่ 13 – 21 ผลการตรวจวัดค่าความขุ่นของน้ำในบ่อกรอง

1.3.4 การเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายน้ำของน้ำในบ่อกรอง

จากการตรวจวัดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในบ่อกรองแสดงดังภาพที่ 3 – 22 ซึ่งมีค่าในวันแรกเท่ากับ 6.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอยู่ในช่วงค่าความต้องการในการเลี้ยงกุ้งทะเล คือ ไม่น้อยกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรมประมง, 2556) และ มีค่าใกล้เคียงกับบ่อเลี้ยง แต่ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในบ่อกรองจะลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อระยะเวลาผ่านไป แต่ผลการวิเคราะห์ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ แสดงให้เห็นว่ามีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมากกว่าการใช้บ่อตกตะกอน เนื่องจากบ่อกรองไม่ก่อให้เกิดน้ำเน่าเสียที่เป็นผลมาจากตะกอนของเสียที่ไหลมาพร้อมกับน้ำ ดังนั้นการนำน้ำที่ผ่านการกรองกลับไปใช้เลี้ยงกุ้งโดยมีการเติมอากาศก่อนทำการสูบกลับเพื่อเพิ่มค่าออกซิเจนละลายน้ำอาจสามารถนำไปใช้เป็นระบบน้ำหมุนเวียนได้ และ สามารถออกแบบระบบถังกรองได้หลากหลายรูปแบบ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับบ่อเพาะเลี้ยงกุ้งที่มีการออกแบบและการคัดเลือกใช้วัสดุสำหรับก่อสร้างบ่อที่แตกต่างกันได้ง่ายกว่า และ ไม่ก่อเกิดปัญหาการเน่าเสียของน้ำในบ่อเลี้ยงเนื่องจากตะกอนของเสีย

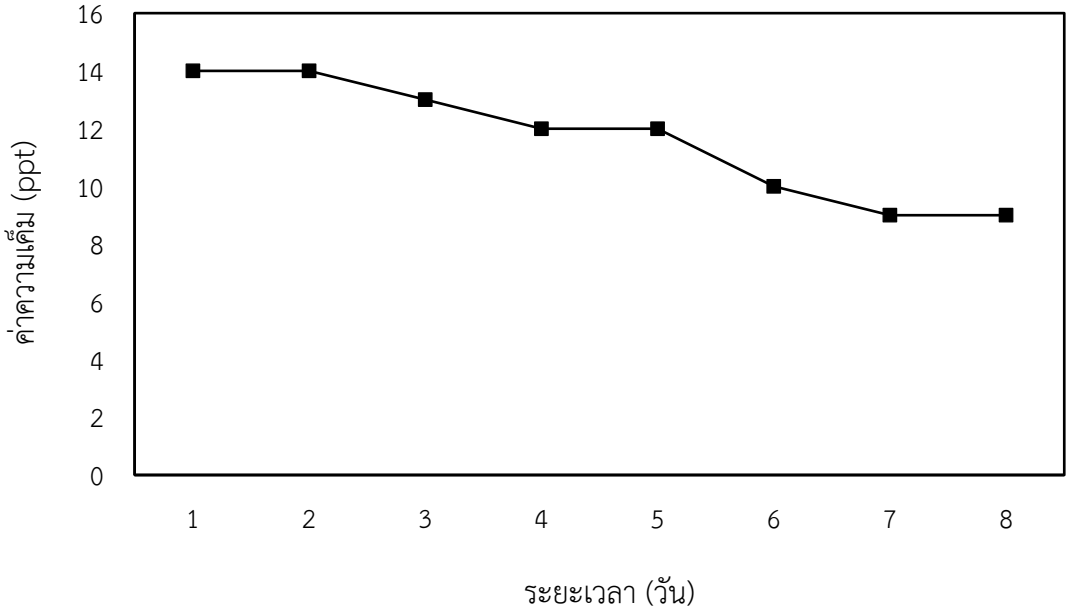


ภาพที่ 3 – 22 ผลการตรวจวัดค่าออกซิเจนละลายน้ำของน้ำในบ่อกรอง

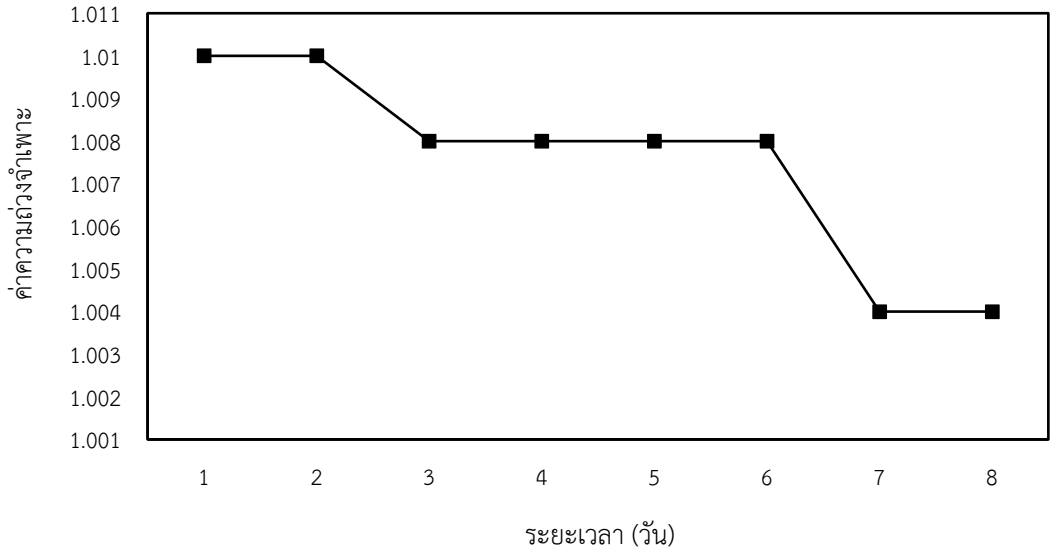
10.5. การเปลี่ยนแปลงค่าความเค็มของน้ำในบ่อกรอง

