ระบบเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมอัตโนมัติ

AUTONOMOUS CARE WHITELEG SHRIMP

(LITOPENAEUS VANNAMEI) SYSTEM

คณิศร พิทักษ์วงศ์

ธนัตถ์ กระแสร์

ธีรภัทร์ ฉัตรตระกูล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2563

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมอัตโนมัติ

AUTONOMOUS CARE WHITELEG SHRIMP(LITOPENAEUS VANNAMEI) SYSTEM

ผู้จัดทำ

1. นายคณิศร พิทักษ์วงศ์ รหัสนักศึกษา 60010113
2. ธนัตถ์ กระแสร์ รหัสนักศึกษา 60010421
3. ธีรภัทร์ ฉัตรกูล รหัสนักศึกษา 60010477

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร. เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น)

_____ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผศ.ดร. ปกรณ์ วัฒนจตุรพร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ระบบเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมอัตโนมัติ

นายคณิศร พิทักษวงศ์ 60010113
นายธนัตถ์ กระแสร์ 60010421
นายธีรภัทร์ ฉัตรตระกูล 60010477
รศ.ดร. เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
ผศ.ดร. ปกรณ์ วัฒนจตุรพร อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

ในปัจจุบัน ประเทศไทยกำลังประสบปัญหาการลดลงของแรงงาน ซึ่งส่งผลกระทบต่อหลายภาคส่วน รวมไปถึงภาคการเกษตร จากปัญหาที่กล่าวมา ทำให้การเลี้ยงสัตว์น้ำอย่าง “กุ้งขาวแวนนาไม” ได้รับผลกระทบดังกล่าวไปด้วย นั่นคือ ขาดแรงงานในการเลี้ยงดูกุ้งขาวแวนนาไม เช่น การให้อาหาร การตรวจวัดคุณภาพน้ำ และการปรับคุณภาพน้ำให้เหมาะสม โครงงานนี้จึงได้ทำการสร้างระบบในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมอัตโนมัติซึ่งทำการเลี้ยงกุ้งขาวในบ่อขนาดทดลอง โดยระบบได้มีการติดตั้งเครื่องให้อาหาร ให้ผู้เลี้ยงสามารถตั้งค่าปริมาณและเวลาการให้อาหาร อุปกรณ์การวัดความเป็นกรดด่างของน้ำ อุปกรณ์การวัดออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และอุปกรณ์วัดความนำไฟฟ้าที่ใช้วัดแร่ธาตุจากปริมาณประจุ ปั๊มลม และปั๊มน้ำ สำหรับการกรองสารอินทรีย์ และปรับคุณภาพน้ำให้เหมาะสมต่อการเลี้ยง ระบบรองรับการตั้งค่า รายงานผล และแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ เพื่อให้ผู้เลี้ยงสามารถเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมได้โดยลดเวลา และแรงงานในการเลี้ยงลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Autonomous Care Whiteleg Shrimp(Litopenaeus vannamei) System

Mr. Kanisorn	Pitakwong	60010113
Mr. Thanat	Krasae	60010421
Mr, Terapat	Chattrakul	60010477
Assoc. Prof. Dr. Charoen	Vongchumyen	Advisor
Asst. Prof. Dr. Pakorn	Watanachaturaporn	Co-Advisor

Academic Year 2020

ABSTRACT

Currently, Thailand is experiencing a labor shortage which affects many sectors as well as the agricultural sector. From the aforementioned problems, " White Vannamei Shrimp " has been affected as well. Labor shortages have affected White Vannamei Shrimp breeding, such as feeding, monitoring, and optimizing water quality. Therefore, this project related to the automatic system for White Vannamei Shrimp in an experimental pond. The system is installed with an automatic feeder that can set the feeding quantity and time. as well as water pH meter, dissolved oxygen meter, electrical conductivity meter, air pump and water pump for filtering organic substances and optimizing water quality. Moreover, the system also supports. The system supports the report functions and notifications via the LINE application to reduce time wasted in unnecessary work and the amount of labor required.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก รศ.ดร เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น และผศ.ดร ปกรณ์ วัฒนจตุรพร อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำชี้แนะแนวทางในการศึกษาค้นคว้า รศ.ดร. สมชาย หวังวิบูลย์กิจ และบุคคลากรจากบริษัทไทยยูเนียนที่ให้คำปรึกษาและความรู้ในการเลี้ยงสัตว์น้ำ ตลอดจนช่วยแก้ไขข้อบกพร่องในการทำปริญญานิพนธ์มาโดยตลอดจนโครงงานนี้ สำเร็จลุล่วงด้วยดี คณะผู้จัดทำจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ช่วยอบรมวิชาความรู้และให้แนวคิดที่เป็นประโยชน์ และคณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ วัสดุอุปกรณ์สำหรับจัดทำโครงงาน และขอขอบคุณสื่อการสอนออนไลน์ บทความหรือวิจัย ที่ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดทำโครงงานครั้งนี้ เป็นอย่างมาก

ขอขอบคุณ เพื่อน รุ่นพี่ภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์ และผู้มีส่วนร่วมเกี่ยวข้องที่ได้ให้คำปรึกษาและให้ความช่วยเหลือที่ดีมาตลอด สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดามารดาและครอบครัวที่ คอยให้คำปรึกษา รวมทั้งเป็นกำลังใจช่วยเป็นแรงผลักดันให้ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จ ลุล่วงด้วยดี คณะผู้จัดทำจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง ไว้ ณ โอกาสนี้

คณิศร พิทักษ์วงศ์
ธนัตถ์ กระแสร์
ธีรภัทร์ ฉัตรตระกูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

หน้า

ระบบเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมอัตโนมัติ I
Autonomous Care Whiteleg Shrimp(Litopenaeus vannamei) System II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VI
สารบัญรูป VII

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2
1.4 วิธีการดำเนินการ 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 กุ้งขาวแวนนาไม 4
2.2 การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม 9
2.3 การให้อาหารกุ้งขาวแวนนาไม 10
2.4 ระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหมุนเวียน 12
2.5 คุณภาพน้ำในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม 13
2.6 ระบบการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม 22
2.7 Line Platform 23
2.8 MQTT Protocol 24
2.9 วัสดุและอุปกรณ์ 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ 3 การออกแบบและพัฒนาระบบ 27

3.1 ภาพรวมการออกแบบ 28

3.2 การออกแบบบ่อทดลอง 31

3.3 การออกแบบภายในระบบ 35

3.4 การออกแบบอุปกรณ์วัดค่าน้ำ 41

3.5 การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน 52

บทที่ 4 ผลการทดลอง 60

4.1 ทดลองการอ่านค่าจากเซนเซอร์วัดความเป็นกรดเป็นด่างด้วย **ESP32** 60

4.2 ทดลองการอ่านค่าจากเซนเซอร์วัดความนำไฟฟ้าของน้ำด้วย **ESP32** 61

4.3 ทดลองการอ่านค่าจากเซนเซอร์วัดออกซิเจนที่ละลายในน้ำด้วย **ESP32** 62

4.4 ทดลองการอ่านค่าจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิของน้ำด้วย **ESP32** 64

4.5 ทดลองการเลือกเชื่อมต่อไวไฟจาก ESP32 ผ่านโทรศัพท์ 65

4.6 ทดลองการทำงานของอุปกรณ์วัดคุณภาพน้ำ 66

4.7 ทดลองการทำงานร่วมกันของคอนโทรลเลอร์ และระบบ Back-End 68

4.8 ทดลองการทำงานร่วมกันของระบบ Back-End และ ระบบ Front-End 69

4.9 ทดลองการเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้งานและอุปกรณ์ผ่านหน้า Web Application 70

บทที่ 5 สรุป 71

5.1 สรุปสิ่งที่ได้ทำ 71

5.2 ปัญหาและอุปสรรคที่พบ 72

5.3 แนวทางการพัฒนาต่อ 72

บรรณานุกรม 74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

ตาราง **หน้า**

ตาราง 2.1 การให้อาหารกุ้งขาวที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ (ต่อจำนวนลูกกุ้ง 250 ตัวใน 120 วัน)..... 11
ตาราง 2.2 ตารางแสดงรายละเอียดในการวัดพารามิเตอร์ต่างๆของการวัดคุณภาพน้ำ..... 20
ตาราง 2.3 ตารางสรุปคะแนนและเปอร์เซ็นต์ความสำคัญ 21
ตาราง 3.1 เหตุการณ์ฟังก์ชันการตั้งค่าเวลาการให้อาหาร 57
ตาราง 3.2 เหตุการณ์ฟังก์ชันการตั้งค่าปริมาณการให้อาหาร 58
ตาราง 3.3 เหตุการณ์ฟังก์ชันการตั้งค่าความถี่ในการวัดคุณภาพน้ำ..... 58
ตาราง 3.4 เหตุการณ์ฟังก์ชันการเช็คระดับปริมาณอาหาร 58
ตาราง 3.5 เหตุการณ์ฟังก์ชันการเช็คคุณภาพน้ำ..... 58
ตาราง 3.6 เหตุการณ์ฟังก์ชันการตั้งค่าเวลาการให้อาหาร 59
ตาราง 3.7 เหตุการณ์ฟังก์ชันการอ่านค่าตัววัดคุณภาพน้ำ..... 59
ตาราง 5.1 สรุปผลการทำงานของระบบตามที่วางแผนไว้ 71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป

รูป **หน้า**

รูป 1.1 กุ้งขาวแวนนาไม 1
รูป 2.1 พื้นที่ประเทศหลักที่ทำการผลิตกุ้งขาวแวนนาไม 4
รูป 2.2 แม่พันธุ์กุ้งขาวแวนนาไม 5
รูป 2.3 ลักษณะอวัยวะสืบพันธุ์กุ้ง 6
รูป 2.4 วงจรการเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไม 8
รูป 2.5 กราฟแสดงปริมาณอาหารตามน้ำหนักตัวของกุ้งขาว 10
รูป 2.6 รูประบบน้ำหมุนเวียน 12
รูป 2.7 แสดงการเชื่อมต่อ Line กับ Controller 23
รูป 2.8 แสดงการทำงานของ Line messaging API 23
รูป 2.9 เซนเซอร์ลูกลอยไฟฟ้า 24
รูป 2.10 เซนเซอร์วัดความเป็นกรดเป็นด่าง 25
รูป 2.11 เซนเซอร์วัดออกซิเจนที่ละลายในน้ำ 25
รูป 2.12 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิภายในน้ำ 26
รูป 2.13 เซนเซอร์วัดความนำไฟฟ้าของน้ำ 26
รูป 3.1 เทียบอัตราการเติบโตของยีนในสายพันธุ์กุ้งขาวเป็นร้อยละจากปี 1940 ที่มา: George Chamberlain, 2010 27
รูป 3.2 ภาพขนาดบ่อมุมมองด้านบน 29
รูป 3.3 ระบบการจัดการสภาพแวดล้อม 30
รูป 3.4 ระบบการจัดการความต้องการอาหาร 30
รูป 3.5 ภาพแบบจำลองของบ่อทั้งระบบ 31
รูป 3.6 แบบจำลองบ่อทั้งระบบพร้อมลูกศรการไหลของน้ำ 32
รูป 3.7 ภาพแบบจำลองบ่อเลี้ยง 32
รูป 3.8 ภาพแบบจำลองบ่อกรอง 33
รูป 3.9 ภาพแบบจำลองบ่อพักน้ำ 34
รูป 3.10 ภาพรวมส่วนระบบจัดการสภาพแวดล้อม 35
รูป 3.11 ภาพรวมส่วนระบบจัดการความต้องการอาหาร 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป 3.12 โมเดลการออกแบบเครื่องวัดคุณภาพน้ำ 41
รูป 3.13 โมเดลการออกแบบกล่องเก็บเครื่องวัดคุณภาพน้ำ 42
รูป 3.14 วงจรส่วนควบคุมปั๊มน้ำ 43
รูป 3.15 วรจรส่วนรับค่าจากเซนเซอร์ 44
รูป 3.16 วงจรส่วนเชื่อมต่อโมดูลนาฬิกา 45
รูป 3.17 วงจรส่วนทำ C Decoupling 46
รูป 3.18 วงจรส่วนรับไฟจากแหล่งจ่ายไฟภายนอก 46
รูป 3.19 ลายปริ้นเครื่องวัดคุณภาพน้ำ 47
รูป 3.20 การทำงานโดยรวมของเครื่องวัดคุณภาพน้ำ 1 48
รูป 3.21 การทำงานโดยรวมของเครื่องวัดคุณภาพน้ำ 2 49
รูป 3.22 แสดงการเข้าใช้งาน Web Application ผ่านทาง Line 52
รูป 3.23 แสดงการใช้งาน Line Login OAuth2 53
รูป 3.24 หน้าหลักแสดงรายละเอียดคุณภาพน้ำในการตรวจวัดครั้งล่าสุด 53
รูป 3.25 หน้าแสดงการเพิ่มอุปกรณ์วัดคุณภาพน้ำ 54
รูป 3.26 หน้าทดสอบการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์วัดคุณภาพน้ำ 54
รูป 3.27 หน้าแสดงกราฟรายละเอียดของค่าคุณภาพน้ำในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ 55
รูป 3.28 หน้าการตั้งค่าการแจ้งเตือนเครื่องวัดคุณภาพน้ำ 55
รูป 3.29 รูปข้อความตามที่ผู้ใช้งานตั้งค่าการแจ้งเตือน 56
รูป 3.30 ภาพ use case แสดงภาพรวมฟังก์ชันการทำงานที่เกิดขึ้นในระบบ 57
รูป 4.1 การทดลองวัดค่าความนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิห้อง 61
รูป 4.2 การทดลองวัดค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่อุณหภูมิห้อง และในน้ำอุณหภูมิต่ำ 62
รูป 4.3 การทดลองวัดอุณหภูมิของน้ำที่อุณหภูมิห้องและน้ำที่อุณหภูมิต่ำ 64
รูป 4.4 ทดลองการเลือกเชื่อมต่อไวไฟจาก ESP32 ผ่านโทรศัพท์ 65
รูป 4.5 การทดลองการทำงานของเครื่องวัดคุณภาพน้ำ 66
รูป 4.6 การทดลองเมื่อ Back-End ได้รับค่าที่ส่งมาจากคอนโทรลเลอร์เทียบกับค่าที่ส่ง 68
รูป 4.7 การแสดงผลในรูปแบบของกราฟบน Front-End ที่นำข้อมูลมาจากระบบ Back-End 69
รูป 4.8 การเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้งานและอุปกรณ์ผ่านหน้า Web Application 70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันราคากุ้งขาวมีราคาสูง โดยสามารถตรวจสอบได้จากเว็บไซต์กระทรวงพาณิชย์ โดยราคากุ้งขาวบ่อเลี้ยงไทย (ขนาด 70 ตัว/กิโลกรัม) มีราคา 135 บาท/กก. เป็นราคาที่ตรวจสอบ ณ วันที่ 09 กันยายน พ.ศ. 2563 และปริมาณกุ้งขาวในปีพ.ศ. 2562 มีปริมาณ 260,610.08 ตัน เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2561 ในปริมาณ 638.01 ตัน คิดเป็นร้อยละ 0.25 จากเดิม โดยเป็นสินค้าหลักในการส่งออกไปยังต่างประเทศซึ่งมีปริมาณการส่งออก 134,737.85 ตัน มูลค่า 39,815.52 ในปี 2562 คิดเป็นร้อยละ 76.34 และ 76.98 ของปริมาณและมูลค่าการส่งออกกุ้งทะเลทั้งหมด ตามลำดับ

รูป 1.1 กุ้งขาวแวนนาไม

การเลี้ยงกุ้งขาวในปัจจุบันนั้นเป็นการเลี้ยงกุ้งขาวโดยเกษตรกรเป็นผู้ให้อาหารกุ้งขาวด้วยตนเอง โดยปริมาณการให้อาหารแต่ละครั้งขึ้นอยู่กับผู้ให้ ซึ่งจะประสบปัญหาหากให้อาหารในปริมาณที่มากเกินความต้องการของกุ้งขาวในการทำให้น้ำเน่าเสียจนทำให้กุ้งตาย ทั้งยังสิ้นเปลี้ยงต้นทุนในการเลี้ยง และหากให้อาหารในปริมาณที่น้อยเกินไปจะทำให้กุ้งโตช้าจนไม่ได้ขนาดแล้วขาดกำไร เมื่อเทียบกับการให้อาหารในปริมาณที่พอดีต่อความต้องการของกุ้งขาวในบ่อเลี้ยง นอกปัจจัยด้านอาหารแล้วปัจจัยด้านน้ำก็มีผลสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการดำรงชีวิตของกุ้งขาวเนื่องมาจากค่าความเป็นกรด-ด่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ของน้ำในบ่อเลี้ยงมีค่าน้อยกว่าค่าที่เหมาะสม หากเกษตรทำการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างโดยทำให้เป็นด่างมากเกินไป ก็จะเกินค่าที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของกุ้งขาว

โครงงาน ระบบเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมอัตโนมัติ Autonomous care whiteleg shrimp(Litopenaeus vannamei) system นี้จึงถูกจัดทำขึ้นเพื่อลดภาระ และความผิดพลาดในการดำเนินการจัดการในการดูแลกุ้งขาวของผู้เลี้ยง ทำให้เราสามารถกำหนดให้อาหารในเวลา และ ปริมาณที่ต้องการ พร้อมทั้งปรับสภาพน้ำให้มีค่าความเป็นกรด-ด่างในช่วงที่เหมาะสมในการดำรงชีพของกุ้งขาวตามวิธการเลี้ยงของผู้เลี้ยง โดยโครงงานนี้ผลสำเร็จจะเป็น ระบบเลี้ยงกุ้งขาวอัตโนมัติที่ให้อาหาร และปรับสภาพน้ำของบ่อเลี้ยง ตามที่ตั้งค่าไว้โดยผู้เลี้ยงสามารถเลือกที่จะใช้ ระบบให้อาหาร ปรับสภาพน้ำ ทั้งสองระบบ หรือไม่ใช้ระบบเพื่อลดค่าใช้จ่ายทำให้คุ้มทุนเร็วขึ้นได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1) เพื่อสร้างเครื่องเลี้ยงกุ้งขาวด้วยระบบอัตโนมัติ
2) เพื่อศึกษาอัตราการรอดชีวิตของกุ้งขาวในการดำรงชีวิตด้วยเครื่องเลี้ยงกุ้งขาวด้วยระบบอัตโนมัติ
3) เพื่อสร้างนวัตกรรมตอบสนองประเด็นยุทธศาสตร์ที่ 1 สร้างสรรค์งานวิจัยและนวัตกรรมอย่างยั่งยืน ที่ตรงกับความต้องการของสังคม ของแผนปฏิบัติการ 5 ปี พ.ศ. 2560-2564 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
4) เพื่อสร้างนวัตกรรมตอบสนองยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ. 2561 - 2580) ในประเด็นด้านการสร้างความสามารถด้านการแข่งขันเกษตรอัจฉริยะ

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1) สร้างเครื่องให้อาหารกุ้งขาวโดยผู้เลี้ยงสามารถกำหนดปริมาณอาหารและช่วงเวลาที่ให้
2) สร้างเครื่องปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของบ่อเลี้ยงกุ้งขาวให้อยู่ในค่า 7.0-8.3
3) ศึกษาอัตราการรอดชีวิตของกุ้งขาว
4) อุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วงเดียวกับอุณหภูมิตามสถานที่และสภาพอากาศตามสถานที่เลี้ยงซึ่งมีช่วงเวลาที่ไม่อยู่ในช่วงที่เหมาะสม 28-32 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.4 วิธีการดำเนินการ

1) ศึกษาการเลี้ยงกุ้งขาวทั่วไปในไทย
2) ศึกษาอุปกรณ์ที่นำมาแก้ปัญหาการเลี้ยงกุ้งรูปแบบเดิม
3) ออกแบบระบบการเลี้ยงกุ้งขาว
4) ออกแบบเครื่องให้อาหารกุ้งขาวที่เหมาะสมกับระบบ
5) ออกแบบเครื่องปรับค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมกับระบบ
6) สร้างเครื่องและระบบตามการออกแบบ
7) เขียนโปรแกรมให้เครื่องทำงานกับระบบ
8) ทดสอบการทำงานของเครื่องให้อาหารและเครื่องปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง
9) สรุปผลโครงการ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้เครื่องให้เครื่องเลี้ยงกุ้งขาวด้วยระบบอัตโนมัติ
2) ทราบอัตราการรอดชีวิตของกุ้งขาวในการดำรงชีวิตด้วยเครื่องเลี้ยงกุ้งขาวด้วยระบบอัตโนมัติ
3) ได้นวัตกรรมตอบสนองประเด็นยุทธศาสตร์ที่ 1 สร้างสรรค์งานวิจัยและนวัตกรรมอย่างยั่งยืนที่ตรงกับความต้องการของสังคม ของแผนปฏิบัติการ 5 ปี พ.ศ. 2560-2564 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
4) ได้นวัตกรรมตอบสนองยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ. 2561 - 2580) ในประเด็นด้านการสร้างความสามารถด้านการแข่งขันเกษตรอัจฉริยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 กุ้งขาวแวนนาไม

กุ้งขาวแวนนาไม มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Litopenaeus Vammamei* ชื่อสามัญที่ FAO รองรับแล้วใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วโลกคือ white leg shrimp หรือ pacific white shrimp [1] มีการเลี้ยงอย่างแพร่หลายในทวีปอเมริกาเหนือ และอเมริกาใต้ ได้แก่ เอกวาดอร์ เม็กซิโก บราซิล ฯลฯ ส่วนในทวีปเอเชียมีการเลี้ยงกุ้งชนิดนี้ในประเทศ ไต้หวัน จีน อินโดนีเซีย เวียดนาม และไทย โดยทดลองนำมาเลี้ยงในปี พ.ศ. 2545 ในขณะที่ประเทศไทยประสบปัญหากุ้งกุลาดำโตช้า ไม่ได้ขนาดตัวที่ต้องการและมีโรคระบาด ในขณะที่กุ้งขาวทีมีการทดลองเลี้ยงได้ผลค่อนข้างดีเกษตรกรจึงหันมาเลี้ยงกุ้งขาวมากขึ้น

รูป 2.1 พื้นที่ประเทศหลักที่ทำการผลิตกุ้งขาวแวนนาไม

กุ้งขาวแวนนาไมเป็นกุ้งทะเลมีถิ่นอาศัยเดิมที่ชายฝั่งทะเลแปซิฟิกตะวันออกอยู่ในบริเวณที่อุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส นอกจากมีการอาศัยในทะเลเปิดแล้วยังมีการวางไข่ในบริเวณนั้นด้วย ในประเทศไทยมีการเลี้ยงกุ้งประเภทนี้เช่นกันแต่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 25-35 องศาเซลเซียส ในระดับน้ำความเค็มตั้งแต่ 5 ถึง 35 ในส่วนพัน ซึ่งนอกจากการเลี้ยงกุ้งในน้ำทะเลที่มีความเค็มสูงแล้ว กุ้งขาวยังสามารถเลี้ยงในน้ำที่มีความเค็มต่ำได้แต่จำเป็นต้องมีแร่ธาตุเพียงพอ

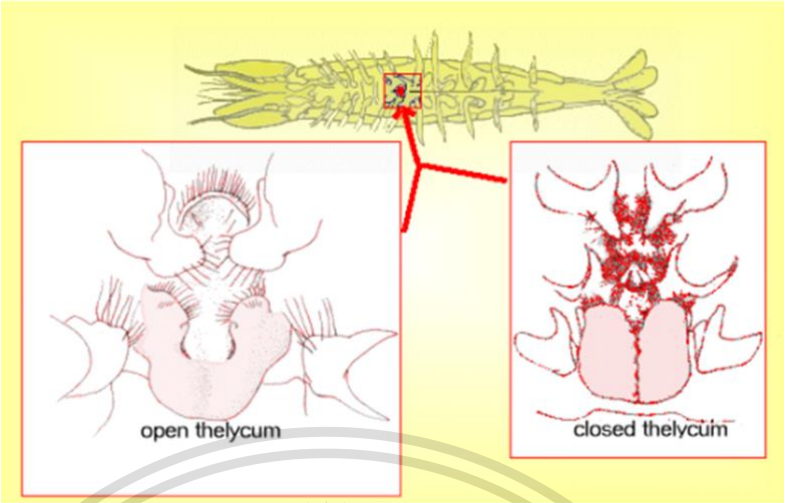
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ลักษณะทั่วไปของกุ้งขาวแวนนาไม ลำตัวมี 8 ปล้องและมีสีขาว หน้าอกใหญ่การเคลื่อนไหวเร็ว ส่วนหัวมี 1 ปล้อง มีกรีอยู่ในระดับยาวประมาณ 0.8 เท่าของความยาวเปลือกหัวสันกรีสูง ปลายกรีแคบ ส่วนของกรีมีลักษณะเป็นสามเหลี่ยมมีสีแดงอมน้ำตาล กรีด้านบนมี 8 ฟัน กรีด้านล่างมี 2 ฟัน ร่องบนกรีมองเห็นได้ชัด เปลือกหัวสีขาวอมชมพูถึงแดง ขาเดินมีสีขาวเป็นลักษณะที่โดดเด่น หนวดแดง 2 เส้น ยาว ตาแดงเข้ม ส่วนตัวมี 6 ปล้อง เปลือกตัวสีขาวอมชมพูถึงแดง เปลือกบาง ขาว่ายน้ำ 5 คู่ มีสีขาวข้างในที่ปลายมีสีแดง ส่วนหางมี 1 ปล้อง ปลายหางมีสีแดงเข้ม แพนหางมี 4 ใบและ 1 กรีหาง ขนาดตัวที่โตสมบูรณ์เต็มที่ของกุ้งสายพันธุ์นี้จะมีขนาดที่เล็กกว่ากุ้งกุลาดำ หากินทุกระดับความลึกของน้ำ

รูป 2.2 แม่พันธุ์กุ้งขาวแวนนาไม

ในธรรมชาติของกุ้งสายพันธุ์แวนนาไมจะมีอายุขัยประมาณเกือบ 36 เดือน โดยจะวางไข่ที่ระดับน้ำลึกประมาณ 30-60 มิลลิเมตร ใกล้พื้นทรายปกติแล้วแม่กุ้งขนาด 60-120 กรัม จะวางไข่ประมาณ 150,000 ถึง 250,000 ฟอง ส่วนแม่กุ้งขนาด 30-45 กรัม จะวางไข่ประมาณไม่เกิน 100,000 ฟอง โดยจะวางไข่ในตอนกลางคืนบนพื้น แม่กุ้งจะว่ายน้ำอย่างรวดเร็วอยู่ประมาณ 45-60 วินาที แล้วจึงเริ่มออกไข่ขณะที่ลดความเร็วลงโดยช้า เนื่องจากลักษณะอวัยวะสืบพันธุ์เพศเมียของกุ้งขาว แวนนาไม นี้จะมีลักษณะเป็นแบบเปิด (opened thelycum) แตกต่างจากลักษณะอวัยวะสืบพันธุ์เพศเมียของกุ้งกุลาดำและกุ้งแชบ๊วย ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบปิด (closed thelycum) ดังนั้นรูปแบบของการสืบพันธุ์และพฤติกรรมในการผสมพันธุ์จึงเป็นไปคนละลักษณะกับกุ้งกุลาดำและกุ้งแชบ๊วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูป 2.3 ลักษณะอวัยวะสืบพันธุ์กุ้ง

ระบบสืบพันธุ์และการผสมพันธุ์ ในการผสมพันธุ์ ปกติแล้วกุ้งขาวแวนนาไมจะผสมพันธุ์ในเวลากลางคืน หลังจากมีการลอกคราบของตัวเมียจะมีการเกี้ยวพาราสีและผสมพันธุ์กันที่ความลึก 10-15 เมตรถึง 30-50 เมตร ในธรรมชาติ แม่กุ้งที่มีไข่แก่พร้อมที่จะวางไข่นั้น จะสังเกตได้จากจะเห็นรังไข่ เป็นลำทึบมีสีเขียวเกือบดำอยู่บนแถบหลังของลำตัว ตั้งแต่บริเวณหลัง ไปจรดหางและตรงบริเวณด้านข้างของลำตัว ตรงปล้องที่ 1-2 จะเห็นรังไข่แผ่ออกไปเป็นหยักๆ โค้งลงมาทางด้านข้างของลำตัวทั้งสองข้าง โดยมีพฤติกรรมในการผสมพันธุ์แบ่งได้เป็น 3 ระยะ

ระยะที่หนึ่ง ตัวเมียจะว่ายน้ำขนานไปกับตัวผู้ ตัวเมียจะว่ายน้ำสูงกว่าประมาณ 30-40 เซนติเมตร แล้วว่ายน้ำวกกลับมาสลับกลับการหยุดพักที่พื้นเป็นระยะๆ มักจะมีตัวผู้ว่ายไล่ตามหลายตัว แต่จะมีเพียงตัวเดียวที่สามารถว่ายน้ำเข้ามาขนานซ้อนอยู่ด้านล่างของตัวเมียพอดีแล้วตัวเมียจะค่อยๆ ใช้ขาเดินโอบรัดที่ส่วนหัว (carapace) ของตัวผู้ ใช้เวลาประมาณ 15-20 นาที ถ้าตัวผู้สามารถจัดตำแหน่งได้เหมาะสมถ้ายังจัดตำแหน่งไม่เหมาะสมหรือมีการหยุดพักนาน อาจใช้เวลานานมากกว่าหนึ่งชั่วโมง

ระยะที่สองตัวผู้จะพลิกตัวค่อยๆ หงายขึ้นมาติดตัวเมีย พอทั้งคู่ประกบกันได้ตัวผู้จะแนบส่วนต่อขอองอกกับท้องเข้ากับส่วนนอกด้านล่างของตัวเมีย ซึ่งจะทำให้ตัวผู้ตัวอื่นๆ หมดโอกาสในการเข้าทำการผสมพันธุ์กับตัวเมียในจังหวะนี้ แต่ถ้าในระยะนี้ตัวผู้ยังเข้าทำได้ไม่สำเร็จ ตัวผู้จะกลับมาอยู่ในท่าคว่ำแล้วจะพยายามว่ายน้ำขนานกับตัวเมียเพื่อสร้างโอกาสใหม่อีกครั้ง

ระยะที่สามตัวผู้จะทำตัวเกือบตั้งฉากกับตัวเมีย หลังจากจังหวะที่ประกบตัวได้แล้ว ตัวผู้จะใช้ขาเดินคู่ที่ 5 เขี่ยอวัยวะสืบพันธุ์ (เพศผู้) petasma ซึ่งเห็นง่าย อยู่ด้านข้างเป็นคู่ มีลักษณะคล้ายตะขอ อยู่ที่ขาว่ายน้ำ คู่ที่ 1 ซึ่งเป็นอวัยวะที่ช่วยในการปล่อยน้ำเชื้อแล้วจับ petasma ยัดเข้าไปที่ thelycum ของตัวเมียซึ่งลักษณะเป็นแผ่นรูปคล้ายผีเสื้อกางปีก มีรูเปิดอยู่ตรงกลางยาวลงไปเป็นร่องเหมือนรังกระดุมเสื้อเชิ้ต อยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

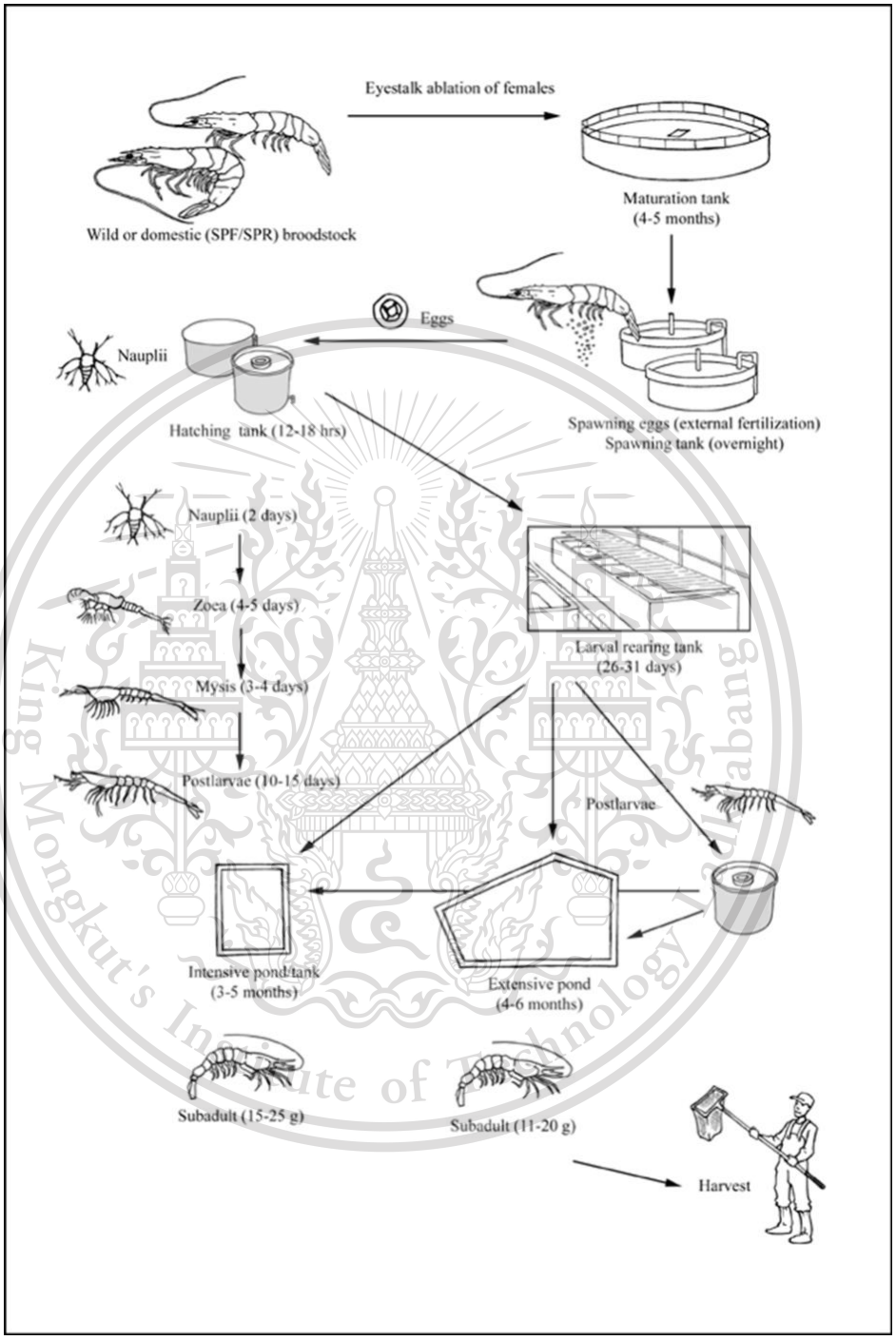
ตรงกลางระหว่างขาว่ายน้ำคู่ที่ 1 กับขาเดินคู่ที่ 5 ซึ่งเป็นอวัยวะที่มีไว้สำหรับเก็บน้ำเชื้อของกุ้งตัวผู้ ภายหลังการเกาะติดแน่นมากเหมือนทากาวแล้ว ตัวผู้จะโค้งรอบตัวเมีย แล้วกระตุกหัวและหางเป็นจังหวะอย่างต่อเนื่องเพื่อบีบให้น้ำเชื้อออกมา ตัวเมียจะเก็บน้ำเชื้อเข้าไปแล้วปล่อยไข่เลยซึ่งในกุ้งขาวแวนนาไมนี้ไข่ของตัวเมียจะอยู่ข้างใน ส่วนของน้ำเชื้อที่เข้าไปจะอยู่ด้านนอก ซึ่งปากรูของ thelycum ต้องเปิดก่อนถึงจะเก็บน้ำเชื้อที่ได้รับมา ทำให้ปริมาณของเชื้อตัวผู้ที่เข้าปฏิสนธิกับไข่เป็นไปอย่างไม่สมบูรณ์ จึงทำให้โอกาสในการได้ไข่ที่ได้รับการผสมแล้วเจริญต่อไปเป็นตัวอ่อนน้อยกว่ากรณีของกุ้งกุลาดำและกุ้งแชบ๊วย หลังจากนั้นจึงค่อยแยกตัวออกจากกันแล้วว่ายน้ำออกไปในเวลา 2-3 วินาที ซึ่งรวมเวลาทั้งสิ้นในการผสมพันธุ์ทั้งหมดประมาณ 1-3 ชั่วโมง แล้วแม่กุ้งทำการปล่อยไข่ขณะที่ลดความเร็วการว่ายน้ำลงอย่างช้า ๆ ออกทางช่องเปิดบริเวณโคนขาเดินคู่ที่ 3 ประมาณ 45-60 วินาที การวางไข่นี้จะใช้เวลา 3-5 นาที ถ้ากุ้งวางไข่ จะสามารถสังเกตเห็นคราบไขมันลอยอยู่บริเวณใกล้เคียง (หรือติดกับขอบบ่อที่ทำการเพาะฟัก)

หลังจากการเพาะฟักกุ้งขาวแวนนาไมจากไข่มาแล้วจะเข้าสู่ระยะตัวอ่อนโดยแบ่งตามลักษณะได้ 4 ระยะดังนี้

1) ระยะนอเพียส(nauplius) กุ้งขาวแวนนาไมมีรูปร่างคล้ายแมงมุม ไม่กินอาหารโดยกุ้งใช้สารอาหารจากถุงอาหาร มีการลอกคราบ 6 ครั้ง ภายในระยะ ใช้เวลา 36-48 ช.ม
2) ระยะซูเอีย(zoea) กุ้งขาวแวนนาไมมีโครงตัวงอกยาวจากระยะนอเพียสและจะสร้างก้านตาและแพนหางในระยะนี้ กิน phytoplankton ลอกคราบ 3 ครั้ง ภายในระยะ ใช้เวลา 3-5 วัน
3) ระยะไมซิส(mysis) กุ้งขาวแวนนาไมมีการเจริญเติบโตของขาเป็นตุ่มขนาดเล็กและมีปล้องขา 2 ข้างละปล้องตอนสิ้นสุดของระยะ กิน zooplankton ลอกคราบ 3 ครั้ง ภายในระยะ ใช้เวลา 3-5 วัน
4) ระยะโพสท์ลาร์วา(post larva) กุ้งขาวแวนนาไมมีลักษณะขาโตเต็มทีในระยะ กิน zooplankton

หลังจากระยะตัวอ่อนกุ้งจะเจริญเติบโตไปยังระยะลูกกุ้งวัยเจริญพันธุ์วัย(subadult) ที่สามารถแยกแยะเพศได้ และโตจนเป็นระยะโตเต็มวัย(adult) ที่นำไปเป็นพ่อแม่พันธุ์ โดยจะมีอายุประมาณ 6 – 7 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูป 2.4 วงจรการเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2 การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

รูปแบบการเลี้ยงกุ้งขาวสามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบตามความเค็มในการเลี้ยง

2.2.1 การเลี้ยงกุ้งขาวด้วยน้ำความเค็มต่ำ

การเลี้ยงในเขตพื้นที่น้ำจืดโดยใช้ความเค็มต่ำจนเป็นน้ำจืด โดยการใช้น้ำเค็มที่เข้มข้นสูงเติมในน้ำจืดจนมีความเค็มที่ 3-4 พีพีที แล้วเลี้ยงในระบบปิด มีการถ่ายน้ำน้อย ส่วนใหญ่การเริ่มเลี้ยงจะมีการกั้นคอก โดยใช้พลาสติกก่อนการเลี้ยง ใช้พื้นที่ประมาณ 15 ตารางเมตร ลึก 80 เซนติเมตร แล้วเติมน้ำที่มีให้มีความเค็มที่ 8-10 พีพีที แล้วจึงนำลูกกุ้งระยะโพสลาร์วา 10-12 มาปล่อยในคอก อนุบาลนคอก 3-4 วัน จึงทำการปล่อยลูกกุ้งจากคอก ส่วนอีกวิธีจะไม่ใช้การกั้นคอก แต่ทำการปรับลูกกุ้งจากโรงเพาะฟักให้ลูกกุ้งอยู่ที่ความเค็มต่ำสุดประมาณใกล้เคียงกับบ่อที่นำมาปล่อย โดยวิธีปล่อยตรงลงบ่อมีอัตรารอดสูงกว่า ถ้าปล่อยลูกกุ้งที่ความหนาแน่น 100,000 ตัวต่อไร่จะมีผลผลิตประมาณ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ได้กุ้งขนาด 60-80 ตัวโล ภายในระยะเวลา 3 เดือน จะจับกุ้งบางส่วนขายออกก่อน โดยใช้อวนตาห่างจับกุ้งที่มีขนาดใหญ่และเติมน้ำเค็มเลี้ยงต่ออีก 2 สัปดาห์ จะได้กุ้งที่มีขนาดใหญ่ขึ้น

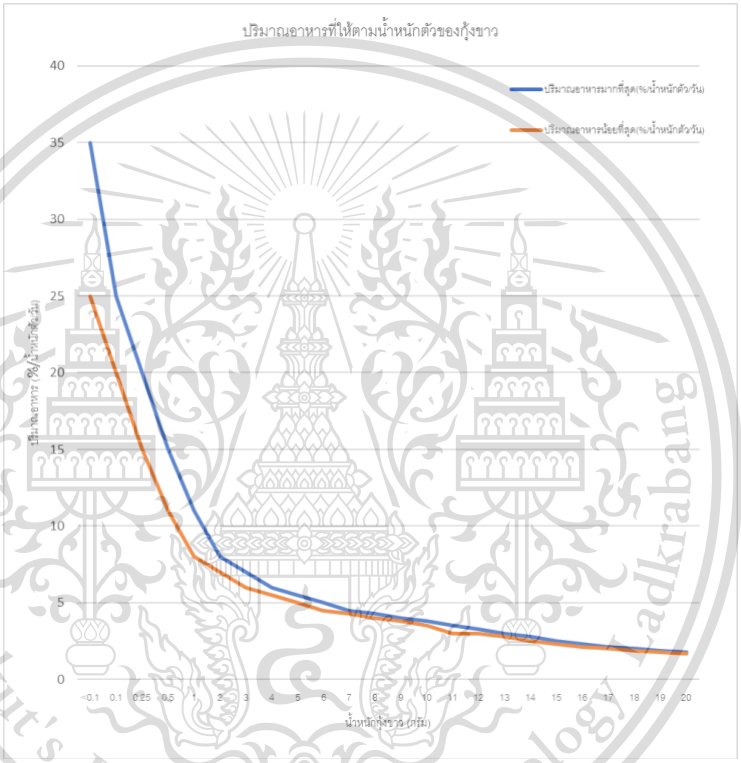
2.2.2 การเลี้ยงกุ้งขาวด้วยน้ำความเค็มปกติ

การเลี้ยงในความเค็มปกติจะมีการเลี้ยงกุ้งขาวที่น้ำความเค็ม 10 พีพีทีขึ้นไปในพื้นที่ริมชายฝั่งทะเล โดยปล่อยลูกกุ้งที่ความหนาแน่นมากกว่า 120,000 ตัวต่อไร่จะมีผลผลิตประมาณ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ อัตรารอดประมาณร้อยละ 80 การเลี้ยงน้ำความเค็มปกติได้ผลดีกว่าการเลี้ยงน้ำความเค็มต่ำเนื่องจากมีการถ่ายน้ำในปริมาณที่มากในช่วงท้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.3 การให้อาหารกุ้งขาวแวนนาไม

การให้อาหารกุ้งขาวที่เลี้ยงระยะเวลา 120 วันจะใช้อาหารขนาดเล็กสุด โดยในช่วงวันที่ 1 ถึง 40 ให้อาหารที่มีโปรตีนสุง 40% ในช่วงวันที่ 41 จนถึง วันที่ 120 ให้อาหารที่มีโปรตีนต่ำลงมาประมาณ 30-35% ทั้งนี้การให้อาหารกุ้งขาวควรควบคุมปริมาณอาหารที่ให้ตามน้ำหนักตัวของกุ้งตามตารางการให้อาหารกุ้งขาว



รูป 2.5 กราฟแสดงปริมาณอาหารตามน้ำหนักตัวของกุ้งขาว

โดยการเลือกใช้อาหารนั้นจะเลือกใช้อาหารที่ทำให้มีค่าอัตราการแลกเนื้อที่ต่ำ

$$\text{สูตรการคำนวณหาอัตราการแลกเนื้อ} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่ใช้ทั้งหมด}}{\text{น้ำหนักกุ้งที่จับได้ทั้งหมด}} \qquad (2\text{-}1)$$

โดยอัตราการแลกเนื้อที่ต่ำ จะแสดงให้เห็นถึงการให้อาหารอย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนอัตราการแลกเนื้อที่สูงนั้นอาจเกิดเนื่องมาจากจากให้อาหารสูตรที่ไม่เหมาะสม การให้อาหารมากเกินไป ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตาราง 2.1 การให้อาหารกุ้งขาวที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ (ต่อจำนวนลูกกุ้ง 250 ตัวใน 120 วัน)