จากการวิเคราะห์ความเค็มของน้ำในบ่อกรอง แสดงดังภาพที่ 3 – 23 พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.63 ppt ซึ่งพบว่าค่าความเค็มมีการเปลี่ยนแปลงไม่คงที่และมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากสภาพอากาศที่เกิดฝนตกหนักในช่วงระยะเวลาดำเนินงานวิจัย และ มีน้ำฝนตกลงไปในบ่อจนเกิดการเจือจาง แต่ค่าความเค็มของน้ำในการทดลองครั้งนี้ยังอยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งขาว คือ อยู่ในช่วง 2 –35 ppt (กรมประมง, 2556) อย่างไรก็ตามบ่อกรองไม่มีประสิทธิภาพในการควบคุมค่าความเค็ม ทั้งนี้การเลี้ยงกุ้งในน้ำที่มีความเค็มที่ไม่เหมาะสมจะทำให้กุ้งมีเปลือกบาง และอาจมีการเกร็งของกล้ามเนื้อกุ้ง เมื่อสัมผัสกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงฉับพลันจนอาจทำให้กุ้งตายได้ (กรมประมง, 2556) ซึ่งความเค็มมีความสัมพันธ์กับค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำ โดยค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำจะมีค่าแปรผันตามค่าความเค็ม ซึ่งหากค่าความเค็มลดลงค่าความถ่วงจำเพาะจะลดลงด้วยเช่นกัน และ มีผลต่อการฟุ้งกระจายของตะกอนดังที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น

ผลจากการวิเคราะห์ความถ่วงจำเพาะของน้ำ แสดงดังภาพที่ 3 – 24 ซึ่งพบว่าค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมีค่าสูงสุดอยู่ที่ 1.010 แต่ในช่วงเวลาที่มีฝนตก และ มีน้ำฝนเข้ามาเจือจางน้ำในบ่อกรองส่งผลทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำลดลง มีค่าต่ำสุดอยู่ที่ 1.004 ซึ่งหากระบบบ่อเลี้ยงกุ้งไม่มีอุปกรณ์ป้องกันน้ำฝนจะส่งผลให้ ค่าความเค็ม และ ค่าความถ่วงจำเพาะ มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตามปริมาณน้ำฝนที่เข้าไปเจือจางน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง



ภาพที่ 3 – 23 ผลการตรวจวัดค่าความเค็มของน้ำในบ่อกรอง



ภาพที่ 3 – 24 ผลการตรวจวัดค่าค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำในบ่อกรอง

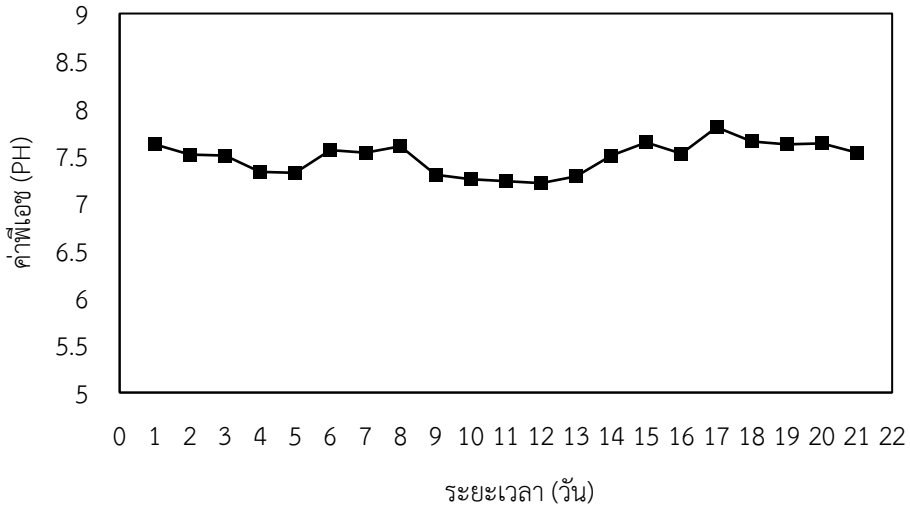
2. ผลการศึกษาการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับระบบน้ำหมุนเวียนในการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลด้วยระบบติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำออนไลน์

จากการดำเนินงานวิจัยในส่วนนี้ ถูกแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ส่วนสำคัญ โดยส่วนแรก เป็นการออกแบบติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลแบบอัตโนมัติเพื่อคัดเลือกพารามิเตอร์สำหรับใช้ในการควบคุม ซึ่งเป็นการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัติ คือ ค่าพีเอช (pH) ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) และ ค่าปริมาณตะกอน (Sludge) ที่ทำการตรวจวัดโดยการแปลงค่าความขุ่นของน้ำ (Turbidity) และ การดำเนินงานในส่วนที่สองเป็นการพัฒนาชุดอุปกรณ์ควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย และ ระบบติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำออนไลน์สำหรับการเลี้ยงกุ้งทะเลในบ่อผ้าใบ ซึ่งเป็นการพัฒนาระบบโดยพิจารณาจากผลการดำเนินงานจากส่วนแรก โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ผลการดำเนินงานวิจัยการออกแบบติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลแบบอัตโนมัติ

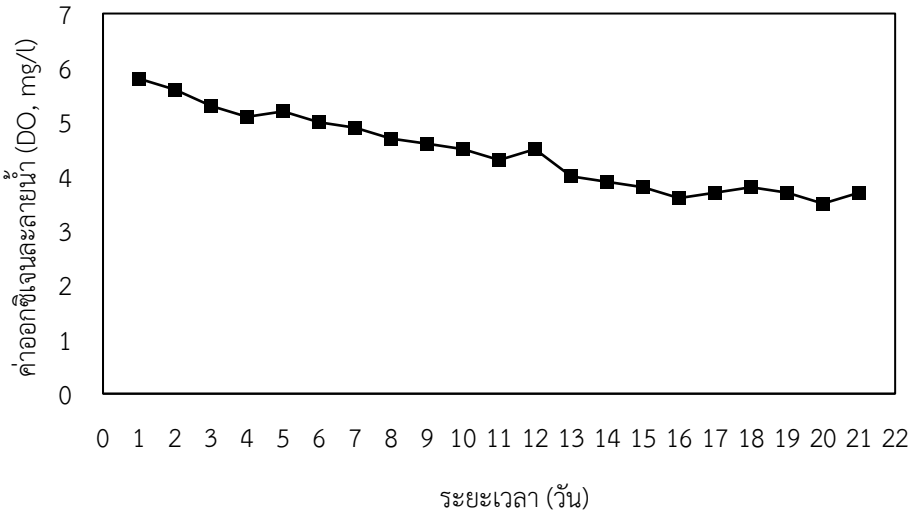
ผลจากการดำเนินงานวิจัยในส่วนของการออกแบบติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลแบบอัตโนมัติ โดยคัดเลือกพารามิเตอร์สำหรับทำการตรวจวัดค่า คือ ค่าพีเอช (pH) ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) และ ค่าปริมาณตะกอน (Sludge) ที่มีการสะสมอยู่ในบ่อเลี้ยง ซึ่งผลจากการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดในช่วงที่มีการดำเนินการเลี้ยงกุ้ง (หลังจากทำการปล่อยลูกกุ้งมาแล้วเป็นระยะเวลาประมาณ 2 เดือน)