วันที่	น้ำหนักกุ้ง (กรัม)	ปริมาณอาหาร (%/ น้ำหนักตัว/วัน)	ปริมาณอาหารต่อวัน(กรัม)	ปริมาณอาหารรวม (กรัม/10วัน)
1-10	<0.1	35	8.75	80.75
11-20	0.5	15	18.75	187.5
21-30	2.6	8	52	520
31-40	4.5	6	67.5	670
41-50	6.2	5	77.5	775
51-60	7.9	4.5	88.875	888.75
61-70	9.6	4	96	960
71-80	11.3	3.5	98.875	988.75
81-90	13.2	3	99	990
91-100	14.7	2.8	102.9	1029
101-110	16.3	2.3	93.725	937.25
110-120	18.0	2	90	900
			ปริมาณอาหารรวม	8.927 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.4 ระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหมุนเวียน

ระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหมุนเวียนน้ำเป็นการหมุนเวียนน้ำผ่านตัวกรองชนิดต่าง ๆ เพื่อกำจัดของเสียจากกระบวนการสร้าง (Metabolic Product) และสลายของเสียอื่น ๆ ในการเลี้ยงสัตว์น้ำนั้นระบบน้ำหมุนเวียนจะมีบทบาทสำคัญในการผลิตสัตว์น้ำที่แข็งแรงและมีขนาดเหมาะสมสำหรับการเลี้ยงในบ่อ อย่างไรก็ตามระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบน้ำหมุนเวียนเป็นเทคโนโลยีใหม่สำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในประเทศไทย

รูป 2.6 รูประบบน้ำหมุนเวียน

ระบบน้ำหมุนเวียนสามารถเลี้ยงสัตว์น้ำได้หลายชนิด ขึ้นอยู่กับการใช้ระบบกรองแบบไหน หมุนเวียนอย่างไร บำบัดมากน้อยแค่ไหน การหมุนเวียนของระบบน้ำดีหรือไม่ จะเลี้ยงปลาอย่างไร ชนิดไหนจะเหมาะสมที่สุด ขนาดของบ่อที่ใช้เลี้ยง เหมาะสมกับจำนวนปลาที่เลี้ยงหรือไม่ เพราะวิธีการเหล่านี้จะทำให้สัตว์น้ำ มีการเจริญเติบโตที่ดี เพราะว่าการเลี้ยงแบบหมุนเวียนไม่จำเป็นต้องถ่ายน้ำบ่อย ถ้าน้ำที่ใช้เลี้ยงปลามีคุณภาพดีและเป็นการประหยัดค่าไฟฟ้า ในการสูบน้ำเข้าอีกด้วย

2.4.1 ข้อดีของระบบน้ำหมุนเวียน

1) รักษาสิ่งแวดล้อมและกระตุ้นให้เกิดการทำลายปรสิตและเชื้อโรคอย่างต่อเนื่อง
2) น้ำที่ใช้เลี้ยงสามารถน้ำกลับมาใช้เลี้ยงสัตว์น้ำใหม่ได้ดีอย่างเดิม
3) ลดการใช้น้ำ ไม่ทำให้สภาพของแหล่งน้ำเสื่อมโทรมเร็ว
4) สามารถเลี้ยงสัตว์น้ำได้ในพื้นที่ที่สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม
5) สามารถนำไปดัดแปลงเลี้ยงกับสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.5 คุณภาพน้ำในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

2.5.1 อุณหภูมิของน้ำ

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในน้ำ มีผลทางตรงและอ้อมต่อสัตว์น้ำ ในทางตรงอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียสทำให้ขบวนการเมตาบอลิซึมภายในร่างกายสัตว์เพิ่มขึ้น 10 เท่า ทำให้สัตว์มีความต้องการออกซิเจนเพิ่มขึ้น ส่วนทางอ้อมมีผลต่อกิจกรรมการย่อยสลายอินทรีย์สาร ของจุลินทรีย์ ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลง และการละลายออกซิเจนในน้ำลดลง เช่นกัน สำหรับอุณหภูมิในน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งขาว คือ 28-32 องศาเซลเซียส ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำอย่างรวดเร็วกุงจะเกิดอาการช็อคเกร็งได้ มี ลักษณะคล้ายเป็นตะคริว

2.5.2 ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

ออกซิเจนเป็นปัจจัยในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตหลายชนิดรวมถึงกุ้งขาว ที่จำเป็นต้องใช้ออกซิเจนในกระบวนการทำงานของร่างกาย โดยค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำได้นั้นขึ้นอยู่กับค่าความเค็มและอุณหภูมิของน้ำ ยิ่งอุณหภูมิและค่าความเค็มของน้ำสูงน้ำจะมีค่าออกซิเจนอิ่มตัวในน้ำลดลง กุ้งขาวใช้ออกซิเจนในกระบวนการหายใจซึ่งปริมาณออกซิเจนสงผลต่อปริมาณการกินอาหาร โดยควรมีออกซิเจนในน้ำมากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร เพิ่มโดยกังหันน้ำ หรือปั๊มลม

2.5.2.1 การถ่ายเทออกซิเจนสู่น้ำ

ออกซิเจนในน้ำและในอากาศมีการแลกเปลี่ยนกัน โดยออกซิเจนที่ละลายน้ำจะมีค่าที่อิ่มตัวขึ้นอยู่กับความเค็มและอุณหภูมิของน้ำ หากออกซิเจนที่ละลายน้ำน้อยกว่าระดับอิ่มตัวจะมีการนำออกซิเจนจากอากาศมาละลายน้ำจนอิ่มตัว แต่หากมีระดับออกซิเจนที่ละลายน้ำสูงเกินกว่าระดับที่อิ่มตัวจะคายออกซิเจนกลับให้อากาศ หากมีการแลกเปลี่ยนออกซิเจนเกิดขึ้นระหว่างน้ำและอากาศจะสามารถอธิบายด้วยสมการ

$$\Delta D = DO_s - DO_m \qquad (2\text{-}2)$$

เมื่อ DO_s = ออกซิเจนละลายในน้ำที่จุดอิ่มตัว(มก./ล.)

DO_m = ออกซิเจนละลายในน้ำที่วัดได้(มก./ล.)

D = ความเข้มข้นของออกซิเจนที่ต่างจากจุดอิ่มตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

อัตราการถ่ายเทออกซิเจนสามารถเขียนเป็นสมการคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$\frac{dD}{dt} = -K_d D \tag{2-3}$$

โดย K_d เป็นสัมประสิทธิ์รวมของการถ่ายเทออกซิเจนที่ขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวสัมผัส,อุณหภูมิ และเวลาสัมผัส ระหว่างน้ำและอากาศ

$$K_d = \frac{K \times t \times A}{V} \tag{2-4}$$

เมื่อ K = ค่าคงคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับความปั่นป่วนของน้ำ

t = เวลาสัมผัสระหว่างน้ำและอากาศ

A = พื้นที่ผิวร่วมสัมผัส ระหว่างน้ำและอากาศ

V = ปริมาตรน้ำที่มีการถ่ายออกซิเจน

ในการกำหนดขนาดปั๊มลมที่ถ่ายเทอากาศให้กับสามารถต่อปั๊มลมในการเพิ่มอากาศเข้าโดยตรงหรือผ่านการต่อหัวทรายที่จะทำการเพิ่มผิวสัมผัสในการละลายออกซิเจนสู่น้ำ โดยหากคำนวณต้องทราบขนาดพื้นที่ผิวสัมผัสเพื่อหาอัตราการไหลอากาศเป็นปริมาตรต่อเวลาเพื่อหาอัตราการกระจายออกซิเจนของอุปกรณ์โดยแทนสมการได้เป็น

$$m = Q \times W_a \times W_o \times SOTE \times h \times FTE \tag{2-5}$$

เมื่อ m = อัตราการกระจายออกซิเจน (ปอนด์ออกซิเจน/น.)

Q = อัตราการไหลของอากาศจากอุปกรณ์ (ลบ.ฟ./น.)

W_a = น้ำหนักอากาศต่อปริมาตร (ปอนด์อากาศ/ลบ.ฟ.)

W_o = น้ำหนักออกซิเจนต่ออากาศ (ปอนด์ออกซิเจน/ปอนด์อากาศ)

$SOTE$ = อัตราการแลกเปลี่ยนออกซิเจนโดยทั่วไป (Standard Oxygen Transfer Efficiency rate)(ปอนด์/ฟ.)

h = ความลึก(ฟ.)

FTE = สัมประสิทธิ์รวมของการถ่ายเทออกซิเจน(Field Transfer Efficiency)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.5.3 ความเป็นกรด-ด่าง(pH)

ความหนาแน่นของประจุไฟฟ้าสามารถแสดงค่าความเป็นกรดเป็นด่างได้จากที่ ไฮโดรเจนไอออน (H^+) เป็นไอออนที่มีประจุไฟฟ้าบวก เมื่ออยู่ในสารละลายจะเรียกว่า ไฮโดรเจนไอออน(H_3O^+)โดยความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนคือจำนวนโมลของไฮโดรเจนไอออนในสารละลายปริมาตร 1 ลิตร

pH มาจากการวัดไฮโดรเจนไอออนของสารละลายจากลอกการิทึมลบฐาน 10 ของความเข้มข้นไฮโดรเจนไอออน หากสารละลายมี pH ต่ำกว่าจะมีไฮโดรเจนไอออนในสารละลายมากกว่า

$$pH = \log[\frac{1}{(H^+)}] = -\log[H^+] \quad (2\text{-}6)$$

นอกจากหาค่าความเป็นกรดเป็นด่างจาก ไฮโดรเจนไอออนที่เป็นประจุไฟฟ้าบวก ความเป็นกรดเป็นด่างสามารถหาได้จาก ไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) ที่มีประจุไฟฟ้าลบ สารประกอบทั่วไปมีสมบัติเป็นกลางทางไฟฟ้าแต่เมื่อ นำสารประกอบผสมลงไปในน้ำจะทำให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออนลบและไอออนบวก โดยอัตราการแตกตัวต่อสารประกอบที่ยังไม่แตกตัวมีค่าคงที่ คือค่าคงที่ของการไอออนไนซ์ การหาค่าความเป็นกรดเป็นด่างจากไอออนลบจะเป็นค่า pOH มาจากการวัดสารละลายลอกการิทึมลบฐาน 10 ของความเข้มข้นไฮดรอกไซด์ไอออน หากสารละลายมี pOH ต่ำกว่าจะมีไฮดรอกไซด์ไอออนในสารละลายมากกว่า

$$pOH = \log[\frac{1}{(OH^-)}] = -\log[OH^-] \quad (2\text{-}7)$$

ค่า pH และ pOH มีความสัมพันธ์แบบผลคูณไอออนของน้ำบริสุทธ์

$$K_w = (H_3O^+)(OH^-) = 1.0 \times 10^{-14} \quad (2\text{-}8)$$

(ณ อุณหภูมิ 25 °C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หรือเมื่อมีการทำปฏิกิริยาแล้ว

$$K = \frac{(M^+)(A^-)}{(MA)} \quad (2\text{-}9)$$

เมื่อ K = ค่าคงที่ของการไอออนไนซ์ (mole/l)

M^+ = ความเข้มข้นของไอออนซ์บวก (mole/l)

A- = เป็นความเข้มข้นของไอออนซ์ลบ (mole/l)

MA = เป็นความเข้มข้นของสารละลายที่ยังไม่แตกตัว (mole/l)

จากสมการค่าคงที่ของการแตกตัวไอออนแทน A ด้วย ไฮโดรเจนไอออน และแทน A ไฮดรอกไซด์ไอออน และแทนผลคูณค่าคงที่ของสารละลายซึ่งในที่นี้เป็นน้ำด้วย 1.0×10^{-14} เมื่อทำการเทคลอกทั้งสองข้างของสมการ จะทำให้ได้ผลลัพธ์สุดท้ายเป็น pH + pOH = 14 ดั้งนั้นค่ากลางของความเป็นกรดเป็นด่างจึงอยู่ที่ 7 และนับว่ามีค่าเป็นกลาง

ค่าความเป็นกรดด่างในบ่อกุ้งที่เหมาะสมในการดำรงชีวิต และเจริญเติบโตอยู่ในช่วง pH 7.0-8.3 โดยทั่วไปในบ่อกุ้งอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงของค่า ค่าความเป็นกรดด่างได้จากพืชในน้ำ และสิ่งปฏิกูลจากตัวกุ้งแม่น้ำ มักจะทำให้ค่าความเป็นกรดด่างต่ำลง จึงมีการใส่สารปรับค่าความเป็นกรดด่างของน้ำ อย่างปูนขาวเพื่อให้ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำอยู่ในระดับที่เหมาะสม หากมีค่าความเป็นกรดด่างสูง จะทำให้แอมโมเนียในน้ำจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่เป็นพิษมากขึ้น จึงควรเจือจางน้ำลงให้อยู่ในค่าที่เหมาะสม

2.5.3.1 การวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่างแบบใช้อิเล็กโทรดแก้ว

วิธีการวัดค่าเป็นกรดเป็นด่างโดยดูจากความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างสองสารละลาย ประกอบด้วย สารละลายอ้างอิง และสารละลายที่ต้องการวัด โดยจะมีหลอดแก้วขั้นกลางระหว่างสองสารละลายที่เมื่อได้รับไฟฟ้าจะทำการพยามต่อพันธะกับไฮโดรเจนไอออน เมื่อไฮโดรเจนไอออนจากทั้งสองสารละลายถูกเทียบกัน ความต่างของไอออนนี้จะส่งผลต่อความต่างศักย์ที่มีตัวนำไฟฟ้ามาวัดในหลอดแก้วของสารละลายอ้างอิงทำให้สามารถวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่างได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ค่าความความเป็นกรดเป็นด่างนี้สารละลายอ้างอิงในหลอดแก้วมีค่าเป็น pHi ภายนอกเป็น pHo ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างแก้วตัวกลาง (Eg) โดยสามารถอธิบายด้วยสมการของคลุม 90Nernst ดังนี้

$$Eg = K\left[\frac{2.302\ RT}{F}\right](pHi - pHo) + Eas \qquad (2\text{-}10)$$

เมื่อ R = ค่าคงที่ของแก๊ส (2.314 จูลน์/เคลวินโมล)

T = อุณหภูมิสัมบูรณ์ (เคลวิน)

F = ค่าคงที่ของฟาราเดย์ (96,487 คูลอมป์/ฟาราเดย์)

EAS = ศักย์อสมมาตร ซึ่งเป็นค่าขึ้นอยู่กับชนิดของตัวกลางระหว่างสารละลาย ศักย์นี้จะถูกสร้างจากขั่วตรงข้ามจากศักย์ไฟฟ้าระหว่างผิวแก้วตัวกลาง

เทอมของ 2.302 RT/F นี้เป็นความชันศักย์ไฟฟ้า(potential gradient) ของอิเล็กโทรดแบบแก้ว ในทางอุดมคติ K = 1.00 โดย K เรียกว่า EMF(แรงเคลื่อนไฟฟ้า) ต่อค่า pH ซึ่งค่านี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ปกติค่าจะมีค่าไม่น้อยกว่า 1.00 ตามการตรวจสอบกฎของการชั่งและวัดยอมให้ลดค่าลงได้ถึง K = 0.95

pH sensor เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าเคมี(electrochemical) ที่สร้างแรงเคลื่อนไฟฟ้าซึ่งเป็นสัดส่วนเท่ากันกับค่า pH ของสารละลายที่นำไปวัด ส่วน pH meter .ใช้หลักการของอิเล็กโทรดแก้วและ pH sensor วัดความต่างศักดิ์ไฟฟ้าของอิเล็กโทรอ้างอิงเทียบกับอิเล็กโทรดวัด โดยสารละลายอ้างอิงที่บรรจุในหลอดแก้วจะเป็นสารละลายที่มีค่า pH 7 อย่าง KCl ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้ในแต่ละ pH ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน และอุณหภูมิ

2.5.3.2 เครื่องควบคุมระดับค่า พีเอช แบบอัตโนมัติสำหรับบ่อเลี้ยงกุ้งแม่น้ำ

นาย กัยรติศักดิ์ ชินาภาษได้ทำวิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุสาหกรรมศาสตร์สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คะณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โดยได้ทำการสร้างเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง และควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง ในบ่อกุ้งแม่น้ำขนาดใหญ่ โดยทำการวัดที่มุมบ่อเลี้ยง แล้วใช้มอเตอร์ที่มีกระแสสูงในการวิดน้ำ และปั๊มเติมอากาศโดยเปรียบเทียบระหว่างบ่อที่ทำการควบคุม pH และไม่ทำการควบคุม pH โดยผลลัพธ์ทำกุ้งในบ่อที่ทำการควบคุม pH ให้อยู่ในค่า 7.8 มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวมากกว่าบ่อที่ไม่ทำการควบคุมค่า pH อยู่ร้อยละ 11.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.5.4 ค่าความเป็นด่าง(Alkalinity)

เป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของด่างที่ละลายน้ำอย่าง ไอออนของไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) และคาร์บอเนต ($C0_3^{2-}$) มีหน่วยวัดเป็นปริมาณมิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต (mg/l as $CaCO_3$) ค่านี้มีคุณสมบัติในการควบคุม ค่า pH ของน้ำให้คงที่ เกิดการเปลี่ยนแปลงค่า pH ได้ช้าทำให้สัตว์น้ำรับต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ได้ การปรับค่าความเป็นด่างมักใช้ปูนคาร์บอเนต ($CaCO_3$) หรือโดโลไมด์ [$Ca(MGCO_3)_2$] ซึ่งสารเหล่านี้เป็นเกลือ

เกลือคือสารประกอบไอออนที่เกิดจากกรดผสมกับด่าง โดยปฏิกิริยาของเกลือบางชนิดกับน้ำจะเพิ่มค่าความเป็นด่างโดยทั่วไปจะเกิดจากไบคาร์บอเนต หากสภาพของน้ำมีความเป็นกรดสูง เกลือเหล่านี้จะทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนไอออนแล้วลดความเป็นกรดอย่างที่เกิดกับปฏิกิริยาของแคลเซียมคาร์บอเนต

$$CaCo_3 + 2H^+ \rightarrow Ca^{2+} + CO_2 + H_2O \qquad (2\text{-}11)$$

ค่าความเป็นด่างในบ่อเลี้ยงควรมีค่ามากกว่า 100 ppm หรือ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร [8] เพิ่มโดยการเติมวัสดุกลุ่มโซเดียมไบคาร์บอเนต

2.5.5 แอมโมเนีย ไนเตรท ไนไตรท์

แอมโมเนียโดยส่วนมากเกิดจากกระบวนการเมตาบอลึซึมและการย่อยสลายสารอินทรีย์ของสิ่งมีชีวิตในน้ำ แอมโมเนียมีพิษต่อสัตว์น้ำโดย ทำลายเหงือ ลดอัตราการแลกเปลี่ยนออกซิเจนสู่ร่างกายสัตว์น้ำ

ไนเตรทเป็นสารที่เกิดจากกระบวนการ Nitrification ของแอมโมเนีย โดยมีแบคทีเรียชนิด Nitrosomonas sp. และ Nitrobactor sp. เป็นสารที่มีพิษต่อสัตว์น้ำ

ไนไตรท์เป็นสารที่เกิดตามวัฐจักรไนโตรเจน ในระบบบ่อเลี้ยงมีการเกิดมากกว่าแหล่งน้ำทั่วไปเนื่องจากความหน่าแน่นของสิ่งมีชีวิตในบ่อเลี้ยงสูง มีความเป็นพิษต่อกุ้ง

ค่าของเสียตามวัฐจักรไนโตรเจนค่าแอมโมเนียไม่ควรมากกว่า 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรทไม่ควรมากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนไตรท์ไม่ควรมากกว่า 60 มิลลิกรัมต่อลิตร หากมีแอมโมเนียมากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็นเวลามากกว่า 12 ชั่วโมงในบ่อเลี้ยงสามารถทำให้กุ้งตายได้ ลดโดยการเปลี่ยนถ่ายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.5.6 ความเค็มและแร่ธาตุ

การเลี้ยงกุ้งในน้ำที่ความเค็มต่ำอาจทำให้แร่ธาตุไม่เพียงพอเนื่องจากเมื่อเลี้ยงกุ้งในความเค็มสูงแร่ธาตุที่พบจะสูงตาม จึงควรเพิ่มแร่ธาตุในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในสภาพน้ำที่ความเค็มต่ำ ได้แก่ Na, Mg, K, Cl, P และ Ca นอกเหนือจากแร่ธาตุในคุณภาพน้ำ แร่ธาตุในอาหารสามารถส่งผลในการเจริญเติบโตของกุ้งขาวได้ โดยแร่ธาตุที่สำคัญได้แก่ Zn, Mn, Cu, Fe และ Se [14] เนื่องจากค่าความนำไฟฟ้ามีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงตามค่าความเค็มและปริมาณไอออนต่าง ๆ ซึ่งรวมถึงไอออนของแร่ธาตุ [15] จึงสามารถวัดค่าความนำไฟฟ้าเพื่อทราบถึงสถานการณ์ที่แร่ธาตุลดและความเค็มลดลงจนควรเติมแร่ธาตุและปรับความเค็มเพื่อให้กุ้งในบ่อเลี้ยงมีการเจริญเติบโตที่ดี

ความสำคัญของคุณภาพน้ำโดยอิงตามความถี่ในการจำเป็นต้องตรวจวัดเพื่อคงสภาพน้ำ และความแม่นยำของเครื่องมือที่ต้องการ ส่งผลต่อกุ้งจะเป็นส่วนกำหนดความจำเป็นที่ต้องมี

ความถี่ในการวัดค่าแบ่งเป็น

- ต่ำ ถี่น้อยกว่าทุกวัน
- กลาง ทุกวันหรือถี่กว่า
- สูง ทุกชั่วโมงหรือถี่กว่า

ความแม่นยำของค่าที่วัดแบ่งเป็น

- ต่ำ ต้องการให้ค่าที่ควบคุมอยู่มากกว่าหรือต่ำกว่าค่าที่กำหนด
- สูง ต้องการให้ค่าที่ควบคุมอยู่ในช่วงที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตาราง 2.2 ตารางแสดงรายละเอียดในการวัดพารามิเตอร์ต่างๆของการวัดคุณภาพน้ำ

Parameter	ความถี่ในการตรวจวัด	ความแม่นยำ	ผลต่อกุ้ง	ความสำคัญ
อุณหภูมิของน้ำ	ทุกวันเช้า - บ่าย (กลาง)	ให้อยู่ในช่วงที่กำหนด(สูง)	เพิ่มการเจริญเติบโต มีผลต่อพฤติกรรมการกินอาหาร	จำเป็น สำคัญ กลางสูง
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ	ทุกวันเช้า (กลาง)	ให้มากกว่าปริมาณขั้นต่ำ (ต่ำ)	เพิ่มการเจริญเติบโต .ใช้หายใจดำรงชีวิต (จำเป็น)	จำเป็น สำคัญ กลางต่ำ
ความเป็นกรด-ด่าง(pH)	ทุกวันเช้า กลางวัน (กลาง)	ให้อยู่ในช่วงที่กำหนด(สูง)	เพิ่มการเจริญเติบโต ลดการเป็นพิษของแอมโมเนียที่เพิ่มขึ้นเมื่อ pH มีค่าสูงขึ้น (จำเป็น)	จำเป็น สำคัญ กลางสูง
ค่าความเป็นด่าง(Alkalinity)	สัปดาห์ละครั้ง (ต่ำ)	ให้มากกว่าปริมาณขั้นต่ำ (ต่ำ)	มีผลต่อการเปลี่ยนค่า pH อย่างรุนแรง (จำเป็น)	จำเป็น สำคัญต่ำ
แอมโมเนีย ไนเตรท ไนไตรท์	ไม่ควรน้อยกว่า 12 ชั่วโมงต่อครั้ง(กลาง)	ให้น้อยกว่าปริมาณขั้นสูง (ต่ำ)	หากมี แอมโมเนียมากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็นเวลามากกว่า 12 ชั่วโมงในบ่อเลี้ยงสามารถทำให้กุ้งตายได้ (จำเป็น)	จำเป็น สำคัญ กลางต่ำ
ความเค็ม	ช่วงในการเตรียมน้ำในบ่อพักและสัปดาห์ละครั้ง (ต่ำ)	ให้อยู่ในช่วงที่กำหนด (สูง)	มีผลต่อการสะสมแร่ธาตุในตัวกุ้ง (จำเป็น)	จำเป็น สำคัญ กลาง
แร่ธาตุ	ช่วงแรกของการเริ่มเลี้ยง หรือตลอดช่วงการเลี้ยง หากกุ้งอยู่ในสภาพเดียวกับน้ำมาก่อนวัดเพียงการให้ 3 เดือนครั้งช่วงในการเตรียมน้ำในบ่อพัก(1-11 ครั้งในรอบการเลี้ยง 6 เดือน) (ต่ำ)	ให้มากกว่าปริมาณขั้นต่ำ (ต่ำ)	เพิ่มการเจริญเติบโต ความถี่การลอกคราบ อัตรารอด(เพิ่มระบบภูมิคุ้มกัน) (จำเป็น)	จำเป็น สำคัญต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากตารางได้ว่าแปลงเป็นคะแนน

ความถี่ที่ต้องใช้ในการตรวจวัดคุณภาพน้ำ

- ความถี่ต่ำ 1 คะแนน
- ความถี่กลาง 2 คะแนน
- ความถี่สูง 3 คะแนน

ความแม่นยำที่ต้องการ

- ความแม่นยำต่ำ 1 คะแนน
- ความแม่นยำสูง 2 คะแนน

เมื่อนำค่าคุณภาพน้ำทั้งหมดรวมเป็นคะแนน และคิดร้อยละของความสำคัญจะได้เป็น

ตาราง 2.3 ตารางสรุปคะแนนและเปอร์เซ็นต์ความสำคัญ

Parameter	คะแนน	คิดเป็นร้อยละ
อุณหภูมิของน้ำ	4	19.05
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ	3	14.29
ความเป็นกรด-ด่าง(pH)	4	19.05
ค่าความเป็นด่าง(Alkalinity)	2	9.52
แอมโมเนีย ไนเตรท ไนไตรท์	3	14.29
ความเค็ม	3	14.29
แร่ธาตุ	2	9.52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.6 ระบบการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

ในปัจจุบันเกษตรกรมีการเลี้ยงโดยใช้เครื่องให้อาหารอัตโนมัติโดยตั้งเวลาและปริมาณการให้อาหารได้ พร้อมทั้งต้องจดการใช้งานเพื่อคำนวณในการให้อาหาร เช่นเดียวกับการขาดแรงงานในการให้อาหาร การวัดค่าคุณภาพน้ำในแต่ละบ่อเลี้ยงจำเป็นต้องใช้แรงงานในการวัด และแก้ไขหากค่าไม่อยู่ในระดับที่เหมาะสม อย่างการใช้เครื่องเพิ่มอากาศโดยเปิดใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง ตามมาตรฐาน จีเอพี แล้วต้องทำการวัดออกซิเจนที่ละลายในน้ำอย่างน้อย 2 ครั้งต่อวันหากออกซิเจนต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม เกษตรกรจะนำเครื่องเพิ่มอากาศมาเพิ่ม และจำเป็นต้องวัดค่าคุณภาพน้ำอย่างอุณหภูมิน้ำ ความเป็นกรดด่าง แอมโมเนีย ไนไตรท์ ในทุกวัน พร้อมทั้งนำค่าคุณภาพน้ำมาวิเคราะห์แล้วทำการแก้ไข จึงต้องคอยดูแลอยู่ที่ฟาร์มทุกวัน

นอกจากการเรื่องของการจัดการด้านอาหารและคุณภาพน้ำแล้ว ส่วนมากการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมจะมีการเลี้ยงในบ่อดินหรือบ่อผ้า PE จึงต้องมีการควบคุมโรคและศัตรู อย่างการทำสีน้ำเทียมเพื่อให้ชนิดของแพลงตอนที่เกิดภายในบ่อไม่มีอัตรายต่อกุ้งขาวแวนนาไม การเตรียมบ่อโดยฆ่าเชื้อโรคก่อนที่จะปล่อยกุ้งลงบ่อเลี้ยง จัดการด้านการบำบัดน้ำ จัดการบำบัดด้วยจุรินทรย์ มีการรวม ดูดเลน ฉีดเลน มีการใช้ยาปฏิชีวนะที่ได้รับอนุญาติในการรักษาโรค มีการใช้สารเคมีที่ได้รับอนุญาติ

ส่วนการเลี้ยงตามมาตรฐาน จีเอพี นั้นเกษตรกรต้องเริ่มจาการ จัดการความรูและขึ้นทะเบียนผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยมาตรฐานกำหนดตั้งแต่การเลือกศถานที่ ลักษณะของดิน การแบ่งพื้นที่ มีทั้งบ่อพักน้ำ บ่อบำบัดน้ำ เพื่อไม่ให้น้ำเสียกลับเข้าบ่อเลี้ยง การเตรียมบ่อเลี้ยง การจัดการเลือกลูกกุ้ง การคุมคุณภาพน้ำ คุณภาพและปริมาณอาหาร การจัดการแร่ธาตุและความเค็มภายในบ่อเลี้ยง การจัดการโรคไปจนกระทั้งระบบการเก็บเกี่ยวผลผลิตและขนส่ง รวมทั้งจัดการเรื่องเอกสารที่ใช้ในกระบวนการประเมิณตรวจสภาพของฟาร์ม

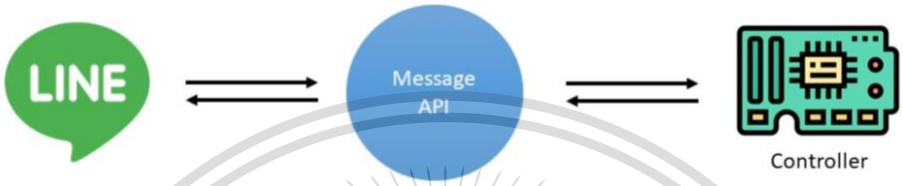
2.6.1 ผลของระยะเวลาการให้อาหารโดยใช้เครื่องให้อาหารอัตโนมัติต่อผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไม (Litopenaeus vannamei) ในฟาร์มเลี้ยง

จากงานวิจัยศึกษาผลของระยะเวลาการให้อาหารโดยใช้เครื่องให้อาหารอัตโนมัติต่อผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไม (Litopenaeus vannamei) ในฟาร์มเลี้ยง ของพงศ์ธร ยิ่งยวด ซึ่งงานวิจัยเป็นการให้อาหารกุ้งขาวแวนนาไมด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติโดยเทียบการให้อาหารตลอดเวลา และให้เป็นช่วงเวลา 7.00 น-22.00น. ความถี่ 1 นาทีให้ 1 ครั้ง โดยให้อาหารตามขนาดตัวของกุ้งขาวแวนนาไม โดยการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ผลผลิต ต้นทุน ผลตอบแทนของการให้อาหารตลอด 24 ชั่วโมงดีกว่าเล็กน้อย ซึ่งในโครงงานระบบเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมอัตโนมัติ (Autonomous Care Whiteleg Shrimp(Litopenaeus vannamei) System) ได้นำข้อดีในส่วนของการใช้เครื่องให้อาหารอัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โนมัติมาใช้ และเพิ่มประสิทธิภาพโดยสามารถกำหนดปริมาณ และช่วงเวลาที่ต้องการที่จะให้อาหารได้ตามที่ผู้ใช้งานต้องการ ผ่านทางไลน์แอปพลิเคชัน

2.7 Line Platform

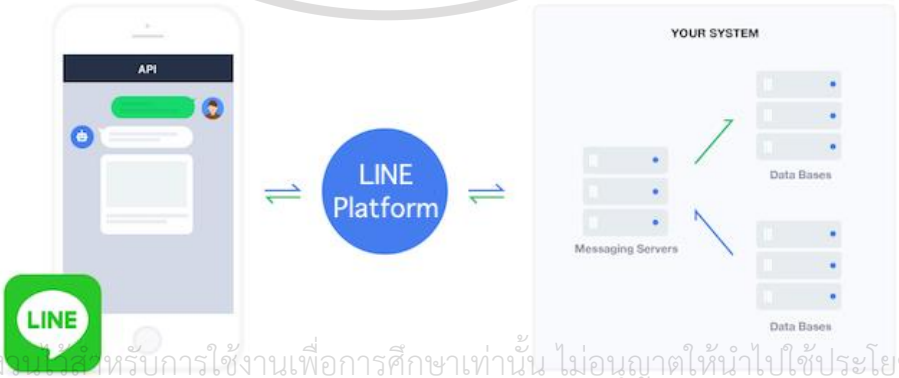


รูป 2.7 แสดงการเชื่อมต่อ Line กับ Controller

เนื่องจาก ไลน์ (Line) คือ Application สำหรับการสื่อสารยอดนิยม เนื่องจากมีความสามารถหลากหลาย และทำงานได้บนหลากหลายอุปกรณ์ ไม่ว่าจะเป็นสมาร์ทโฟน, แท็บเล็ต หรือแม้กระทั่งบนเครื่องคอมพิวเตอร์ จึงทำให้ในปัจจุบันนี้ Line ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เราจึงได้ออกแบบระบบให้ใช้ Line เป็นตัวติดต่อกับผู้ใช้งานของระบบเพื่อง่ายต่อผู้ใช้ในการทำงาน ซึ่งผู้ใช้สามารถตั้งค่าการทำงานของระบบและรับการแจ้งเตือนของระบบผ่าน Line

2.7.1 Messaging API

Messaging API คือ เครื่องมือที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลางที่จะเชื่อมต่อ Server ของผู้พัฒนากับ.Line Platform ทำให้ผู้พัฒนาสามารถเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างบริการที่ต้องการ ผ่านทางข้อความและการโต้ตอบกับผู้ใช้ในลักษณะ Chatbot



รูป 2.8 แสดงการทำงานของ Line messaging API

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.8 MQTT Protocol

MQTT ย่อ มาจาก Message Queue Telemetry Transport คือโปรโตคอลในการส่งข้อมูลที่พัฒนามาเพื่อใช้ในระบบ IOT โดยมีการเป็นตัวกลางในการจัดการข้อมูลเรียกว่า Broker และมีอุปกรณ์ที่เข้าเชื่อมต่อเรียกว่า Clients โปรโตคอลถูกออกแบบให้สามารถส่งข้อมูลแบบ Real-Time ในปริมาณข้อมูลที่น้อย ทำให้ใช้พลังงานต่ำมันถูกพัฒนามาบน layer เหนือ TCP/IP ที่มีการส่งข้อมูลแบบ One-To-One ให้สามารถส่งข้อมูลแบบ One To All ได้ จึงทำให้สามารถสั่งงานกลุ่มอุปกณ์ได้ภายในการส่งข้อมูลเพียงครั้งเดียว ใน MQTT อุปกรณ์เข้าเชื่อมต่อรอรับข้อมูลเรียกว่า Subscriber และอุปกรณ์ที่เข้าเชื่อมต่อส่งข้อมูลเรียกว่า Publisher โดยโครงงานนี้ใช้ MQTT Protocol รับส่งข้อมูลระหว่าง server ที่ทำการรับข้อมูลจากเครื่องวัดสภาพแวดล้อม ในการสั่งงาน ตั้งค่า และรับค่า

2.9 วัสดุและอุปกรณ์

2.9.1 เซนเซอร์วัดระดับน้ำสวิตช์ลูกลอย

อุปกรณ์วัดระดับน้ำโดยน้ำเซอร์ลูกลอยไว้ในบ่อน้ำที่ต้องการวัดระดับ หากวางไว้จากด้านบนของบ่อ แล้วน้ำอยู่ในระดับต่ำกว่าจะทำให้ ลูกลอยทำหน้าที่เป็นสวิตช์ปิดแต่หาก น้ำมีระดับเหนือกว่าจะทำให้สวิตช์เปิด

รูป 2.9 เซนเซอร์ลูกลอยไฟฟ้า

2.9.2 เซนเซอร์วัดความเป็นกรดเป็นด่าง

อุปกรณ์วัดค่าความเป็นกรดด่างในน้ำ โดยการสร้างแรงเคลื่อนไฟฟ้าสัดส่วนเท่ากับค่าของสารละลายที่นำไปวัด โดยหลังจากที่วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าแล้วนำค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า ระหว่าง

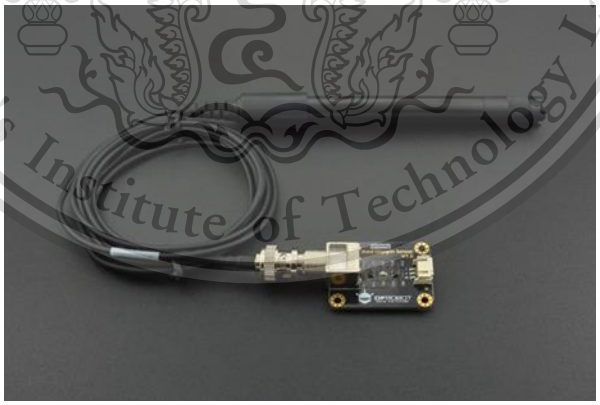
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

อิเล็กโทรดอ้างอิง กับอิเล็กโทรดวัด ไปแสดงผลโดย ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้ากับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลายจะแปรผันตรงกัน

รูป 2.10 เซนเซอร์วัดความเป็นกรดเป็นด่าง

2.9.3 เซนเซอร์วัดออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

อุปกรณ์วัดออกซิเจนที่ละลายในน้ำ โดยใช้หลักการของฟลูออเรสเซนต์(Fluorescence) ในการวัด ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ซึ่งเป็นหลักการของแสงที่จำกัดความยาวคลื่น(Wavelength) และควบคุมค่าความเข้มข้นของแสงที่ตกกระทบบนแผ่นเลนส์ จากนั้นจึงนำไปประมวณผลจากค่าความแตกต่างระหว่างการส่ง ไป-กลับ และคำนวณออกมาเป็นค่าออกซิเจนในน้ำ



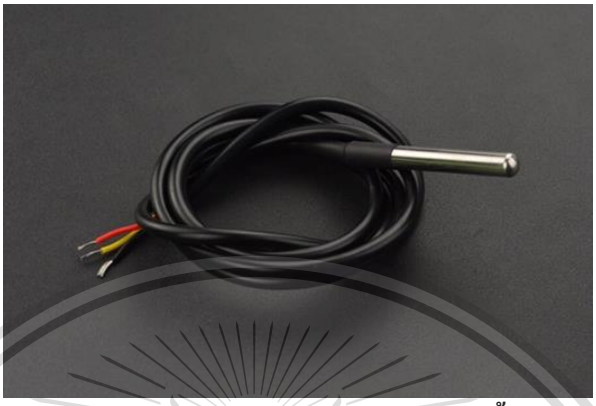
รูป 2.11 เซนเซอร์วัดออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

2.9.4 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิของน้ำ

อุปกรณ์วัดอุณหภูมิของน้ำ โดยใช้หลักการเชื่อมโลหะ 2 เส้น ที่เป็นโลหะต่างชนิดกันเข้าด้วยกัน ถ้าอุณภูมิที่ปลายทั้ง 2 ด้านไม่เท่ากัน จะเกิดกระแสไหลในโลหะทั้ง 2 เส้นนั้นแสดงว่าถ้าเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปลายจุดต่อด้านหนึ่งออก แล้ววัดโดยโวล์ตมิเตอร์(Voltmeter) จะได้แรงเคลื่อนไฟฟ้าระหว่างโลหะ 2 เส้นค่าหนึ่ง (ค่านี้มีปริมาณน้อย หน่วยเป็น mV) เรียกแรงเคลื่อนไฟฟ้านี้ว่า Seeback Voltage



รูป 2.12 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิภายในน้ำ

2.9.5เซนเซอร์วัดความนำไฟฟ้าของน้ำ

อุปกรณ์วัดความนำไฟฟ้าของน้ำ โดยการใส่แรงดันไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้าสองขั้วในหัววัดซึ่งจุ่มลงไปในน้ำ การลดลงของแรงดันไฟฟ้าซึ่งเกิดจากการต้านของน้ำจะนำไปใช้คำนวณค่าการนำไฟฟ้าต่อไป

รูป 2.13 เซนเซอร์วัดความนำไฟฟ้าของน้ำ

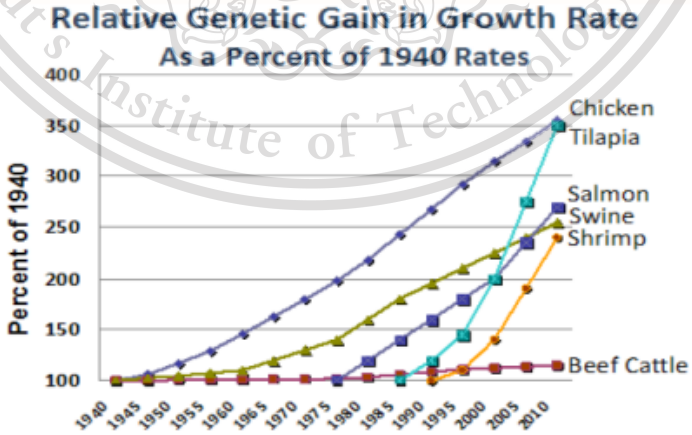
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 3

การออกแบบและพัฒนาระบบ

กุ้งขาวแวนนาไมมีปัจจัยที่สำคัญต่ออการเลี้ยงคือสภาพแวดล้อมของกุ้ง เดิมกุ้งขาวแวนนาไมอาศัยในน้ำทะเลที่มีความเค็มสูงแต่จากการเลี้ยงของเกษตรกรไทยสามารถเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในน้ำความเค็มต่ำได้โดยต้องมีคุณภาพน้ำที่เหมาะสมในการเจริญเติบโต คุณภาพน้ำที่สำคัญในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมนั้นมีหลายประการโดยบางประการขึ้นอยู่กับต้นกำเนิดของกุ้ง และการปรับสภาพทำให้ค่าคุณภาพของการเลี้ยงกุ้งในแต่ละบ่อต่างกัน แต่มีค่าคุณภาพสำคัญที่ทำให้กุ้งขาวแวนนาไมสามารถดำรงชีวิตและเจริญเติบโตซึ่งทุกบ่อเลี้ยงไม่สามารถขาดได้ โดยผู้เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมต้องใส่ใจและตรวจวัดค่าความเป็นกรดด่าง ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และค่าแอมโมเนีย โดยค่าเหล่านี้จะต้องตรวจวัดทุกวัดเพื่อให้กุ้งยังคงสามารถเจริญเติบโตได้ และหากมีค่าใดผิดปกติผู้เลี้ยงต้องรีบแก้ก่อนที่กุ้งจะไม่สามารถทนต่อสภาวะนั้นได้ นอกจากนี้ยังมีอุณหภูมิของน้ำที่ควรเปลี่ยนน้อย และปริมาณธาตุที่ต้องใส่ใจเพื่อให้กุ้งสามารถลอกคราบได้ดี ลดโอกาสเกิดโรคอันเนื่องมาจากการขาดแร่ธาตุ และช่วยให้ผลผลิตของกุ้งดีขึ้น

ปัจจัยที่มีความสำคัญอีกปัจจัยหนึ่งคือความต้องการอาหารของกุ้งโดยปริมาณการให้อาหารต้องพอดี ไม่มากเกินไปจนทำให้อาหารเหลือในบ่อน้ำจนเกิดน้ำเน่าเสีย ไม่น้อยจนทำให้กุ้งกินกันจนอัตรารอดลดลง ปริมาณการให้อาหารขึ้นอยู่กับการปรับแต่งและการพัฒนาสายพันธุ์ของกุ้งขาวแวนนาไมที่นำมาเลี้ยง ดังนั้นกุ้งของแต่ละผู้เลี้ยงจึงมีปริมาณความต้องการอาหาร และเวลาการให้อาหารไม่เท่ากัน



รูป 3.1 เทียบอัตราการเติบโตของยีนในสายพันธุ์กุ้งขาวเป็นร้อยละจากปี 1940 ที่มา: George Chamberlain, 2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมจึงต้องดูแลทั้งการให้อาหาร และคุณภาพน้ำให้เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตและการเติมโตของกุ้งเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดี โดยหากมีระบบควบคุมก็จะลดความผิดพลาดของบุคคล หากมีการเก็บข้อมูลและการแจ้งเตือนจะทำให้ผู้เลี้ยงสามารถลดปัญหาที่เกิดกับการเลี้ยงลงไปได้อีกด้วย ทำให้ระบบมี 2 ปัจจัยสำคัญหลักประกอบกับปัจจัยย่อยที่ยึดนำมาออกแบบระบบดังนี้

1) ปัจจัยด้านสภพแวดล้อม
   - ด้านค่าของเสียภายในน้ำ
   - ด้านค่าคุณภาพน้ำที่สำคัญ
2) ปัจจัยด้านความต้องการอาหาร