ผลจากการตรวจวัดค่าพีเอชของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในรูปแบบบ่อผ้าใบ (ภาพที่ 3 – 25) พบว่าการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในส่วนของการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ในช่วงระยะเวลาที่ทำการเลี้ยงมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างช้า และ สามารถแก้ปัญหาได้ด้วยการเติมปูนขาว หากค่าพีเอชลดลงกว่าค่าที่เหมาะสมสำหรับทำการเลี้ยงกุ้ง ซึ่งสามารถนำไปออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการควบคุมค่าพีเอชได้ โดยการเพิ่มเติมระบบจ่ายสารเคมีสำหรับค่าพีเอช อย่างไรก็ตามอุปกรณ์จ่ายสารเคมีส่วนใหญ่มักมีการใช้งานรูปแบบของการจ่าย หรือ การปล่อยสารเคมีในรูปของสารละลาย ซึ่งจะต้องมีการคำนวณค่าที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมความเข้มข้น และ ปริมาณการจ่าย หรือ ปล่อยสารเคมีสำหรับควบคุมค่าพีเอชในบ่อเลี้ยงกุ้ง อย่างไรก็ตามการควบคุมค่าพีเอชสามารถควบคุมได้โดยการสังเกตุค่าพีเอชที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละวัน



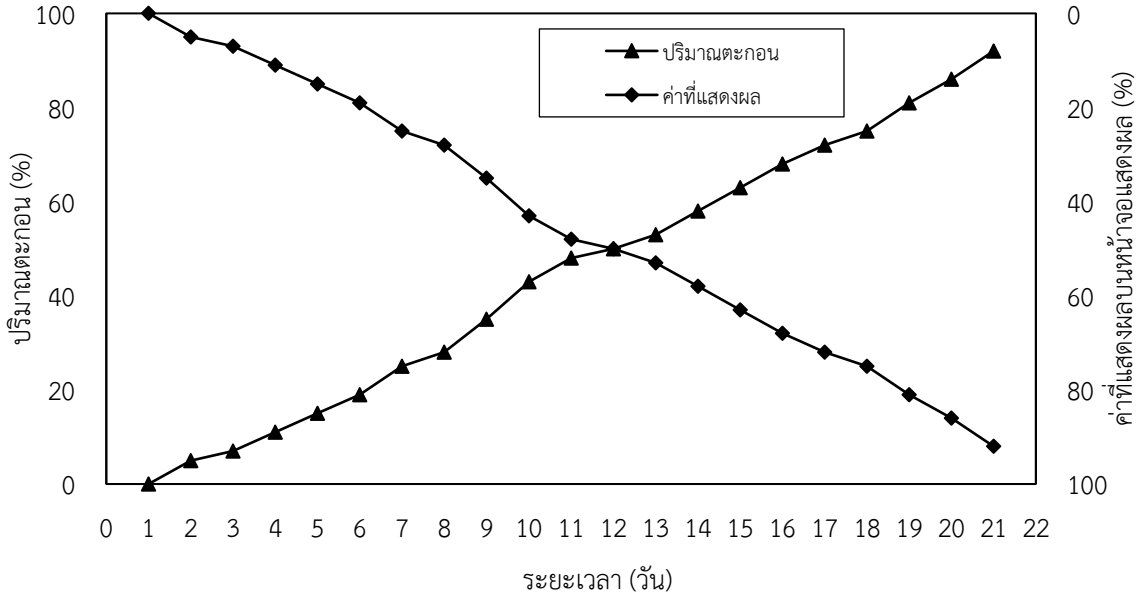
ภาพที่ 3 – 25 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (แบบบ่อผ้าใบ) จากการตรวจวัดค่าด้วยระบบอัตโนมัติ

ผลของการวัดค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) (ภาพที่ 3 – 26) ที่ได้จากผลการตรวจวัดค่านั้น พบว่า มีแนวโน้มลดน้อยลง ทั้งนี้อาจเป็นผลจากความต้องการของกุ้งที่เลี้ยงในบ่อ เมื่อมีการเจริญเติมโตมากขึ้นจึงต้องการปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เพิ่มสูงขึ้นด้วย ทั้งนี้ปริมาณออกซิเจนที่ไม่เพียงพออาจส่งผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้งที่ทำการเลี้ยง หรือ ทำให้กุ้งตายได้ จากการดำเนินการเลี้ยงกุ้งในบ่อผ้าใบในช่วงระยะเวลาดำเนินการวิจัย พบว่ากุ้งยังสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ถึงแม้ว่าปริมาณออกซิเจนจะลดลง ไม่ถึง 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอยู่ในช่วง 3 – 4 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่จะมีปัญหาเกิดขึ้นหากระบบกระแสไฟฟ้าขัดข้อง เนื่องจากกุ้งจะแสดงอาการขาดออกซิเจนภายในระยะเวลาไม่นาน (ไม่เกิน 30 นาที) อย่างไรก็ตามการควบคุมค่าออกซิเจนละลายน้ำให้เพียงพอต่อความต้องการการเลี้ยง โดยอาจเลือกใช้เครื่องเติมอากาศที่ขนาดใหญ่เพียงพอในการจ่ายออกซิเจน และ อาจมีเครื่องเติมออกซิเจนสำรองไว้ใช้งานหากเครื่องหลักเกิดขัดข้อง ซึ่งการจัดวางระบบเครื่องเติมอากาศให้เพียงพอกับความต้องการตั้งแต่ต้นของการจัดวางระบบบ่อเพาะเลี้ยงจะช่วยให้ไม่เกิดปัญหาปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอ ระหว่างดำเนินการเลี้ยงกุ้งได้รวมถึงระบบสำรองกระแสไฟฟ้าก็เช่นเดียวกัน



ภาพที่ 3 – 26 การเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (แบบบ่อผ้าใบ) จากการตรวจวัดค่าด้วยระบบอัตโนมัติ