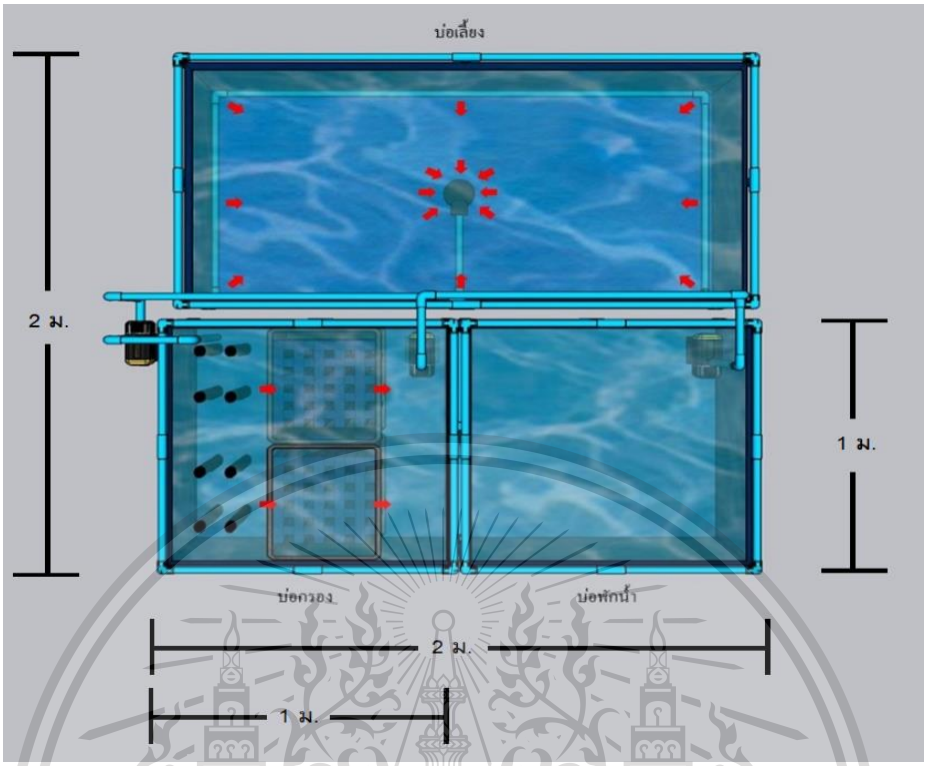
3.1 ภาพรวมการออกแบบ

ระบบเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมอัตโนมัติถูกออกแบบมาเพื่อตอบสนองต่อปัจจัยสำคัญในการเลี้ยง ประกอบไปด้วย ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม และปัจจัยด้านความต้องการอาหาร

สำหรับปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมยิ่งพื้นที่ในการเลี้ยงมากจะยิ่งทำให้การจัดการปัญหาของเสีย จัดการคุณภาพน้ำ และการดูแลบ่อเลี้ยงทำได้ยากจึงทำให้เลี้ยงกุ้งได้ความหนาแน่นต่ำ หรือหากเลี้ยงในความหนาแน่นสูงแล้วมีการจัดการที่ไม่ดีอาจเกิดปัญหาของเสียในสภาพแวดล้อมได้ ในทั่วไปการเลี้ยงมีตั้งแต่ขนาดทดลองอย่าง บ่อขนาดครึ่งลูกบาศ์กเมตรไปจนขนาดใหญ่ 60 ไร่ เนื่องจากสถานที่ทดลองมีขนาดจำกัดพื้นที่เลี้ยงทั้งหมดมีขนาดกว้างยาวด้านละ 2 เมตร สูง 2.7 เมตร

โดยตามหลักการของ GAP (Good Aquaculture Practice) ต้องมีบ่อพักน้ำที่มีขนาดบ่อเป็นครึ่งหนึ่งหรือเท่ากับบ่อเลี้ยง และมีส่วนของบ่อกรองในการดักสารอินทรีย์ไม่ให้กลับไปบ่อเลี้ยงรอในการนำออกจากระบบ โดยเลี้ยงในบ่อผ้าใบลดปัญหาที่สามารถเกิดจากดินในบ่อเลี้ยงอย่างเชื้อ EHP ที่ทำให้กุ้งโตช้า ติดเชื้ออื่นได้ง่ายในขณะที่กุ้งยังมีขนาดเล็ก ระบบเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมอัตโนมัติจึงทำการออกแบบบ่อทดลองเลี้ยงเป็น 3 บ่อ แบ่งเป็นบ่อเลี้ยง บ่อเลี้ยงที่ความหนาแน่นสูง 250 ตัวต่อลูกบาศก์เมตรที่เป็นความหนาแน่นสูงมาก ที่มีความกว้าง 2 เมตร ความยาว 1 ความสูง 0.5 เมตร เลี้ยงที่ระดับน้ำที่ 0.4 เมตร บ่อกรอง ที่มีความกว้าง 1 เมตร ความยาว 1 ความสูง 0.5 เมตร และบ่อพักน้ำ ที่มีความกว้าง 1 เมตร ความยาว 1 ความสูง 0.5 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

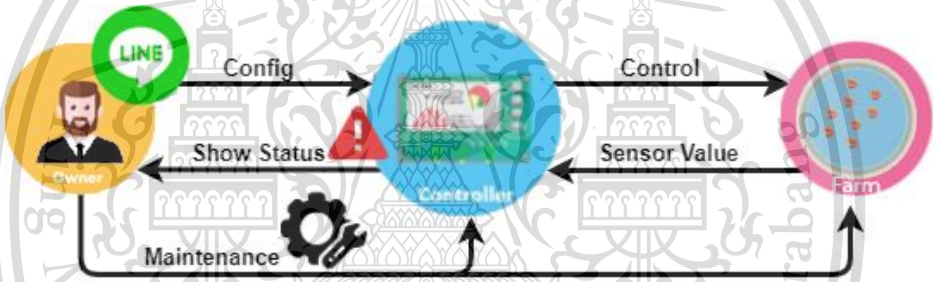


รูป 3.2 ภาพขนาดบ่อมุมมองด้านบน

ภายในบ่อกรองมีการจัดการส่วนในด้านค่าของเสียภายในน้ำหรือค่าแอมโมเนียซึ่งเป็นค่าที่จะทำให้น้ำเน่าเสียอันซึ่งเป็นผลมาจากการย่อยสลายสารอินทรีย์จากอาหารกุ้ง หรือเปลือกกุ้ง ซึ่งสารที่เกิดจากกระบวนการย่อยสลายจนเน่าเสียนี้ทำให้เลือดกุ้งเป็นพิษ จำเป็นต้องมีการจัดการแต่เนื่องจากไม่มีการตรวจวัดค่าที่อุปกรณ์สามารถอ่านค่าได้โดยตรงในราคาที่เข้าถึงได้ง่าย และไม่มีการวัดทางอ้อม ทางจัดการของระบบเลี้ยงกุ้งขาวแวนนามอัตโนมัติได้ออกแบบระบบกรองเพื่อที่จะจัดการของเสียออกจากบ่อเลี้ยง โดยใช้ปั๊มดึงน้ำรวมกับตะกอนจากส่วนลึกตรงกลางบ่อเลี้ยงแล้วนำเข้าบ่อกรองในส่วนลึกของต้นบ่อกรองให้ตะกอนที่เบาลอยน้ำไปติดกับวัสดุกรอง แล้วจึงนำน้ำที่กรองแล้วจากบ่อกรองกลับเข้าส่วนลึกของบ่อเลี้ยงโดยรอบบ่อเพื่อรวมตะกอนไปยังบริเวณกลางบ่อ และมีท่อน้ำล้นไม่ให้ตะกอนมีระดับสูงเกินวัสดุกรอง และป้องกันความเสี่ยงที่เกิดจากระบบทำงานผิดพลาดจนมีปริมาณน้ำมากเกินกว่าที่บ่อสามารถรองรับได้ ในทางระบบการไหลของน้ำมีการวัดการทำงานของปั๊มน้ำที่ทำหน้าที่ไหลเวียนน้ำให้ส่งให้ผู้ใช้ทราบการทำงานของระบบกรอง

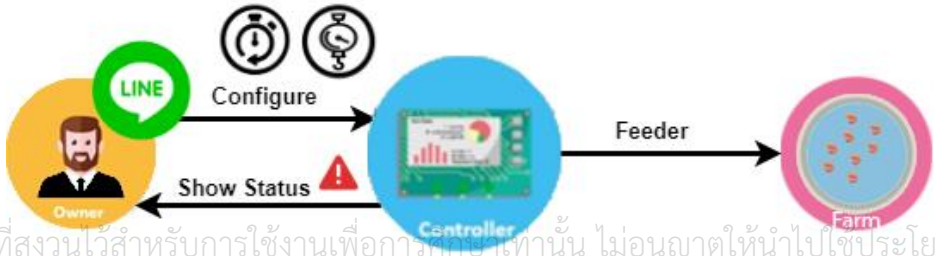
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ด้านของคุณภาพน้ำที่สำคัญเนื่องจากความต้องการของคุณภาพน้ำที่สำคัญของกุ้งขาวแวนนาไมคล้ายคลึงกัน โดยฉพาะค่าความเป็นกรดเป็นด่าง และค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ระบบเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมอัตโนมัติถูกออกแบบมาควบคุมให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง และค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำอยู่ในระดับที่เหมาะสม โดยมีการวัดทั้งสองค่าแล้วใช้ปั๊มลมปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างโดยไล่คาร์บอนไดออกไซด์ไม่ให้ทำปฏิกิริยากับน้ำจนเกิดเป็นกรดเปอร์ฟอร์มิค และค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ พร้อมทั้งมีการเติมน้ำที่เตรียมจากบ่อพักหากปั๊มลมไม่เพียงพอต่อการปรับสภาพความเป็นกรดด่างของน้ำ ในด้านของแร่ธาตุที่มีประจุไฟฟ้าสามารถวัดได้ด้วยความนำไฟฟ้าเมื่อบ่อเลี้ยงมีแร่ธาตุลดลงโดยเฉพาะเมื่อกุ้งลอกคราบ เมื่อระบบตรวจวัดค่าความนำไฟฟ้าที่ลดลงได้ระบบจะทำการเติมน้ำจากบ่อพักที่ผสมแร่ธาตุไว้สู่บ่อเลี้ยงจนอยู่ในระดับที่กุ้งต้องการ และวัดค่าอุณหภูมิของน้ำด้วย โดยระบบมีการส่งค่าที่วัดได้ไปยังผู้เลี้ยง ระบบสามารถตั้งระดับการแจ้งเตือนของค่าน้ำที่ไม่ปรกติ ความถี่ในการวัดคุณภาพน้ำ และแจ้งเตือนเมื่อน้ำในบ่อพักใกล้หมดไปยังผู้เลี้ยงผ่านแอปพลิเคชันไลน์เช่นเดียวกัน



รูป 3.3 ระบบการจัดการสภาพแวดล้อม

สำหรับปัจจัยด้านความต้องการอาหาร เนื่องจากปริมาณการให้อาหาร และเวลาการให้อาหารกับกุ้งขาวแวนนาไมของผู้เลี้ยงแต่ละคนต่างกัน ระบบเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมอัตโนมัติจึงถูกออกแบบการทำงานให้รองรับการตั้งค่าปริมาณอาหารและช่วงเวลาในการให้อาหาร ผ่านทางแอปพลิเคชันที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันอย่าง แอปพลิเคชันไลน์ นอกจากสามารถตั้งค่าปริมาณอาหารและช่วงเวลาการให้อาหารแล้ว ยังสามารถบอกสถานะเมื่ออยู่ในช่วงของการให้อาหาร และแจ้งเตือนไปยังผู้ใช้งานเมื่อระดับปริมาณอาหารในที่เก็บในถังบรรจุนั้นอยู่ในระดับที่น้อยเกินไปหรือใกล้จะหมด

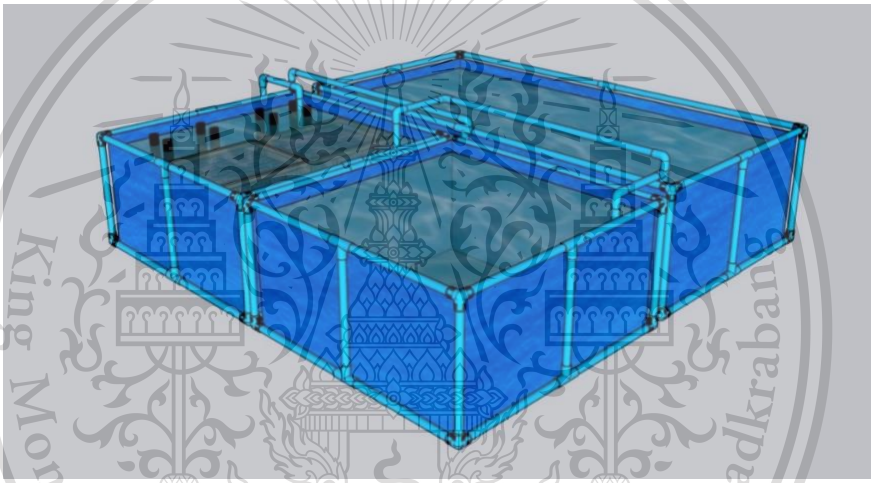


รูป 3.4 ระบบการจัดการความต้องการอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2 การออกแบบบ่อทดลอง

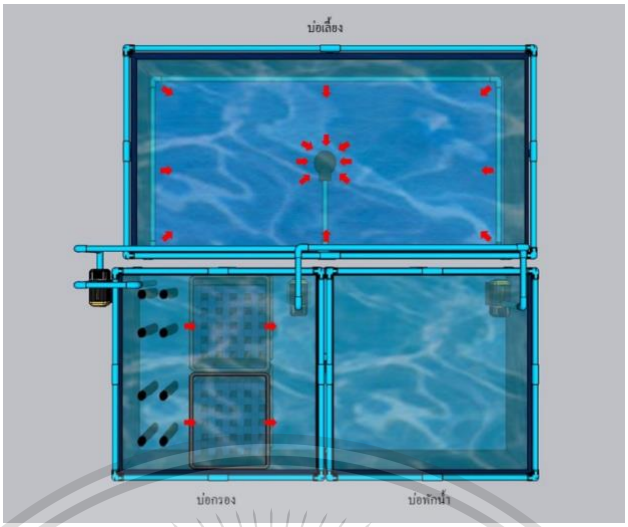
จากความต้องการด้านสภาพแวดล้อมของกุ้งขาวแวนนาไมที่ต้องอาศัยในน้ำที่มีคุณภาพเหมาะสม และตามหลักการของ GAP ต้องมีบ่อพักน้ำทำสำหรับเจือจางน้ำในบ่อเลี้ยงให้มีคุณภาพดีขึ้น ทำให้บ่อทดลองได้ถูกออกแบบให้มี 3 บ่อ โดยแบ่งเป็น บ่อเลี้ยงสำหรับเป็นที่อยู่อาศัยและเจริญเติบโตของกุ้ง, บ่อกรองสำหรับดักสารอินทรีย์เพื่อง่ายต่อการนำออกทำให้ลดปริมาณของเสียในน้ำ และบ่อพักน้ำที่ต้องมีการผสมน้ำที่มีคุณภาพเหมาะสมในการเลี้ยง โดยได้ใช้วัสดุในการทำบ่อคือผ้าใบ แทนที่จะเลี้ยงกุ้งในบ่อดินทำให้ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคของกุ้งที่มาจากดิน รวมทั้งปริมาณเชื้อ EHP ที่อาจปนอยู่ในดิน และใช้โครงเป็นท่อ PVC ขนาด 3/4 นิ้ว



รูป 3.5 ภาพแบบจำลองของบ่อทั้งระบบ

โดยการหมุนเวียนน้ำในระบบจะใช้ปั๊มน้ำในการทำเกิดการหมุนเวียนน้ำในแต่ละบ่อ โดยปั๊มน้ำจะดูดน้ำ, เศษตะกอนและขี้กุ้งผ่านสะดือเทียม จากบ่อเลี้ยงมายังบ่อกรอง จากนั้นปั๊มน้ำอีกเครื่องจะปั๊มน้ำกลับเข้าไปยังบ่อเลี้ยงเพื่อเป็นการวนน้ำภายในระบบ เมื่อระบบมีคุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงไปในระดับที่ไม่เหมาะสมจะเติมน้ำจากบ่อพักน้ำจะเติมเข้าไปยังบ่อเลี้ยงโดยใช้ปั๊มน้ำเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูป 3.6 แบบจำลองบ่อทั้งระบบพร้อมลูกศรการไหลของน้ำ

3.2.1 บ่อเลี้ยง

บ่อเลี้ยงจะเป็นบ่อหลักที่จะใช้เซ็นเซอร์ในการ Monitor ค่าที่ส่งผลต่อตัวกุ้ง และทำการแสดงค่าผ่านทางไลน์ของผู้ดูแลบ่อ โดยในบ่อนี้จะทำการดูดน้ำออกไปยังบ่อกรองผ่านสะดือเทียม และจะดูดน้ำเข้ามาจากบ่อกรองกับบ่อพักน้ำมายังท่อข้างล่างที่ทำเป็นรูไว้

รูป 3.7 ภาพแบบจำลองบ่อเลี้ยง

รายละเอียดของบ่อเลี้ยงมีดังนี้

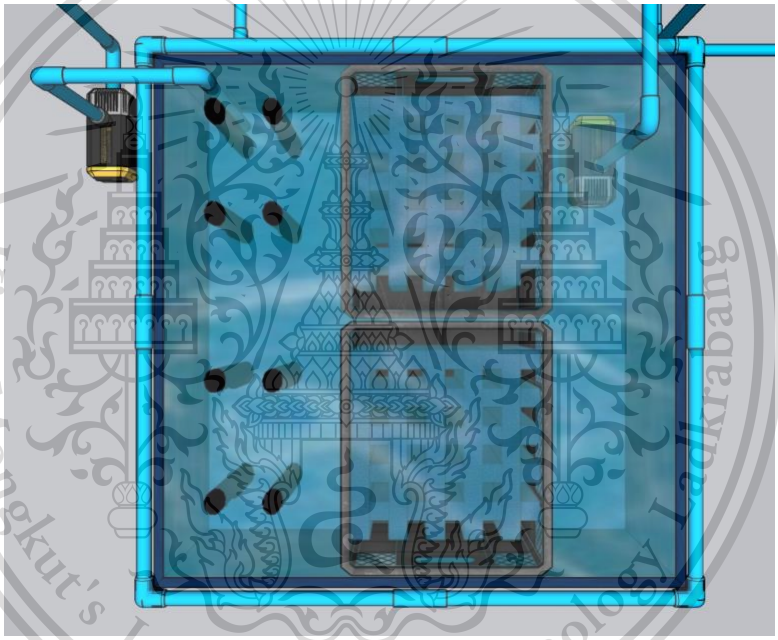
1. ขนาดของบ่อ : 1 x 2 x 0.5 เมตร
2. ปริมาตรน้ำที่ใส่ : 900 ลิตร
3. สะดือเทียมบ่อขนาด : 4 นิ้ว
4. ปั๊มน้ำ : 2000 ลิตร/ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2.2 บ่อกรอง

บ่อกรองจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนประกอบไปด้วย

1. กรองเศษตะกอนหยาบ : จะใช้พู่ดักตะกรอนในการดักจับตะกอนร่วมกับการปล่อยให้ตะกอนที่หนักจะตกลงสู่ข้างล่างของส่วนแรก
2. การกรองเพื่อปรับสภาพน้ำ : โดยในกรองของส่วนนี้ได้เลือกใช้วัสดุ Filter Matt ที่สามารถกรองเศษตะกอนและเป็นที่อยู่ของแบคทีเรียที่สามารถปรับลดความเป็นพิษของสภาพน้ำได้
3. น้ำที่กรองแล้ว : ใช้ปั๊มน้ำเพื่อวนน้ำกลับไปยังบ่อเลี้ยง



รูป 3.8 ภาพแบบจำลองบ่อกรอง

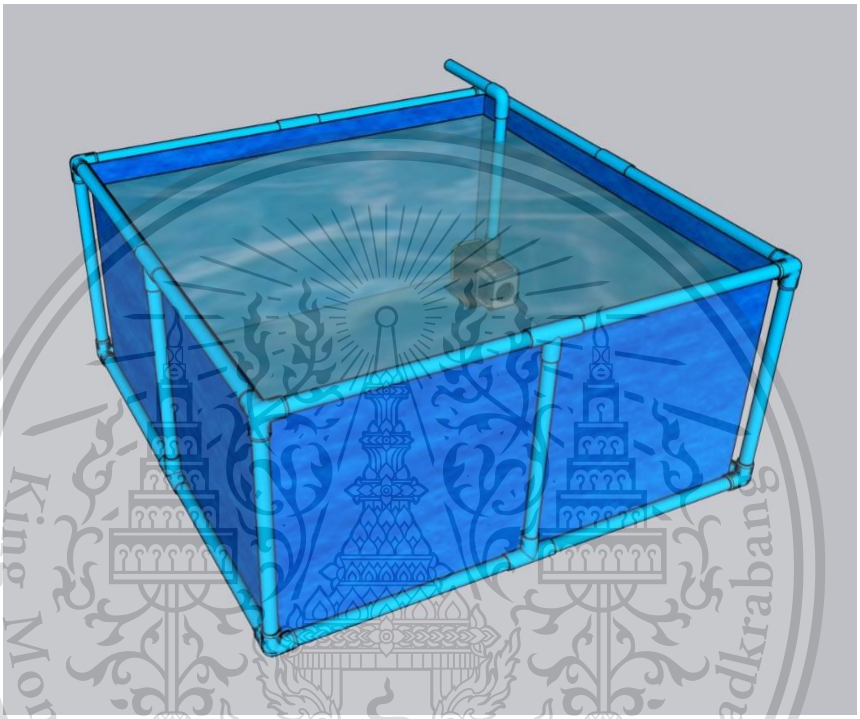
รายละเอียดของบ่อกรองมีดังนี้

1. ขนาดบ่อกรอง : 1 x 1 x 0.5 เมตร
2. ปริมาตรน้ำที่ใส่ : 450 ลิตร
3. ปั๊มน้ำ : 2000 ลิตร/ชั่วโมง
4. แปรงพู่ดักตะกอน 8 ชิ้น
5. Filter Matt : 40 x 45 x 45 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2.3 บ่อพักน้ำ

บ่อพักน้ำใช้เพื่อพักน้ำให้สารคอลลีนหายไป แล้วให้ผู้เลี้ยงทำการปรับสภาพน้ำที่เหมาะสมกับกุ้งขาวแวนนาไมไว้ และมีปั๊มน้ำเพื่อสูบน้ำเข้าไปเติมไปยังบ่อเลี้ยง โดยตามหลักการ GAP ต้องมีขนาดเป็นครึ่งหนึ่งหรือเท่ากับบ่อเลี้ยง



รูป 3.9 ภาพแบบจำลองบ่อพักน้ำ

รายละเอียดของบ่อกรองมีดังนี้

1. ขนาดบ่อพักน้ำ : 1 x 1 x 0.5 เมตร
2. ปริมาตรน้ำที่ใส่ : 450 ลิตร
3. ปั๊มน้ำ : 2000 ลิตร/ชั่วโมง

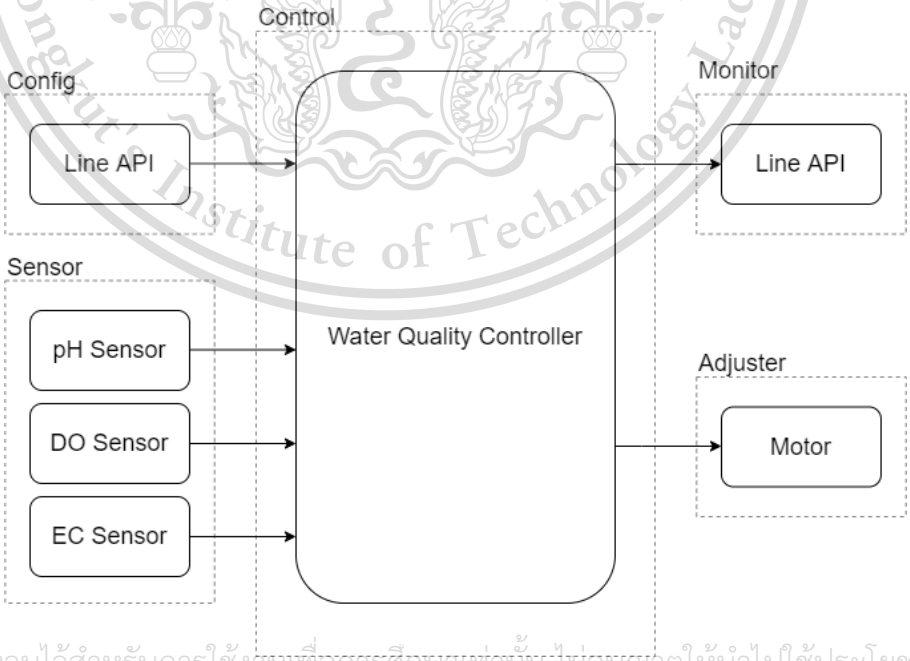
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.3 การออกแบบภายในระบบ

จากภาพรวมทำให้สามารถแบ่งระบบการเลี้ยงกุ้งขาวออกเป็นสามส่วนประกอบไปด้วย ส่วนระบบจัดการคุณภาพน้ำ ส่วนระบบกรอง และส่วนระบบจัดการความต้องการอาหาร โดยเนื่องจากการทำงานของระบบกรองมีเพียงการตรวจสอบการทำงานของปั๊มน้ำจึงรวมกับระบบจัดการคุณภาพน้ำเป็นสภาพแวดล้อมจึงเหลือเพียง ส่วนระบบจัดการสภาพแวดล้อม และระบบจัดการความต้องการอาหาร

3.3.1 ส่วนระบบจัดการสภาพแวดล้อม

สภาพแวดล้อมที่กุ้งขาวแวนนาไมอาศัยเป็นน้ำโดยน้ำที่สามารถเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมนั้นต้องมีความเหมาะสมเพื่อให้กุ้งขาวแวนนาไมเจริญเติบโตได้ ค่าคุณภาพของน้ำที่จำเป็นต้องมีการวัดอย่างน้อยวันละครั้งได้แก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง และค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ นอกเหนือจากนั้นยังมีค่าอุณหภูมิของน้ำที่ไม่ควรเปลี่ยนแปลงเร็ว และปริมาณแร่ธาตุที่สามารถวัดด้วยค่าความนำไฟฟ้า โดยหากสามารถคงปริมาณแร่ธาตุให้พอดีกับความต้องการของกุ้งก็จะทำให้กุ้งเจริญเติบโตได้ดี ส่วนของระบบจัดการสภาพแวดล้อมจึงทำการวัดค่าเหล่านี้เพื่อคงสภาพน้ำให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสม โดยค่าคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงอาจเกิดความผิดปกติผู้เลี้ยงต้องสามารถตั้งค่าให้ระบบแจ้งเตือนระดับค่าที่ไม่พึงประสงค์ พร้อมทั้งควรสามารถคอยดูค่าคุณภาพน้ำได้ รวมไปถึงควรทราบถึงสถานะการณ์ที่ต้องเติมน้ำในบ่อพัก ทำให้ระบบจัดการสภาพแวดล้อมได้แบ่งการทำงานหลักออกเป็น 5 ส่วน ประกอบไปด้วย ส่วนตั้งค่า(Config) ส่วนวัดค่า(Sensor) ส่วนควบคุม(Control) ส่วนแสดงผล(Monitor) และส่วนปรับค่า (Adjuster)



รูป 3.10 ภาพรวมส่วนระบบจัดการสภาพแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.3.1.1 ส่วนตั้งค่า(Config)

เพื่อรองรับการตั้งค่าความถี่ในการวัดคุณภาพน้ำเก็บไว้ให้หน่วยควบคุมปรับความถี่ในการวัดตามการตั้งค่า และตั้งค่าระดับคุณภาพน้ำที่ไม่พึงประสงค์จากผู้เลี้ยงผ่านทางแอปพลิเคชันไลน์ แล้วนำไปเก็บค่าไว้ในส่วนควบคุม ไว้สำหรับเหตุการ์ที่ส่วนควบคุมได้รับค่าจากส่วนวัดค่าแล้วค่าคุณภาพน้ำตรงกับค่าระดับคุณภาพน้ำที่ไม่พึงประสงค์ที่ได้เก็บไว้จะทำการดำเนินการส่งให้ผู้เลี้ยงทราบต่อไป ในส่วนนี้จึงต้องใช้อุปกรณ์ที่สามารถรองรับสัญญาณที่สามารถสื่อสารกับสัญญาณจากทางแอปพลิเคชันของไลน์ได้ อย่างสัญญาณไวไฟ สัญญาณเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตของโทรศัพท์อย่าง LTE 3G หรืออุปกรณ์รองรับสัญญาณที่สื่อสารกับทางแอปพลิเคชันไลน์ได้รูปแบบอื่น เมื่อรับข้อมูลแล้วจึงส่งต่อผ่านอินเตอร์เฟสอย่าง I2C SPI หรือ UART ไปยังส่วนควบคุม โดยอุปกรณ์ ESP8266 BCM43438 และ SIM7020E เป็นอุปกรณ์ที่รองรับการสื่อสารทั้งกับแอปพลิเคชันไลน์และกับส่วนควบคุม

3.3.1.2 ส่วนวัดค่า(Sensor)

เพื่อวัดค่าคุณภาพน้ำที่นำไปใช้ทำการควบคุมค่าคุณภาพน้ำให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง เมื่อรับค่ามาจากอุปกรณ์วัดค่าแล้ว จะทำการส่งค่าไปยังส่วนควบคุมตัดสินการการควบคุมอุปกรณ์อื่น และส่งค่าไปยังผู้เลี้ยงต่อไป อุปกรณ์วัดค่าประกอบไปด้วยอุปกรณ์วัดค่าความเป็นกรดเป็นด่างด้วยวิธีการอิเล็กโทรดอย่าง SEN0169 อุปกรณ์วัดค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำด้วยวิธีการอิเล็กโทรดอย่าง SEN0237 และอุปกรณ์วัดค่าความนำไฟฟ้าอย่าง DFR0300 โดยอุปกรณ์วัดประกอบไปด้วย โพรบที่ใช้ในการวัด เมื่อได้สัญญานมาจะทำการส่งสัญญาณอานาล็อคผ่านอินเตอร์เฟส BNC ไปยังส่วนแปลงสัญญาณให้อยู่ในรูปแบบที่แปรผลง่ายในส่วนควบคุม และมีอุปกรณ์วัดอุณหภูมิของน้ำเพื่อใช้ในการประกอบการ ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และค่าความนำไฟฟ้า อย่างอุปกรณ์ DS18B20 ที่สามารถต่อและวัดอุณหภูมิส่งเป็นสัญญาณอานาล็อคให้ส่วนควบคุมได้ โดยวัดเป็นระยะความถี่ในการวัดอย่างน้อย 2 ครั้งต่อวัน

3.3.1.3 ส่วนควบคุม(Control)

เพื่อนำค่าที่ได้จากการตั้งค่า และค่าที่วัดได้มาเก็บแล้วทำการควบคุม แสดงผลตามการตั้งค่า ควบคุมความถี่ในการวัด หากคาที่ตั้งไว้สามารถดำเนินการได้หาไม่สามารถดำเนินการค่าที่ได้ให้แจ้งกลับไปผ่านส่วนแสดงผล ค่าที่วัดได้ ค่าที่ต้องแจ้งเตือนผู้ใช้งานจะทำการส่งผ่านส่วนแสดงผลเช่นกัน เมื่อค่าที่วัดได้ไม่อยู่ในระดับที่เหมาะสมในการเลี้ยงจะสั่งให้ส่วนปรับค่าทำงาน หากค่าออกซิเจน หรือ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเป็นกรดกว่าที่เหมาะสม จะทำการเพิ่มอากาศโดยปั๊มลมที่ส่วนปรับค่า หากค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีความเป็นกรดกว่าที่เหมาะสมเมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่งยัง

เอกสารนี้เป็นสิ่งที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ค่าเป็นกรดเป็นด่างมีความเป็นด่างกว่าที่เหมาะสม หรือค่าความนำไฟฟ้าลดลงจนควรเพิ่ม จะเริ่มทำการสั่งให้ปั๊มน้ำในส่วนปรับค่าเติมน้ำที่ปรับไว้จากบ่อพักไปยังบ่อเลี้ยง ภายในส่วนควบคุมจะมีการสั่งงานภายในเมื่อถึงรอบการวัดค่าให้นำน้ำจากบ่อเลี้ยงเข้าไปยังกล่องวัดค่ารอระยะเวลาจนถึงช่วงที่อุปกรณ์วัดในส่วนวัดค่าพร้อมแล้วจึงวัดค่า เมื่อวัดค่าเสร็จจำทำการนำน้ำในกล่องวัดกลับคืนสู่บ่อเลี้ยง ส่วนจากระบบกรองทำให้มีการต่ออุปกรณ์วัดการไหลของน้ำไว้ในส่วนควบคุมเพื่อรายงานสถานะให้ผู้เลี้ยงทราบ

อุปกรณ์ที่สามารถทำงานในส่วนควบคุมต้องประกอบไปด้วยอุปกรณ์จับเวลาอย่าง โมดูลนาฬิกา DS1302 อุปกรณ์ประมวลผลอย่าง ไมโครคอนโทรเลอร์ Atmega328P stm32 esp32 ปั๊มน้ำขนาดเล็กจำนวน 2 เครื่องสำหรับการนำน้ำเข้าออกกล่องวัด และ เซนเซอร์ที่สามารถวัดระดับน้ำอย่างลูกลอยไฟฟ้าขนาดเล็ก OEM WLS007 และรีเลย์ในการควบคุมการทำงานปั๊มน้ำ หากอุปกรณ์ประมวลผลไม่สามารถจ่ายไฟเพียงพอในการควบคุมปั๊มขนาดเล็กทั้งสองเครื่อง

3.3.1.4 ส่วนแสดงผล(Monitor)

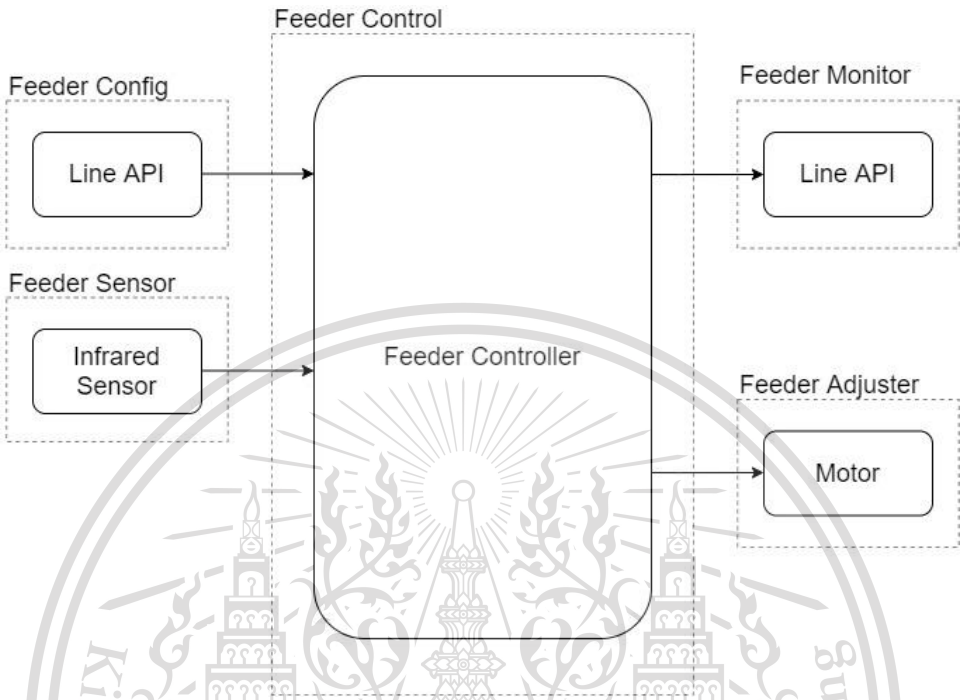
เพื่อที่นำค่าที่ได้จากส่วนควบคุมซึ่งมีค่าคุณภาพน้ำที่วัดได้ประกอบไปด้วย ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ค่าความนำไฟฟ้า และค่าอุณหภูมิ ที่วัดเป็นระยะ ค่าการแจ้งเตือนจากส่วนควบคุม อุปกรณ์ในส่วนของการแสดงผลใช้อุปกรณ์เช่นเดียวกับส่วนของส่วนตั้งค่า เพียงแต่เปลี่ยนจากการรับสัญญาณจากแอปพลิเคชันไลน์ส่งให้ส่วนควบคุมเป็นการรับข้อมูลจากส่วนควบคุมแล้วส่งสัญญาณให้แอปพลิเคชันไลน์

3.3.1.5 ส่วนปรับค่า(Adjuster)

เพื่อรับคำสั่งการทำงานจากส่วนควบคุม โดยการควบคุมในส่วนนี้ประกอบไปด้วยปั๊มลม และปั๊มน้ำ สำหรับใช้ในการปรับค่าคุณภาพน้ำในบ่อให้กลับมาอยู่ในระดับที่เหมาะสม อุปกรณ์ในส่วนนี้ประกอบไปด้วย ปั๊มลม ปั๊มน้ำขนาดที่เหมาะต่อปริมาณ และขนาดบ่อที่ใช้เลี้ยง รีเลย์สำหรับขับให้ปั๊มลม และปั๊มน้ำทำงาน อุปกรณ์แปลงไฟหากความดันไฟจากส่วนควบคุมไม่เพียงพอในการสั่งงานให้รีเลย์ทำงาน ในส่วนของการปรับค่ามีอุปกรณ์วัดปริมาณน้ำที่เหลืออยู่ในบ่อพักที่เชื่อมต่อกับส่วนควบคุม หากน้ำในบ่อพักไม่เพียงพอหรืออยู่ในช่วงพักน้ำจะไม่ทำงานปั๊มน้ำ อุปกรณ์ในส่วนนี้จำเป็นต้องมีลูกลอยสองระดับ ในการแสดงถึงระดับที่ควรเติมน้ำและระดับที่น้ำไม่พอให้ปั๊มน้ำทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.3.2 ส่วนระบบการจัดการความต้องการอาหาร



รูป 3.11 ภาพรวมส่วนระบบจัดการความต้องการอาหาร

ปริมาณการให้อาหารสำหรับลูกกุ้งที่เพิ่งปล่อยลงในบ่อแตกต่างกันออกไปตามลักษณะของการเลี้ยง โดยทั่วไปการให้อาหารกุ้งขาวจะเป็นการให้แบบกระจายอาหารไปทั่วทั้งบ่อ ซึ่งปริมาณการให้อาหารนั้นจะค่อยๆเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆตามปริมาณน้ำหนักที่คำนวณได้ ส่วนมากจะให้อาหารเริ่มต้นที่ค่อนข้างมากแล้วค่อยปรับลดลง เนื่องจากลูกกุ้งขาวมีการเจริญเติบโตที่เร็ว และกินอาหารเก่ง ซึ่งถ้าหากปริมาณอาหารที่ให้มากเกินไปจะทำให้เกิดผลเสียขึ้น และหากน้อยเกินไปจะทำให้กุ้งมีอาหารที่จะใช้บริโภคไม่เพียงพอ ทำให้มีการออกแบบการทำงานของอุปกรณ์ออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย ส่วนการลำเลียงอาหาร และ ส่วนการกระจายอาหาร

3.3.2.1 การลำเลียงอาหาร

เพื่อรองรับความต้องการที่จะสามารถทำให้อุปกรณ์ของเรานั้นสามารถควบคุมปริมาณอาหารที่จะให้ในแต่ละครั้งได้ จึงมีการทำงานส่วนการลำเลียงอาหารเพื่อทำหน้าที่ในการลำเลียงปริมาณอาหารตามที่เราต้องการออกมาจากถังบรรจุอาหาร และ ส่งต่อไปยังส่วนการกระจายอาหาร ในส่วนของถังบรรจุอาหารสามารถบรรจุอาหารได้เป็นเวลา 1 เดือน โดยเติมอาหารเข้าไปทุกๆ 1 เดือน โดยไม่มีการเติมเพิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รายละเอียดของการลำเลียงอาหารมีดังนี้

1. ถังบรรจุอาหารขนาด 15 ซม. *15 ซม. * 15 ซม.
2. มอเตอร์ความเร็ว 20 รอบต่อนาที
3. สกรูลำเลียงอาหาร
   3.1. ยาว 25 ซม.
   3.2. เส้นผ่านศูนย์กลางเพลา 6 มม.
   3.3. ความยาวเพลา 12 มม.
   3.4. ความห่างระหว่างเกลียวสกรู 6 มม.
   3.5. ความกว้างเกลียวสกรู 1 มม.
   3.6. ความลึก 6 มม.
   3.7. เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 10 มม.
   3.8. เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 16 มม.

3.3.2.2 การกระจายอาหาร

เพื่อรองรับความต้องการที่จะรับอาหารที่รับมาจากส่วนลำเลียงอาหารแล้วส่งต่อไปให้ทั่วทั้งบ่อเลี้ยง

รายละเอียดของการกระจายอาหาร

1. มอเตอร์ความเร็ว 100 รอบต่อนาที
2. ข้อต่อ 5 ทาง ขนาด 1 นิ้ว

จากความต้องการดังกล่าวระบบจัดการความต้องการอาหารถูกแบ่งการทำงานหลักออกเป็น 5 ส่วน ประกอบไปด้วย ส่วนตั้งค่าการให้อาหาร(Feeder Config) ส่วนวัดค่าระดับอาหาร (Feeder Sensor) ส่วนควบคุมการให้อาหาร(Feeder Control) ส่วนแสดงผลการให้อาหาร(Feeder Monitor) และส่วนปรับค่าการให้อาหาร(Feeder Adjuster)

3.3.2.3 ส่วนตั้งค่าการให้อาหาร(Feeder Config)

เพื่อรองรับการตั้งค่าเวลา และปริมาณอาหารที่จะให้ส่วนของการควบคุมการให้อาหารทำการควบคุมเวลา และปริมาณอาหารตามการตั้งค่าจากผู้ใช้งานผ่านทางแอปพลิเคชันไลน์ ในส่วนนี้จึงต้องใช้งานอุปกรณ์ที่สามารถรองรับสัญญาณที่สื่อสารกับทางแอปพลิเคชันไลน์ได้ อย่างเช่น สัญญาณไวไฟ สัญญาณเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตของโทรศัพท์ LTE 3G หรือ อุปกรณ์ที่รองรับสัญญาณที่สื่อสารกับแอปพลิเคชันไลน์ได้ในรูปแบบอื่น เมื่อรับข้อมูลแล้วจะทำการส่งต่อผ่านทางอินเตอร์เฟสอย่าง I2C SPI หรือ UART ไปยังส่วนควบคุม โดยอุปกรณ์ ESP8266 BCM43438 และ SIM7020E เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

อุปกรณ์ที่รองรับการสื่อสารทั้งกับแอปพลิเคชันไลน์และส่วนของการควบคุมการให้อาหาร(Feeder Control)

3.3.2.4 ส่วนวัดค่าระดับอาหาร(Feeder-Sensor)

เพื่อวัดระดับอาหารที่เหลืออยู่ในถังบรรจุอาหารว่าอน้อยเกินไปหรืออยู่ในระดับที่ไม่เหมาะสมหรือไม่ เมื่อรับค่าจากอุปกรณ์ที่วัดค่ามาแล้ว จะทำการส่งค่าไปยังส่วนควบคุม และส่งค่าไปยังผู้ใช้งานผ่านทางแอปพลิเคชันไลน์ต่อไป อุปกรณ์วัดค่าประกอบไปด้วย อุปกรณ์ตรวจจับวัตถุ อย่าง E18-D80NK เป็นเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุที่ใช้หลักการสะท้อนของคลื่นอินฟาเรด

3.3.2.5 ส่วนการควบคุมการให้อาหาร(Feeder Control)

เพื่อนำค่าที่ได้จากการตั้งค่าในการควบคุมเวลาและปริมาณอาหารที่จะให้ และค่าระดับอาหารที่วัดได้มาแสดงผลแล้วทำการควบคุมตามค่าที่ได้ตั้งไว้ หากค่าระดับอาหารที่วัดได้อยู่ในระดับที่น้อยเกินไปหรือไม่เหมาะสมจะสั่งให้มีการแจ้งเตือนไปยังส่วนการแสดงผล

อุปกรณ์ที่สามารถทำงานในส่วนควบคุมต้องประกอบไปด้วยอุปกรณ์จับเวลาอย่าง โมดูลนาฬิกา DS1302 อุปกรณ์ประมวลผลอย่าง ไมโครคอนโทรเลอร์ Atmega328P STM32 ESP32 มอเตอร์ความเร็ว 10-20 รอบต่อนาที จำนวน 1 ตัว สำหรับการส่งอาหารกุ้งขาวผ่านเกลียวลำเลียง มอเตอร์ความเร็ว 100-130 รอบต่อนาที จำนวน 1 ตัว สำหรับการกระจายอาหารระหว่างบ่อเลี้ยง และรีเลย์ในการควบคุมการทำงานของมอเตอร์

3.3.2.6 ส่วนการแสดงผลการให้อาหาร(Feeder Monitor)