ผลของปริมาณตะกอนที่ส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการสะสมของขี้กุ้ง และ เศษอาหาร ในบ่อเพาะเลี้ยงกุ้ง ซึ่งผลการศึกษาในส่วนนี้เป็นการใช้อุปกรณ์วัดค่าปริมาณตะกอน ที่ประกอบขึ้นโดยใช้เซนเซอร์วัดค่าความขุ่น (Turbidity) โดยมีการตั้งค่าให้มีความสัมพันธ์กับปริมาณตะกอนที่อยู่ในน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากค่าความขุ่นของน้ำมีความสัมพันธ์กับค่าปริมาณตะกอน โดยที่ค่าความขุ่นมีค่าแปรผันตามปริมาณตะกอน นั้นคือ หากมีปริมาณตะกอนเพิ่มสูงขึ้น ค่าความขุ่นของน้ำก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าปริมาณตะกอนตามงานวิจัยนี้ ได้มีการตั้งค่าระดับของปริมาณตะกอน ไว้ในช่วงค่า 0 – 100 ซึ่งค่าที่ได้นั้นมาจากการคำนวณจากการวัดค่าความขุ่นของน้ำที่จุดรวมตะกอนตรงกลางบ่อ (ภาพที่ 3 – 27) โดยค่าตัวเลขที่แสดงบนหน้าจอแสดงผลมีค่าลดลง แสดงถึงปริมาณตะกอนที่เพิ่มสูงขึ้น เพื่อให้ผู้ใช้งานทราบถึงคุณภาพน้ำที่ลดลงจากค่าที่แสดงบนหน้าจอแสดงผล ทั้งนี้จากการตรวจวัดค่าปริมาณตะกอนในบ่อเพาะเลี้ยงกุ้งที่ดำเนินการวิจัย พบว่าควรมีการสูบถ่ายตะกอนออกจากบ่อ หรือ ควรมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ ทุก ๆ ระยะเวลาประมาณ 10 วัน ซึ่งสังเกตได้จากค่าที่แสดงบนหน้าจอแสดงผลลดลงต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาณตะกอนเพิ่มสูงขึ้นเกินกว่า 50 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งหากระบบบ่อเพาะเลี้ยงกุ้งไม่ได้ติดตั้งระบบควบคุมการสูบถ่ายตะกอนอัตโนมัติ และ ปล่อยให้เกิดการสะสมของตะกอน จะส่งผลให้น้ำในบ่อเลี้ยงเกิดการเน่าเสีย และ ส่งกลิ่นเหม็น ซึ่งส่งผลต่อสุขภาพของกุ้งที่ทำการเลี้ยง

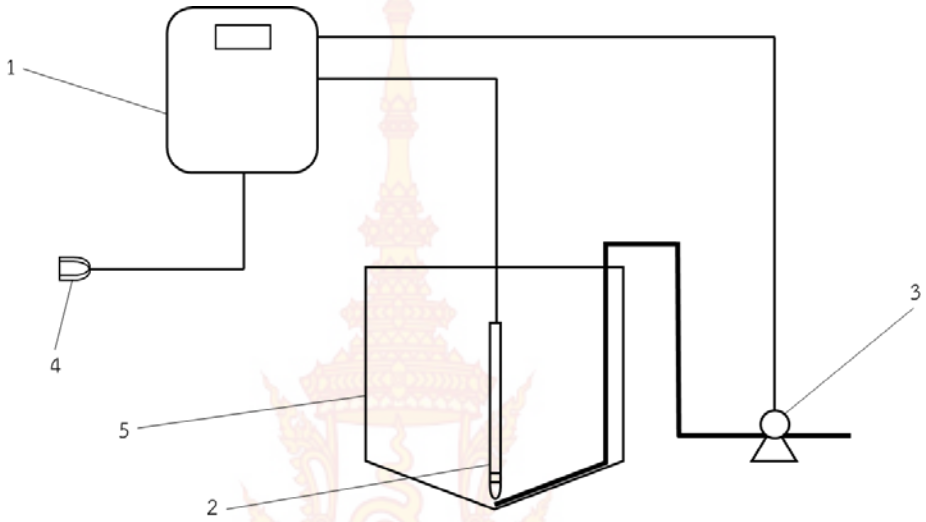


ภาพที่ 3 – 27 การเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณตะกอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (แบบบ่อผ้าใบ) จากการตรวจวัดค่าด้วยระบบอัตโนมัติ

2.2 ผลการดำเนินงานวิจัยการพัฒนาชุดอุปกรณ์ควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียและระบบติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำออนไลน์สำหรับการเลี้ยงกุ้งทะเล

จากผลการดำเนินการวิจัยดังกล่าวข้างต้น นำมาสู่การพัฒนาออกแบบชุดชุดอุปกรณ์ควบคุมปริมาณตะกอนสำหรับบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ภาพที่ 3 – 28) ซึ่งเป็นการพัฒนาจากชุดอุปกรณ์ควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียและระบบติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำออนไลน์สำหรับการเลี้ยงกุ้งทะเลที่ดำเนินงานวัยในครั้งนี้ โดยจากการพิจารณาคัดเลือกพารามิเตอร์ที่นำมาใช้ในการทดสอบการควบคุมการบำบัดน้ำด้วยระบบอัตโนมัติ คือ ปริมาณตะกอน เนื่องจากปริมาณตะกอนมีผลอย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำภายในบ่อเพาะเลี้ยงกุ้ง ซึ่งหากปล่อยให้เกิดการสะสมเป็นระยะเวลานานน้ำภายในบ่อเลี้ยงกุ้งจะเกิดการเน่าเสีย อีกทั้งการตกตะกอนอยู่ก้นบ่อจึงทำให้วัดค่าได้ยาก ประกอบกับผลจากการดำเนินงานวิจัยนี้พบว่าการใช้เซ็นเซอร์วัดค่าพีเอช และ ค่าออกซิเจนละลายน้ำ จะต้องมีการควบคุมดูแลเป็นอย่างดีเพราะมีการแช่ในน้ำตลอดเวลาเมื่อทำการตรวจวัดแบบเรียลไทม์จะทำให้เสื่อมสภาพเร็วกว่าปรกติ ดังนั้นการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์วัดค่าปริมาณตะกอนที่มีการประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์วัดค่าความขุ่นของน้ำ และ ทำการคำนวณโดยการออกแบบและติดตั้งโปรแกรมไว้กับชุดอุปกรณ์ประมวลผลปริมาณตะกอนภายในตู้ควบคุม สามารถดูแลรักษาได้ง่ายกว่า โดยการล้างเซนเซอร์วัดค่าความขุ่นเป็นประจำ โดยงานวิจัยนี้ได้มีการพัฒนาให้เป็นชุดอุปกรณ์ควบคุมปริมาณตะกอนสำหรับบ่อเพาะกุ้ง และสามารถใช้เป็น