เพื่อที่นำค่าที่ได้จากส่วนควบคุมการให้อาหารซึ่งมีค่าระดับอาหารที่วัดได้ ค่าการแจ้งเตือนจากส่วนควบคุม อุปกรณ์ในส่วนของการแสดงผลใช้อุปกรณ์เช่นเดียวกับส่วนของส่วนตั้งค่าเพียงแต่เปลี่ยนจากการรับสัญญาณจากแอปพลิเคชันไลน์ส่งให้ส่วนควบคุมเป็นการรับข้อมูลจากส่วนควบคุมแล้วส่งสัญญาณให้แอปพลิเคชันไลน์

3.3.2.7 ส่วนปรับค่าการให้อาหาร(Feeder Adjuster)

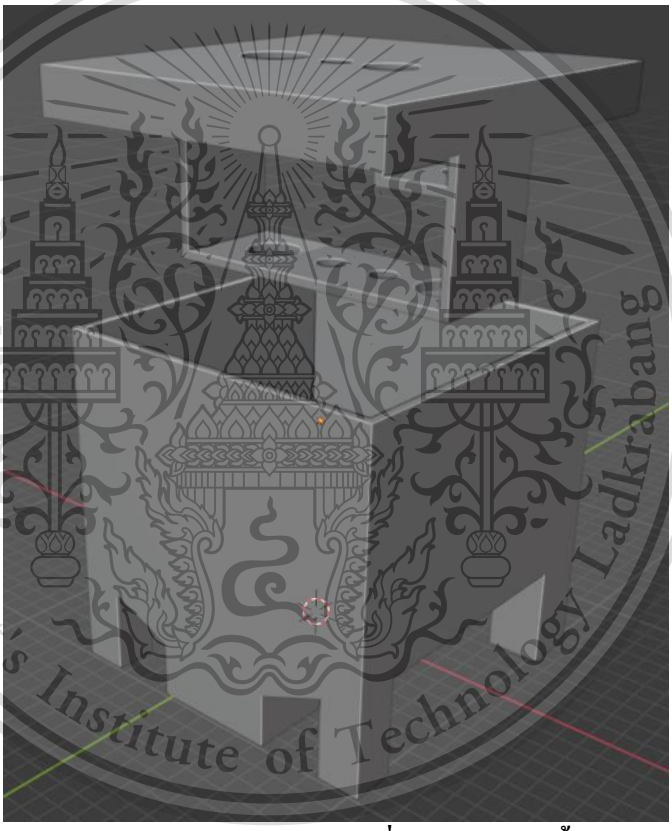
เพื่อรับคำสั่งการทำงานจากส่วนควบคุม โดยการควบคุมในส่วนนี้ประกอบไปด้วยมอเตอร์ลำเลียงอาหาร มอเตอร์กระจายอาหาร และอุปกรณ์แปลงไฟหากความดันไฟจากส่วนควบคุม เนื่องจากความดันไฟจากส่วนควบคุมไม่เพียงพอในการสั่งงานให้รีเลย์ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.4 การออกแบบอุปกรณ์วัดค่าน้ำ

3.4.1 ส่วนจัดเก็บอุปกรณ์การวัดคุณภาพน้ำ

ส่วนจัดเก็บอุปกรณ์การวัดคุณภาพน้ำเป็นส่วนที่ใช้จัดเก็บเซ็นเซอร์ที่จะใช้ในการวัดคุณภาพน้ำ โดยมีการออกแบบให้สามารถใส่เซ็นเซอร์ที่จะใช้ในการวัดคุณภาพน้ำลงไปได้ และมีฝาเปิดปิดเพื่อสำหรับการซ่อมบำรุง โดยใช้วัสดุที่ใช้งานเป็นอะคริลิคใสขนาด 3 มิลลิเมตร และมีการใช้ซิลิโคนกันน้ำบริเวณรอยต่อทั้งหมดเพื่อกันน้ำไหลออกจากภายในสู่ภายนอก



รูป 3.12 โมเดลการออกแบบเครื่องวัดคุณภาพน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.4.2 ส่วนจัดเก็บระบบวงจรวัดคุณภาพน้ำ

ส่วนจัดเก็บระบบวงจรวัดคุณภาพน้ำเป็นส่วนที่ใช้จัดเก็บอินเตอร์เฟสของเซ็นเซอร์และวงจรหลักที่ใช้งาน โดยมีการออกแบบให้มีการแยกส่วนของแต่ละวงจรย่อยอย่างชัดเจน มีฝาเปิดปิดเพื่อสำหรับการซ่อมบำรุง มีรูระบายอากาศเพื่อระบายความร้อนจากตัววงจรออกมาภายนอก โดยวัสดุที่ใช้งานเป็นอะคริลิคใสขนาด 3 มิลลิเมตร

รูป 3.13 โมเดลการออกแบบกล่องเก็บเครื่องวัดคุณภาพน้ำ

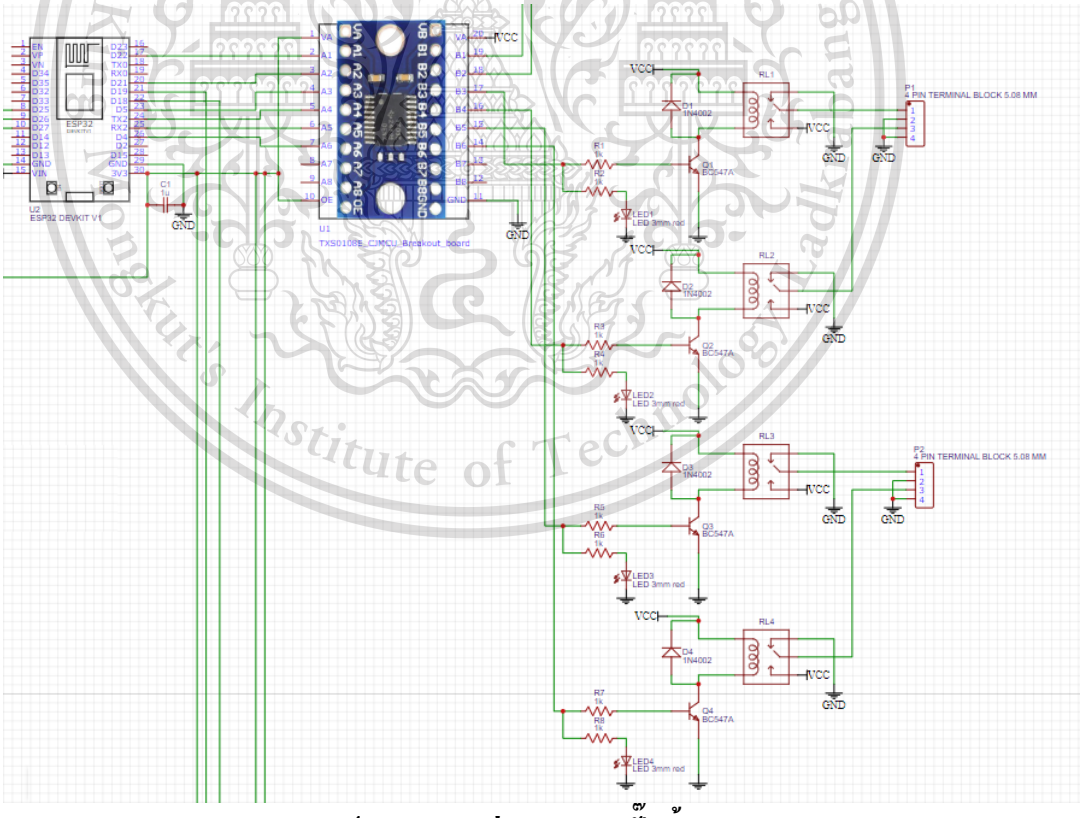
3.4.3 ส่วนวงจรเครื่องวัดคุณภาพน้ำ

ส่วนวงจรวัดคุณภาพน้ำเป็นส่วนวงจรที่ใช้ในการควบคุมการทำงานเครื่องวัดคุณภาพน้ำ โดยออกแบบให้รองรับการวัดค่าจากเซนเซอร์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าออกซิเจน และค่าความนำไฟฟ้า สามารถวัดค่าน้ำในบ่อเลี้ยงผ่านการดูดน้ำจากบ่อเลี้ยง วงจรต้องเชื่อมต่อมอเตอร์ขนาดไฟ 5 โวล 100 มิลลิแอมป์กับทางวงจรทั้งจากบ่อเลี้ยงและบ่อพักน้ำจำนวน 4 เครื่องในการดูดน้ำเข้า-ออกจากทั้งสองบ่อ สาเหตุในการออกแบบให้มีการเชื่อมต่อกับมอเตอร์ในบ่อพักน้ำด้วยเนื่องจากเซนเซอร์สามารถเพิ่มระยะเวลาการใช้งานได้หากอยู่ในน้ำใส จึงไม่ควรอยู่ในน้ำขุ่นจากบ่อเลี้ยงตลอดเวลา ส่วนวงจรจึงสามารถแบ่งเป็นส่วนย่อยได้ 5 ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.4.3.1 วงจรส่วนควบคุมปั๊มน้ำ

จากความบอบบางของหัวโพรบของเซนเซอร์ที่ใช้วัดค่าคุณภาพน้ำทำให้ไม่ควรจุ่มในบ่อเลี้ยงเป็นเวลานานโดยตรง จึงนำเซนเซอร์ไว้ในกล่องและทำการสูบน้ำเข้ามาวัดแล้วจึงปล่อยกลับสู่สภาพแวดล้อมแทน โดยให้มีน้ำจากบ่อพักอยู่ในกล่องเป็นหลักไม่ให้สารอ้างอิงในหัวโพรบแห้ง จึงทำให้วงจรออกแบบให้สามารถต่อปั๊มได้ 4 เครื่องให้ทำการสูบน้ำเข้าออกจากบ่อเลี้ยงและบ่อพัก โดยใช้เป็นปั๊มขนาด 5 โวลต์เนื่องจากการวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงตามมาตรฐาน GAP วัดเพียงวัน 2-3 ครั้ง แล้วแต่ค่าของคุณภาพน้ำจึงทำให้ปั๊ม 5 โวลต์มีแรงดันน้ำที่เพียงพอสำหรับความถี่ในการวัด ด้วยบอร์ด ESP32 สามารถรองรับไฟความดัน 5 โวลต์จากแหล่งภายนอกได้ จึงออกแบบให้ปั๊มน้ำใช้ไฟจากแหล่งภายนอกเดียวกันกับบอร์ด ESP32 โดยควบคุมการทำงานผ่าน Relay 5 โวลต์จำนวน 4 เครื่องตามจำนวนปั๊มน้ำ และเนื่องจากเป็นการสั่งงาน Relay 5 โวลต์แต่ ESP32 สั่งงาน GPIO ด้วย8;k,ดันไฟ 3.3 โวลต์ จึงแปลงไฟจากบอร์ดESP32 3.3โวลต์ไปยังRelayให้เป็นความดันไฟ 5 โวลต์ผ่านโมดูล txs0108e ในการต่อ Relay ในแต่ละตัว มีไดโอดกันกระแสย้อนกลับ มีทรานซิสเตอร์เพื่อเพิ่มกระแสไฟให้ที่สั่งงานจาก ESP32 ไปยัง Relay และมี LED ที่ติดเมื่อมีการสั่งงานจาก ESP32 ไปยัง Relay



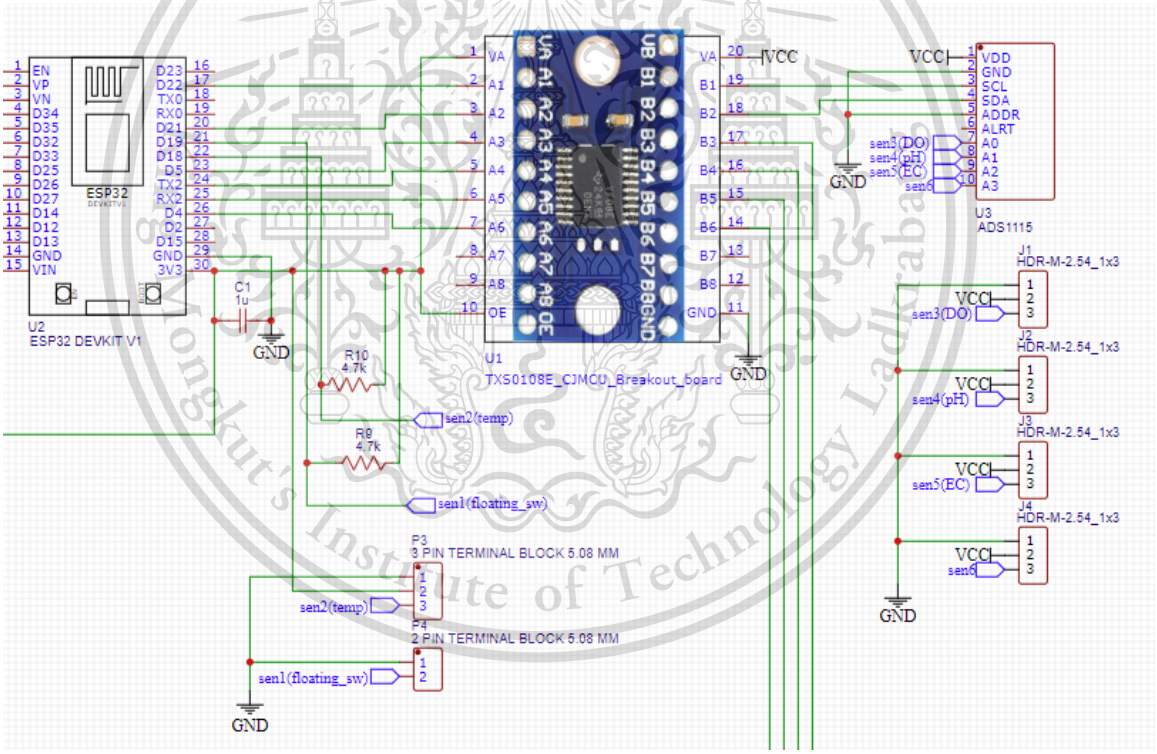
รูป 3.14 วงจรส่วนควบคุมปั๊มน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.4.3.2 วรจรส่วนรับค่าจากเซนเซอร์

จากความต้องการคุณภาพน้ำที่สำคัญของกุ้งขาวแวนนาไมวงจรเครื่องวัดจึงได้ออกแบบให้สามารถเชื่อมต่อกับเซนเซอร์วัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ออกซิเจน ความนำไฟฟ้า และอุณหภูมิ โดยเซนเซอร์อุณหภูมิส่งรับค่าเป็นดิจิตอล ส่วนเซนเซอร์ที่เหลือส่งค่าเป็นอนาล็อกที่มีความดันสูงสุดอยู่ที่ 5 โวลต์จึงนำเซนเซอร์ที่ส่งค่าเป็นอนาล็อกอ่านค่าผ่านโมดูล ADS1115 ที่แปลงค่าอนาล็อกเป็นข้อมูลดิจิตอลแล้วส่งข้อมูลด้วยโปรโตคอล i2c ไปยัง ESP32 ผ่านโมดูลแปลงความดัน txs0108e จาก ADS1115ความดันไฟ 5 โวลต์ไปยังบอร์ดESP32 3.3โวลต์ สำหรับเซนเซอร์อุณหภูมิที่รองรับไฟแรงดัน 3.3โวลต์และส่งรับค่าเป็นดิจิตอลด้วยโปรโตคอล 1-Wire จึงรับไฟจากบอร์ด ESP32 และต่อสายสัญญานไปยัง ESP32 โดยตรง

นอกเหนือจากเซนเซอร์วัดคุณภาพน้ำแล้วเนื่องจากการคุมระดับน้ำภายในกล่องวัดคุณภาพน้ำจำเป็นต้องทราบระดับน้ำจึงมีการออกแบบวงจรให้เชื่อมต่อลูกลอยวัดระดับน้ำไปยังวงจร

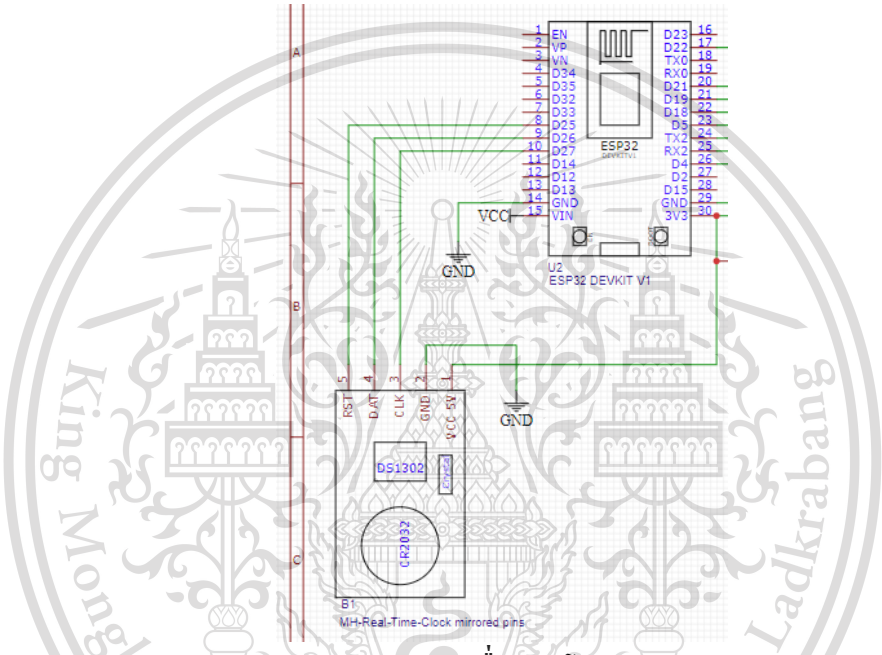


รูป 3.15 วรจรส่วนรับค่าจากเซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.4.3.3 วงจรส่วนเชื่อมต่อโมดูลนาฬิกา

จากการที่การเก็บค่าคุณภาพน้ำมีปัจจัยสำคัญอีกปัจจัยคือเวลาเผื่อที่จะย้อนดูข้อมูลที่เก็บมาในภายหลัง และเพื่อความลับของข้อมูลผู้เลี้ยงจึงทำให้วงจรได้ออกแบบให้การเส่งข้อมูลมีการเข้ารหัสระหว่างผู้รับและผู้ส่งไม่ให้สามารถดักข้อมูลระหว่างทางได้ โดยใช้การเข้ารหัสแบบ TLS เวอร์ชัน 1.2 ซึ่งการทำงานมีการตรวจสอบเวลาจริง ทำให้เครื่องวัดคุณภาพน้ำได้ออกแบบให้เชื่อมต่อกับโมดูลนาฬิกา โดยโมดูล DS1302 สามารถทำงานได้ด้วยความดันไฟ 3.3 โวลต์จึงสามารถทำงานร่วมกับ ESP32 ได้โดยไม่ต้องมีการแปลงความดัน

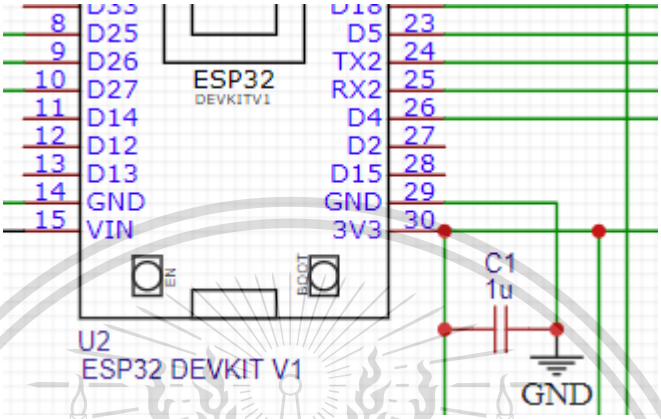


รูป 3.16 วงจรส่วนเชื่อมต่อโมดูลนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.4.3.4 วงจรส่วนควบคุมปั๊มน้ำ

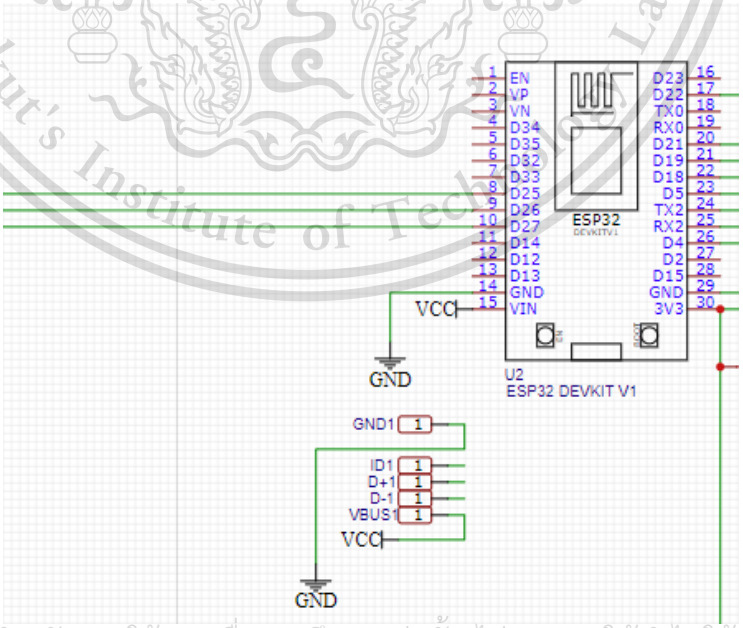
จากการที่วงจรมีการต่อ IC หรือโมดูลย่อยเพิ่มเติมเมื่อมีการเปลี่ยนสถานะระหว่างโลจิก 1 กับโลจิก 0 กะทันหันอาจทำให้กราวกระเพื่อม เพื่อให้วงจรเสถียรจึงมีการวางตัวเก็บประจุระหว่าง VCC กับ GND ไม่ให้เกิดการกระเพื่อมจากการคลายประจุทันทีของ IC