ชุดอุปกรณ์ควบคุมปริมาณตะกอนสำหรับบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ชนิดอื่น ๆ ได้ ที่ทำงานร่วมกับระบบบำบัด เช่น ถังตกตะกอน ระบบถังกรอง หรือ ระบบบำบัดรูปแบบอื่น ๆ ได้เพื่อควบคุมปริมาณตะกอนในบ่อเพาะเลี้ยงกุ้งไม่ให้มีค่าสูงเกินกว่าที่กำหนดไว้ โดยการสูบตะกอนพร้อมกับน้ำไปบำบัดก่อนหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่



หมายเลข	รายการ
1.	ตู้ควบคุม
2.	ชุดอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณตะกอน
3.	อุปกรณ์สูบระบายตะกอน
4.	อุปกรณ์เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์
5.	บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (แบบบ่อผ้าใบ)

ภาพที่ 3 – 28 ชุดอุปกรณ์ควบคุมปริมาณตะกอนสำหรับบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

นอกจากนี้งานวิจัยนี้ได้มีการพัฒนาให้ชุดอุปกรณ์ควบคุมปริมาณตะกอน สามารถแจ้งเตือนการทำงานของระบบผ่านระบบอินเตอร์เน็ตแบบไร้สาย ไปยังอุปกรณ์โทรศัพท์เคลื่อนที่ คอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์อื่น ๆ ที่มีการติดตั้งแอพพลิเคชันไลน์ ที่ใช้ไอดีเดียวกัน (ภาพที่ 3 – 29) เพื่อแจ้งเตือนการทำงานเมื่อปริมาณตะกอนมากเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ พร้อมกับการสั่งการให้อุปกรณ์สูบระบายตะกอนออกจากบ่อเลี้ยงกุ้งไปยังระบบบำบัด เพื่อให้ผู้ที่ควบคุมดูแลระบบทราบเพื่อดำเนินการในส่วนของการตรวจสอบระบบบ่อเพาะเลี้ยงกุ้งในลำดับถัดไป

ภาพที่ 3 – 29 ระบบแจ้งเตือนการทำงานของชุดอุปกรณ์ควบคุมปริมาณตะกอนผ่านแอพพลิเคชันไลน์

3. แนวทางการพัฒนาออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับระบบน้ำหมุนเวียนสำหรับการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล

จากผลการดำเนินงานวิจัยทั้งหมดดังกล่าวข้างต้น นำมาสู่การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบปิดที่มีรูปแบบเป็นบ่อผ้าใบ (ภาพภาคพนวก 1) ที่มีความนิยมใช้งานเพิ่มมากขึ้นในปัจจุบัน โดยมีการเพาะเลี้ยงร่วมกับการใช้ระบบน้ำหมุนเวียนสำหรับการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล ที่มีการพัฒนาให้มีความทันสมัยมากยิ่งขึ้นด้วยการควบคุมกระบวนการบำบัดน้ำเสียสำหรับระบบน้ำหมุนเวียนในการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลด้วยระบบตรวจวัดอัตโนมัติและการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำออนไลน์ในส่วนของปริมาณตะกอน โดยงานวิจัยนี้ได้มีการพัฒนาปรับปรุงแก้ไขอุปกรณ์รวมถึงโปรแกรมการทำงาน เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้งาน หรือ พัฒนาให้มีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้งานจริงได้มากยิ่งขึ้น โดยงานวิจัยนี้เน้นในส่วนของการกำจัดตะกอน เนื่องจากผลการตรวจวัด และ การวิเคราะห์คุณภาพน้ำแสดงให้เห็นถึงปัญหาของตะกอนที่เกิดจากการสะสมของเสียที่ส่วนใหญ่เป็น ขี้กุ้ง และ เศษอาหาร เนื่องจากเป็นสารอินทรีย์ที่เมื่อมีการสะสมมากขึ้นจะทำให้น้ำในบ่อเกิดการเน่าเสียได้ง่าย ซึ่งอาจส่งผลต่อสุขภาพของกุ้งที่ทำการเลี้ยงอยู่ในบ่อ

ทั้งนี้ผลจากงานวิจัยนี้ที่ได้มีการออกแบบและพัฒนาชุดอุปกรณ์ควบคุมปริมาณตะกอนสำหรับบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ภาพภาคพนวกที่ 2) โดยงานวิจัยนี้ได้มีทดลองการใช้ในระบบเพาะเลี้ยงกุ้งในรูปแบบบ่อผ้าใบที่มีการออกแบบและติดตั้งชุดอุปกรณ์ควบคุมปริมาณตะกอนในบ่อเลี้ยงกุ้ง และ เลือกใช้วิธีการบำบัดตะกอนแบบถังกรองทรายเพื่อกำจัดตะกอนออกจากน้ำก่อนหมุนเวียนน้ำกลับเข้าสู่บ่อเลี้ยง (ภาพภาคพนวกที่ 3) สำหรับอุปกรณ์ควบคุมปริมาณตะกอนสำหรับบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ สามารถนำไปใช้งานสำหรับการเลี้ยงกุ้งทะเล รวมถึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ ที่มีปัญหาในส่วนของการกำจัดตะกอนที่สะสมอยู่ในบ่อ โดยเฉพาะการเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบปิด โดยที่ชุดอุปกรณ์ควบคุมปริมาณตะกอนสำหรับบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ได้ผ่านการทดลองใช้งานสำหรับการเลี้ยงกุ้งนี้ ได้มีการพัฒนาขึ้นทั้งในส่วนของชุดอุปกรณ์ที่จะต้องติดตั้งอยู่ที่บ่อเพาะเลี้ยง และ ในส่วนของโปรแกรมที่จะต้องใช้สำหรับการควบคุมระบบ ทั้งในส่วนของการควบคุมการระบายตะกอน และ ในส่วนของการแจ้งเตือนการทำงานของอุปกรณ์สูบระบายตะกอนผ่านระบบอินเตอร์เน็ตแบบไร้สายไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ คอมพิวเตอร์ และ อุปกรณ์อื่น ๆ ของผู้ใช้งาน หรือ ผู้ดูแลระบบ ผ่านระบบแอพพลิเคชันไลน์ที่ติดตั้งและใช้ไอดีเดียวกันดังที่ได้กล่าวรายละเอียดไปแล้วข้างต้น

จากผลการดำเนินของโครงการวิจัยนี้ ซึ่งเป็นการดำเนินงานที่มีการเชื่อมโยงกันในการดำเนินการวิจัย โดยเริ่มต้นจากการดำเนินงานวิจัยในส่วนแรก คือ การศึกษากระบวนการบำบัดน้ำเสียสำหรับระบบน้ำหมุนเวียนในการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล ซึ่งพบว่าการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำสามารถเปลี่ยนแปลงได้จากหลายสาเหตุ เช่น สภาพอากาศ คุณภาพน้ำเริ่มต้น และ กระบวนการเลี้ยงกุ้ง เป็นต้น โดยเฉพาะความสกปรกของน้ำที่ก่อเกิดจากการสะสมของปริมาณตะกอนเพิ่มมากขึ้น จึงได้ทำการเลือกพารามิเตอร์ที่สามารถนำมาออกแบบระบบให้มีการตรวจวัดอัตโนมัติ ซึ่งเป็นการศึกษาวิจัยในส่วนที่สอง คือ การศึกษาการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับระบบน้ำหมุนเวียนในการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลด้วยระบบติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำออนไลน์ ที่ทำการตรวจวัดค่า ค่าพีเอช (pH) ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) และ ค่าปริมาณตะกอน (Sludge) ซึ่งเป็นค่าที่มีความสำคัญและมีอิทธิผลมากในช่วงระยะเวลาที่ทำการเลี้ยงกุ้ง ซึ่งผลจากการดำเนินงานวิจัยพบว่าปัญหาของคุณภาพน้ำที่มีแนวโน้มก่อเกิดการเน่าเสียของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งส่วนใหญ่ได้รับอิทธิพลจากตะกอนที่สะสมอยู่ในรูปแบบต่าง ๆ ทั้งที่เป็น ของแข็งแขวนลอย ของแข็งตกตะกอน เนื่องจากตะกอนที่สะสมอยู่ในบ่อส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ที่เป็นขี้กุ้ง และ เศษอาหาร ซึ่งหากมีปริมาณมากและสะสมอยู่เป็นระยะเวลานานก็จะก่อให้เกิดการเน่าเสียของน้ำในบ่อเลี้ยง ซึ่งจากการดำเนินการออกแบบระบบควบคุมปริมาณตะกอนโดยการติดตั้งระบบบำบัดในรูปแบบถังกรองทราย ซึ่งจากผลการดำเนินงานทดลองพบว่าสามารถนำมาใช้งานได้และมีความเหมาะสมสำหรับการกำจัดตะกอนมากกว่าถังตกตะกอน เนื่องจากถังตกตะกอนจะก่อเกิดการเน่าเสียของน้ำได้ง่ายเนื่องจากการสะสมของตะกอน หากไม่มีการสูบไปกำจัดในรูปแบบอื่น ๆ ต่อ ทั้งนี้เมื่อมีการพัฒนาให้เป็นชุดอุปกรณ์ชุดอุปกรณ์ควบคุมปริมาณตะกอน ให้มีความสามารถแจ้งเตือนการทำงานของระบบผ่านระบบอินเตอร์เน็ตแบบไร้สาย ไปยังอุปกรณ์โทรศัพท์เคลื่อนที่ คอมพิวเตอร์ หรือ อุปกรณ์อื่น ๆ ที่มีการติดตั้ง แอพพลิเคชันไลน์ ที่ใช้ไอดีเดียวกัน จึงทำให้การทำงานของระบบมีความทันสมัยมากยิ่งขึ้น และทำให้ง่ายในการควบคุมระบบบ่อเพาะเลี้ยงกุ้งที่มีการติดตั้งระบบน้ำหมุนเวียน ทั้งนี้การดำเนินงานวิจัยในส่วนที่สามซึ่งเป็นพัฒนาแนวทางการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับระบบน้ำหมุนเวียนสำหรับการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล ที่แสดงให้เห็นถึงแนวทางการนำไปใช้งาน ที่อาจพัฒนาให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้แนวทางในการพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับพารามิเตอร์อื่น ๆ ก็สามารถกระทำได้ เช่น การควบคุมค่าพีเอช ค่าออกซิเจนละลายน้ำ หรือ พารามิเตอร์อื่น ๆ แต่ต้องพิจารณาถึงการเสื่อมสภาพของเซนเซอร์ ซึ่งก่อให้เกิดความยุ่งยากในการใช้งาน และมีผลต่องบประมาณในการดูแลรักษาอย่างมาก ทั้งนี้อาจจะใช้การวิจัยพัฒนาต่อยอดให้มีความเหมาะสมของวัสดุอุปกรณ์รวมถึงโปรแกรม ให้มีความเหมาะสมสำหรับการนำมาใช้งานมากยิ่งขึ้นต่อไปในอนาคต

บทที่ 4
สรุปผลการวิจัย
(Conclusion)

ผลจากการดำเนินงานวิจัยทำให้ทราบถึงปัญหาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำสามารถเปลี่ยนแปลงได้จากหลายสาเหตุ เช่น สภาพอากาศ คุณภาพน้ำเริ่มต้น และ กระบวนการเลี้ยงกุ้ง เป็นต้น ทั้งนี้ความสกปรกของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งที่เพิ่มมากขึ้นระหว่างทำการเลี้ยง เป็นเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงกุ้งที่ได้รับอิทธิผลจากการสะสมของตะกอน ที่ส่วนใหญ่เป็นขี้กุ้ง และ เศษอาหาร ทั้งนี้จากการสะสมของตะกอนดังกล่าว ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ที่ส่งผลทำให้เกิดการเน่าเสียหากมีการสะสมในปริมาณมาก และ ปล่อยทิ้งไว้เป็นระยะเวลานาน ดังนั้นการถ่ายตะกอนออกอย่างสม่ำเสมอจะเป็นการลดการสะสมของของเสียได้ ซึ่งผลจากการดำเนินงานวิจัยในส่วนของการออกแบบและติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับการกำจัดตะกอนแบบอัตโนมัติ โดยการใช้ถังกรองทรายสำหรับแยกตะกอนออกจากน้ำก่อนการหมุนเวียนกลับไปใช้ใหม่ ช่วยลดปัญหาการสะสมของตะกอนภายในบ่อเลี้ยงกุ้งได้ ทำให้สามารถป้องกันปัญหาการเน่าเสียของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งในระหว่างที่ทำการเลี้ยงได้ ประกอบกับการทำงานร่วมกับระบบการติดตามตรวจสอบแบบออนไลน์ โดยการแจ้งเตือนการทำงานของระบบผ่านระบบอินเตอร์เน็ตแบบไร้สาย ไปยังอุปกรณ์โทรศัพท์เคลื่อนที่ คอมพิวเตอร์ หรือ อุปกรณ์อื่น ๆ ที่มีการติดตั้งแอพพลิเคชันไลน์ ที่ใช้ไอดีเดียวกัน ทำให้การควบคุมดูแลระบบมีความทันสมัยมากยิ่งขึ้น ซึ่งผลงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ทั้งในส่วนของการออกแบบวัสดุอุปกรณ์สำหรับการควบคุมคุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ ได้ รวมถึงแนวทางการพัฒนาโปรแกรมควบคุมให้มีความทันสมัย สะดวกสำหรับการใช้งานมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในประเทศไทยให้มีความทันสมัย เหมาะสมกับการนำไปใช้งานจริงมากยิ่งขึ้นต่อไปในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการพัฒนาเพิ่มเติมในส่วนของโปรแกรมควบคุมการทำงาน เนื่องจากยังสามารถพัฒนาให้มีความทันสมัยเหมาะสมกับการใช้งานมากยิ่งขึ้น
2. ควรมีการพัฒนาเพิ่มเติมในส่วนของระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อการหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่ โดยการเพิ่มขั้นตอนการบำบัด หรือ การนำน้ำไปใช้ประโยชน์ เช่น การนำไปเลี้ยงสาหร่าย หรือ สัตว์น้ำ อื่น ๆ ที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ เพื่อลดธาตุอาหารไนโตรเจน และ เพิ่มผลผลิตจากระบบที่นำมาใช้งาน
3. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของการบำบัด การกำจัด หรือ การนำตะกอนที่ถูกแยกออกมาได้จากระบบบำบัดน้ำเสียไปใช้ประโยชน์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็น ขี้กุ้ง และ เศษอาหาร ที่เป็นสารอินทรีย์

บรรณานุกรม

กรมประมง. 2556. คู่มือการเลี้ยงกุ้งขาว (*Litopenaeus vanamei*) แบบพัฒนา. สถาบันวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

ณาตยา ศรีจันทึก, 2550. “สถานการณ์การผลิต ราคาและการค้ากุ้งของไทย” จุลสารเศรษฐกิจการประมงส่วนเศรษฐกิจการประมง, กรมประมง, ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม – มีนาคม 2550.

ทินรัตน์ ศรีสุวรรณ์, 2551. โรคที่สำคัญในกุ้งทะเล. คู่มือการตรวจและวินิจฉัยโรคในกุ้งทะเล. ศูนย์วิจัยและชันสูตรโรคสัตว์น้ำ สถาบันสุขภาพสัตว์แห่งชาติ. Thai-NIAH eJournal. ISSN 1905-5048: 89 - 121. เผยแพร่ใน http://niah.dld.go.th/th/AnimalDisease/aquatic_ShrimpDis.htm.

APHA, AWWA, and WEF. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. Washington D.C., U.S.A.

Balasubramanian, S. , Saravanane R. 2010. On- line monitoring of active biomass concentration in wastewater treatment plant using a potentiometricmicrobial biosensor. Sustain. Environ. Res., 20(5): 311 – 315

Daniel, O., Denieul M-P, Lemonie C., Coste M. 2008. Novel parametric and non-parametric approach for the online and real-time evaluation of the variability of an effluent (EVE). 18th European Symposium on computer aided process engineering- ESCAPE 18. Bertrand Braunschweig and Xavier Joulia (Editors). Elsevier B.V./Ltd. All rights reserved.

Llopart-Mascaro, A., Gil A., Cros J., Alarcon F. 2008. Guidelines for on-line monitoring of wastewater and stormwater quality. 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK.

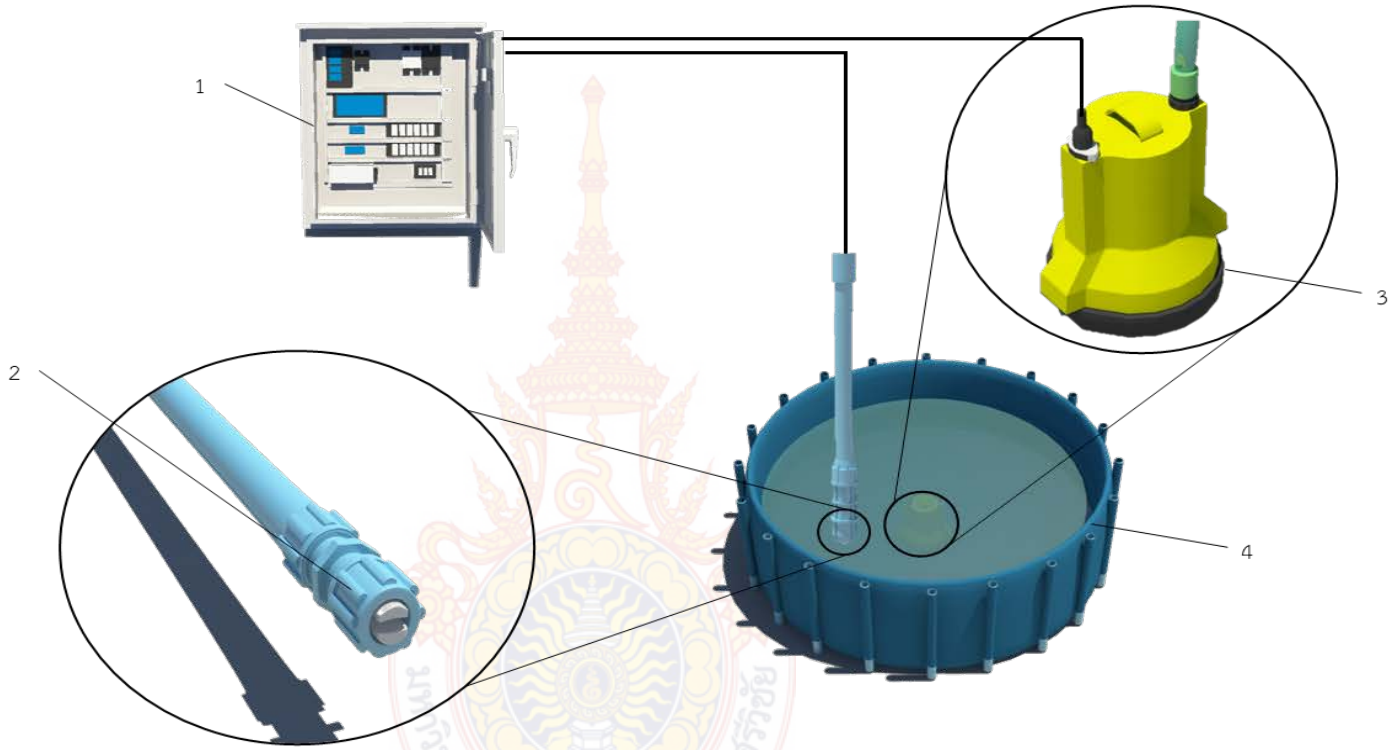
Melendez-Pastor, I., Almendro-Candel M., Navarro-Pedreno J., Gomez I., Lillo M.G., Hernandez E.I. 2013. Monitoring urban wastewater’ Characteristics by Visible and Short Wave Near-Infrared Spectroscopy. Water. 5: 2026 – 2036

Zhu, X., Li D., He D., Wang J., Ma D., Li F. 2010. A remote wireless system for water quality online monitoring in intensive fish culture. Computers and Electronic in Agriculture 71S: S3 – S9

ภาคผนวก

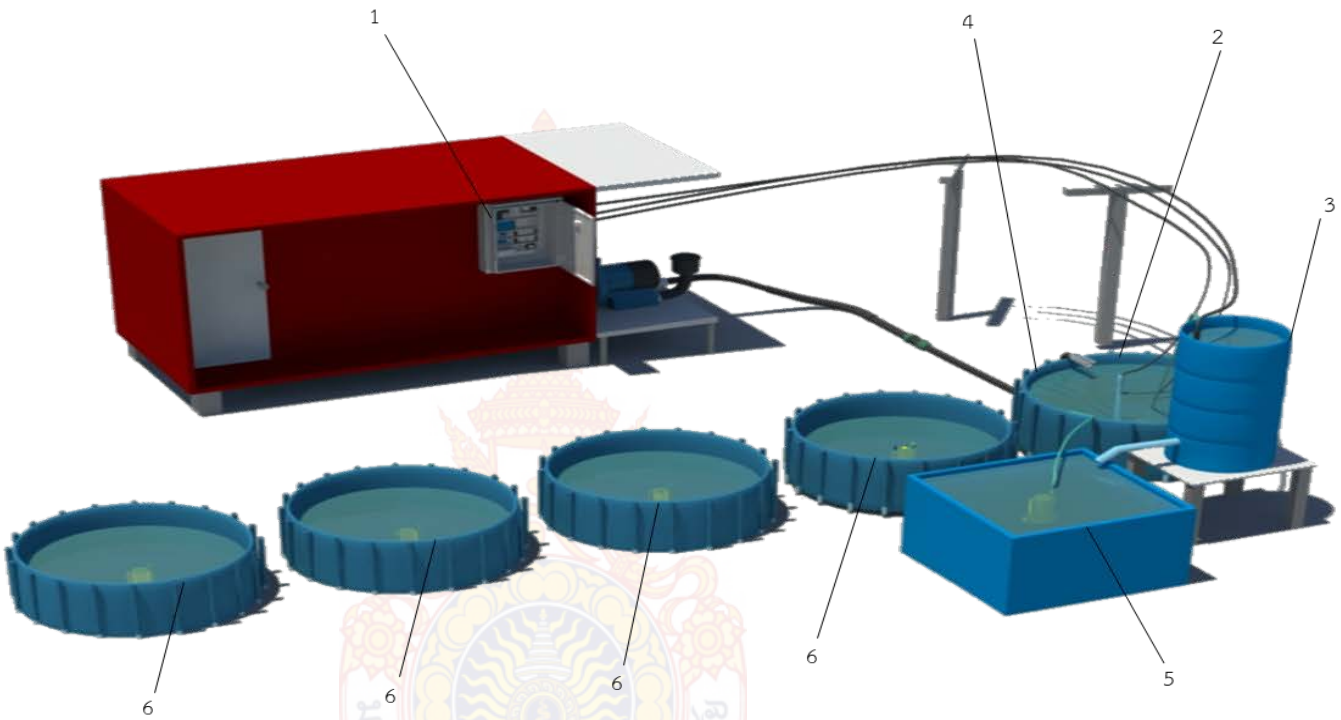
บ่อเลี้ยงกุ้งแบบบ่อผ้าใบ	รายการ
	1. ผ้าใบ (ขึ้นรูปเป็นบ่อผ้าใบทรงกระบอก)
	2. เสาบ่อผ้าใบ (วัสดุท่อ PVC/เหล็ก/อลูมิเนียม)
	3. อุปกรณ์สูบถ่ายน้ำ หรือ ตะกอน

ภาพภาคผนวก 1 แบบ 3 มิติ บ่อเลี้ยงกุ้งแบบบ่อผ้าใบ



ชุดอุปกรณ์ควบคุมปริมาณตะกอนสำหรับบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	รายการ
	1. ตู้ควบคุม
	2. ชุดอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณตะกอน
	3. อุปกรณ์สูบระบายตะกอน
	4. บ่อเพาะเลี้ยงกุ้งแบบบ่อผ้าใบ
	5.
	6.

ภาพภาคผนวก 2 แบบ 3 มิติ ชุดอุปกรณ์ควบคุมปริมาณตะกอนสำหรับบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ



ระบบบ่อเพาะเลี้ยงกุ้งแบบบ่อผ้าใบติดตั้งชุดควบคุมปริมาณตะกอน	รายการ
	1. ตู้ควบคุม
	2. ชุดอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณตะกอน
	3. ถังกรองทราย
	4. บ่อเพาะเลี้ยงกุ้งแบบบ่อผ้าใบ
	5. บ่อพักน้ำหลังการกรอง
	6. บ่อเตรียมน้ำทะเล

ภาพภาคผนวก 3 แบบ 3 มิติ ระบบบ่อเพาะเลี้ยงกุ้งแบบบ่อผ้าใบติดตั้งชุดควบคุมปริมาณตะกอน