รูป 3.17 วงจรส่วนทำ C Decoupling

3.4.3.5 งจรส่วนรับไฟจากแหล่งจ่ายไฟภายนอก

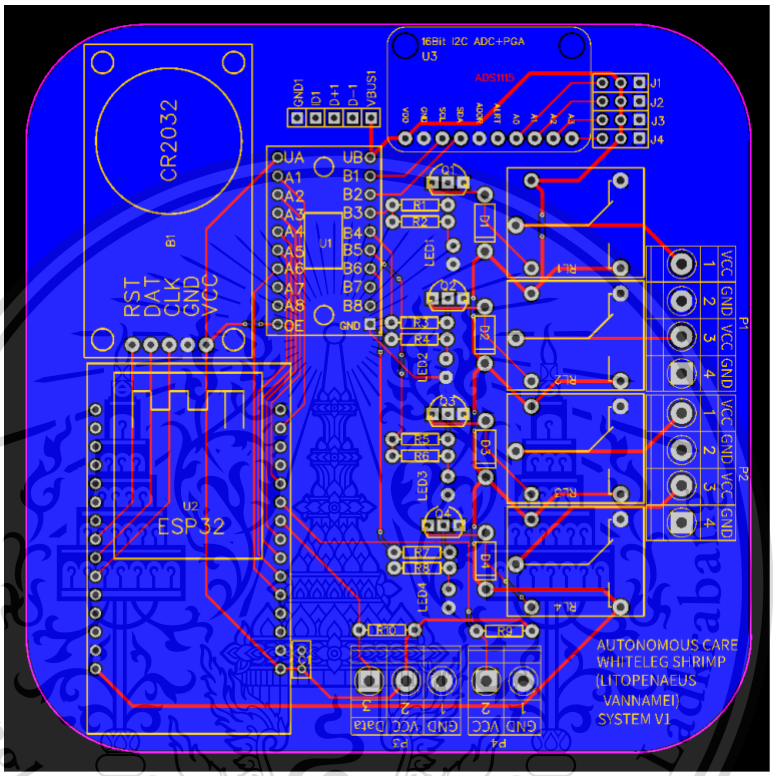
จากความต้องการไฟของวงจรที่ต้องการทั้งไฟความดัน 5 โวลต์ และความดัน 3.3 โวลต์เพียงแต่ภายในบอร์ด ESP32 มีวงจรแปลงจากความดันไฟจาก 5 โวลต์เป็น 3.3 โวลต์จึงทำให้มีพอร์ตมโครยูเอสบีสำหรับรับไฟจากแหล่งจ่ายไฟภายนอกเฉพาะความดันไฟ 5 โวลต์



รูป 3.18 วงจรส่วนรับไฟจากแหล่งจ่ายไฟภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

วงจรเครื่องวัดคุณภาพน้ำที่ออกแบบนั้นมีการส่งข้อมูลทั้งภายในวงจรและส่งข้อมูลผ่านสัญญาณไวไฟไปยังภายนอกวงจรเพื่อนำไปใช้งานจึงได้ออกแบบลายปริ้นของวงจรที่มีการทำ Ground plane เพื่อกัน ground bounce ให้มีพื้นที่ในการถ่ายปะจุได้เยอะ และใช้การลากสายตัดกันของสายแนวตั้งและสายแนวนอน เมื่อสายมีการตัดกันจะนำสายแนวนึงย้ายไปลากสายยังอีกชั้นเมื่อพ้นจุดตัดแล้วจึงย้ายกลับชั้นเดิมทำให้พื้นที่ของ Ground plane มีส่วนที่แยกจากกันน้อยที่สุด

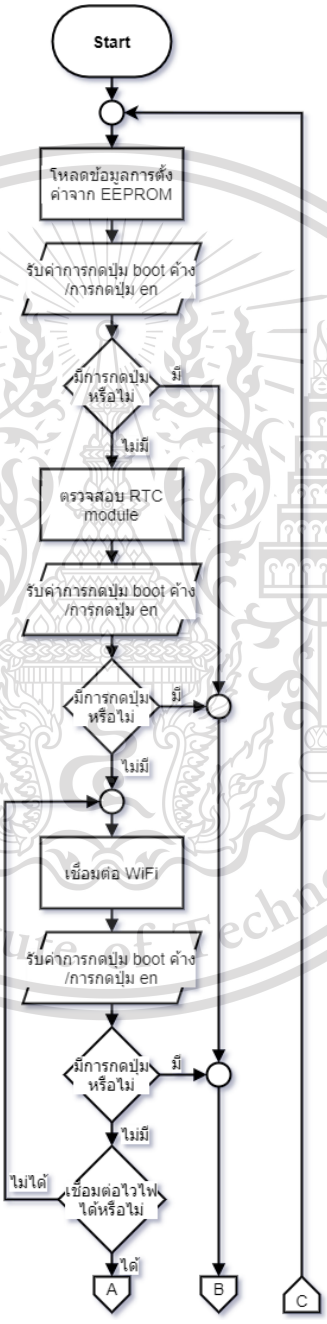


รูป 3.19 ลายปริ้นเครื่องวัดคุณภาพน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

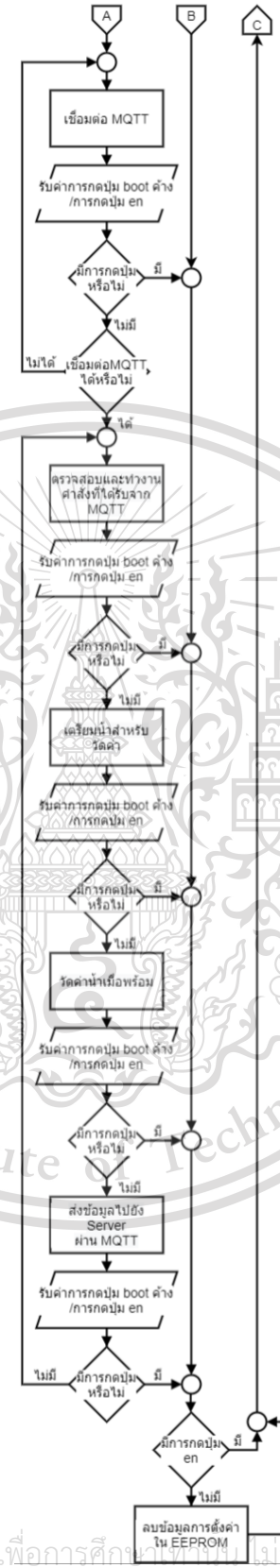
3.4.4 ส่วนการทำงานของเครื่องวัดคุณภาพน้ำ

การทำงานโดยรวมจะเป็นการเชื่อมต่อไปยัง Server เพื่อที่รอรับคำสั่งการทำงาน รอรับค่าการตั้งค่า และส่งค่าข้อมูลที่ทำการวัดค่าได้ รวมทั้งส่งค่าที่ Server ร้องขอ เมื่อมีการสั่งให้เริ่มทำงานจาก Server วงจรเครื่องวัดน้ำจะเริ่มทำการเตรียมน้ำให้พร้อมวัด และวัดค่าเมื่อพร้อมและส่งไปยัง Server ต่อไป เมื่อมีการทำงานติดขัดหรือตั้งค่าผิดต้องการค่าเริ่มต้นของอุปกรณ์สามารถกดปุ่ม boot ย้อนการตั้งค่า



รูป 3.20 การทำงานโดยรวมของเครื่องวัดคุณภาพน้ำ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูป 3.21 การทำงานโดยรวมของเครื่องวัดคุณภาพน้ำ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.4.4.1 โหลดข้อมูลการตั้งค่าจาก EEPROM

เพื่อให้เครื่องวัดน้ำสามารถทำการเก็บค่าการตั้งค่าของผู้ใช้ อย่างค่าข้อมูลการเชื่อมสัญญาณไวไฟ ข้อมูลการ calibrate เซนเซอร์ ข้อมูลความถี่ในการวัดค่าคุณภาพน้ำ ข้อมูลเวลารอน้ำเสถียรที่จำเป็นต้องมีเนื่องจากหากเซนเซอร์พึ่งเริ่มสัมผัสน้ำค่าที่อ่านได้จะยังไม่ใช้ค่าคุณภาพน้ำจริง แต่เป็นค่าที่ปนจากการอ่านค่าน้ำกับค่าที่อ่านจากอากาศ จึงต้องมีเวลารอน้ำเสถียร และเวลารอน้ำออกที่ขึ้นกับระยะและตำแหน่งของสายยางที่นำน้ำออกเวลาในแต่ละสภาพแวดล้อมอาจไม่เท่ากันจึงออกแบบให้สามารถตั้งค่าได้ ดังนั้นค่าเหล่านี้แม้จะมีกรณีการรีเซ็ตการทำงานของอุปกรณ์ด้วยปุ่ม en ข้อมูลยังคงมีค่าตามการตั้งค่าเดิมอยู่

3.4.4.2 ตรวจสอบ RTC module

เพื่อให้เครื่องวัดน้ำสามารถทำการเก็บข้อมูลเวลาแล้วนำไปใช้ในการเทียบเวลาการส่งข้อมูลไปยัง Server ได้ว่ามีค่าระยะเวลาเท่าใดตั้งแต่เริ่มส่งข้อมูลไปยัง Server รวมทั้งการส่งข้อมูลด้วย tls จำเป็นต้องมีการตรวจสอบเวลาเมื่อมีการเก็บเวลาไว้จะทำให้ไม่ต้องเรียกถามเวลาจาก NTP Server

3.4.4.3 เชื่อมต่อ WiFi

เพื่อให้เครื่องวัดน้ำสามารถติดต่อกับ Server ในการรับคำสั่ง และการตั้งค่า รวมตั้งส่งข้อมูลที่ผู้ใช้ต้องการ การเชื่อมต่อ WiFi นั้นผู้ใช้ต้องทำการเลือก WiFi .ที่ปล่อยจาก เครื่องวัดคุณภาพน้ำใน end device อย่าง โทรศัพท์หรือโน้ตบุ๊ก โดยเมื่อทำการเชื่อมต่อแล้วผู้ใช้งานจะสามารถเลือกการเชื่อมต่อจากเครื่องวัดคุณภาพน้ำไปยัง Access Point ได้ด้วยการกรอกค่า SSID และ Password เครื่องวัดคุณภาพน้ำได้ออกแบบมาให้จดจำการเชื่อมต่อไว้หากเชื่อมต่อครั้งต่อไปไม่จำเป็นต้องกรอกข้อมูลอีกครั้งแต่หากต้องการเปลี่ยน WiFi ให้กดปุ่ม boot ในขณะที่มี LED สีฟ้าบนตัว board ติดโดยต้องกระทำภายใน 2 วินาทีไม่เช่นนั้นจะใช้ข้อมูลเก่าในการเชื่อม WiFi

3.4.4.4 เชื่อมต่อ MQTT

เพื่อให้เครื่องวัดน้ำสามารถสื่อสารกับ Server ได้จำเป็นต้องใช้ protocol ในการสื่อสาร MQTT จึงนำมาใช้งานเนื่องจากการขยายในอนาคตกรณีต้องการให้ Server สามารถสั่งงานเครื่องวัดน้ำหลายเครื่องพร้อมกันที่ Server จะได้ทำการส่งข้อมูลเพียงครั้งเดียวได้ เมื่อเชื่อมสัญญาณไวไฟแล้ว เครื่องวัดคุณภาพน้ำจะทำการเชื่อมต่อไปยัง MQTT Broker โดยเชื่อมต่อแบบ tls 1.2 ที่มีการ generate CA ขึ้นมาตั้งค่าระหว่าง Broker และ Client

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.4.4.5 ตรวจสอบทำงานคำสั่งที่รับจาก MQTT

เพื่อให้เครื่องวัดน้ำสามารถทำการงานตอบสนองตามการออกแบบภาพรวมได้ หลังจากที่เชื่อมกับ MQTT Broker แล้วหากมีการสั่งงานอย่างตั้งค่า ตรวจสอบค่า เครื่องวัดคุณภาพน้ำ จะทำการรับคำสั่งไปประมวลผลแล้วดำเนินการหากเป็นการตั้งค่าจะเก็บลงใน EEPROM ทันทีหลังจาก ตรวจสอบคำสั่งเสร็จ หากเป็นการตรวจสอบค่าจะทำการส่งข้อมูลกลับไปยัง Server

3.4.4.6 เตรียมน้ำสำหรับวัดค่า

ในการวัดค่าน้ำเครื่องวัดคุณภาพน้ำได้ออกแบบการทำงานให้อยู่กับบ่อเลี้ยงที่มี ทั้งบ่อพักน้ำใกล้เคียงโดยการวัดคุณภาพน้ำจำเป็นต้องเติมน้ำจากบ่อพักให้ถึงระดับหากไม่ถึงจะมีการ Error และไม่ทำการวัดค่าคุณภาพน้ำโดยจะเป็น Error ที่เกิดจากการที่ปั๊มไปไม่ทำงาน หรือทำงานล่าช้า เกินไปจนเวลา timeout ที่ตั้งค่าไว้ไม่เพียงพอเมื่อผ่านการตรวจสอบน้ำในระดับแรกแล้วจะทำการนำน้ำ จากบ่อพักออกแล้วเติมน้ำจากบ่อเลี้ยงเข้าเพื่อทำการวัดน้ำเมื่อวัดแล้วเสร็จจะปล่อยน้ำกลับไปยังบ่อเลี้ยง และนำน้ำจากบ่อพักกลับเข้ามาที่เครื่องวัดคุณภาพน้ำเพื่อรักษาสภาพเซนเซอร์จนกว่าจะถึงการวัด คุณภาพน้ำครั้งต่อไป

3.4.4.7 วัดค่าน้ำเมื่อพร้อม

เมื่อเตรียมน้ำสำหรับวัดค่าให้เสร็จสิ้นเครื่องวัดคุณภาพน้ำจะทำการวัดคุณภาพน้ำ โดยจะวัดตามจำนวนครั้งและหน่วงเวลาต่อครั้งไว้ตามการตั้งค่าไว้ แต่ในการเริ่มวัดครั้งแรกจะมีการรอ เวลาระยะหนึ่งเพื่อให้ค่าที่อ่านได้มีความเสถียรตามการตั้งค่า

3.4.4.8 ส่งข้อมูลไปยัง Server ผ่าน MQTT

ตรวจสอบค่าว่ามีค่าใดที่ต้องส่งไปยัง Server อย่างค่าคุณภาพน้ำที่วัดได้แล้วทำ การส่งข้อมูลไปยัง Server โดยค่าคุณภาพน้ำที่วัดได้จะทำการส่งข้อมูลเป็น JSON ไปยัง Broker พร้อม กับติดค่า Timestamp ไปกับข้อมูลคุณภาพน้ำที่วัดได้

3.4.4.9 เมื่อกดปุ่ม boot ค้างทำการ factory reset/ กดปุ่ม en ทำการ reset

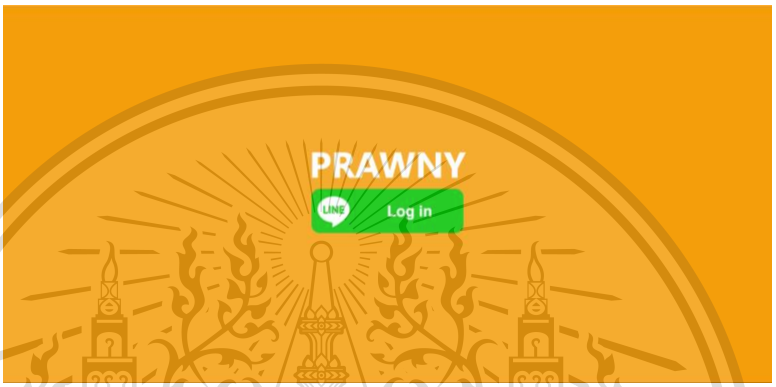
การทำงานของเครื่องวัดคุณภาพน้ำเมื่อผู้ใช้ตั้งค่าไปหรือใช้ทำงานไปสัก ระยะเวลาหนึ่งหากมีกรณีที่ต้องการให้อุปกรณ์เริ่มทำงานใหม่หรือต้องการให้อุปกรณ์กลับไปอยู่สภาพ เดิมก่อนที่จะมีการใช้งานสามารถทำได้โดยการกดปุ่ม boot ค้าง 4-5 วินาที ซึ่งจะทำการลบค่าทั้งหมด พร้อมกับเริ่มทำงานใหม่ หากกดปุ่ม en จะเริ่มทำงานของเครื่องวัดคุณภาพน้ำใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.5 การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

จากการทำงานของส่วนระบบจัดการสภาพแวดล้อมและส่วนระบบการจัดการความต้องการอาหาร ทำให้ระบบได้ออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งานเพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาการทำงานของอุปกรณ์ให้รับคำสั่ง และตอบสนองกับผู้เลี้ยงได้ตามส่วนการออกแบบภายในระบบ

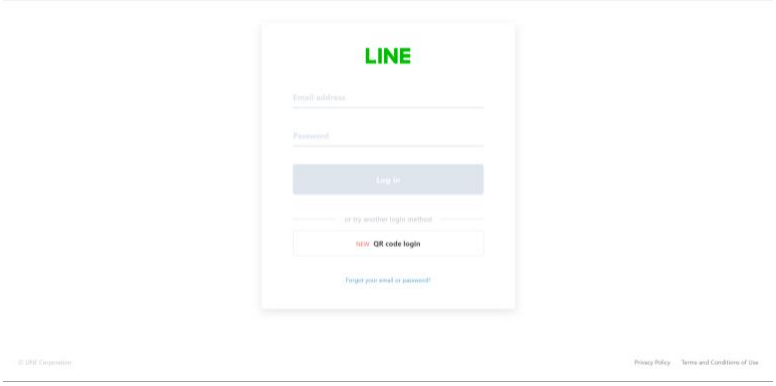
3.5.1 การใช้งาน Web Application เพื่อติดต่อกับระบบ



รูป 3.22 แสดงการเข้าใช้งาน Web Application ผ่านทาง Line

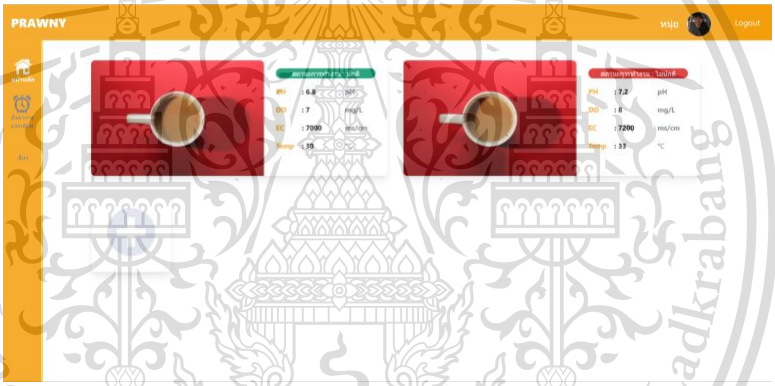
โดยการใช้งานผู้ใช้งานสามารถทำการ Login เข้าใช้งาน Web Application ได้ผ่านทาง Line Application

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูป 3.23 แสดงการใช้งาน Line Login OAuth2

การ Login เลือกใช้ Line OAuth2 เพื่อให้มีการระบุตัวตนเป็นรายบุคคลในการเข้าใช้งาน

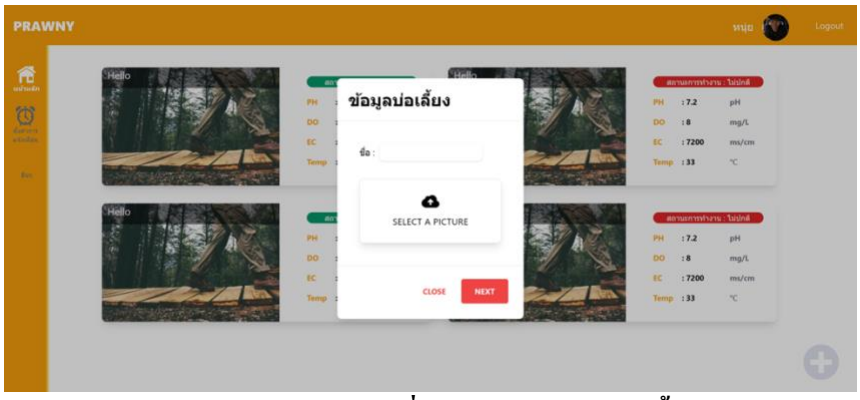


รูป 3.24 หน้าหลักแสดงรายละเอียดคุณภาพน้ำในการตรวจวัดครั้งล่าสุด

หน้าหลักการใช้งานจะมีการแสดงรายละเอียดของการตรวจวัดคุณภาพน้ำครั้งล่าสุดของแต่ละบ่อเลี้ยงตามที่ผู้ใช้งานได้ทำการเพิ่มเข้าระบบ โดยค่าที่แสดงมีรายละเอียดดังนี้

1) สถานะการทำงานของเครื่อง
2) ค่า pH
3) ค่า Dissolved Oxygen (DO)
4) ค่า Electrical Conductivity (EC)
5) ค่า Temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูป 3.25 หน้าแสดงการเพิ่มอุปกรณ์วัดคุณภาพน้ำ

หน้าที่ใช้สำหรับเพิ่มอุปกรณ์การวัดคุณภาพน้ำ โดยสามารถเพิ่มชื่อของอุปกรณ์ และรูปภาพเพื่อง่ายต่อการจดจำของสถานที่ติดตั้งอุปกรณ์นั้น ๆ

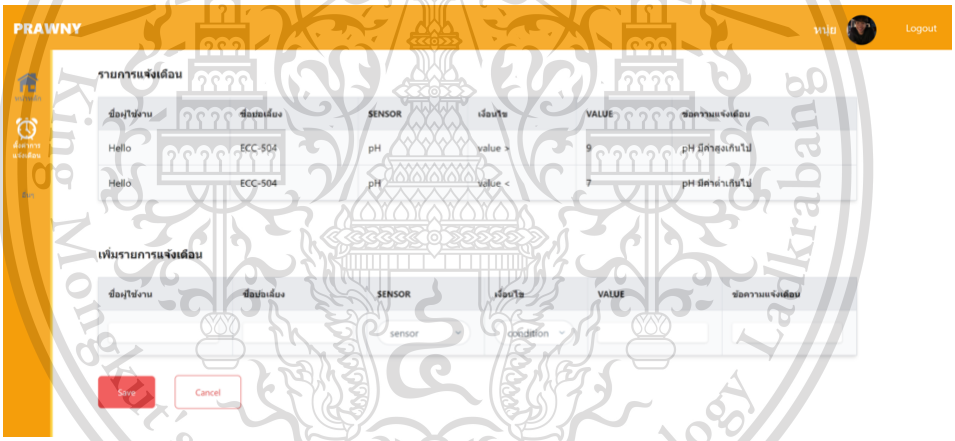
รูป 3.26 หน้าทดสอบการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์วัดคุณภาพน้ำ

หน้าที่ให้ผู้ใช้กรอกหมายเลขของอุปกรณ์ และเช็คการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ว่าสามารถใช้งานได้หรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูป 3.27 หน้าแสดงกราฟรายละเอียดของค่าคุณภาพน้ำในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ

หน้าแสดงกราฟรายละเอียดของคุณภาพน้ำในด้านต่าง ๆอย่างละเอียดในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ โดยมีการแสดงผลอยู่ในรูปแบบของ Line Chart สามารถดูค่าที่เก็บไว้ได้ผ่านกราฟ



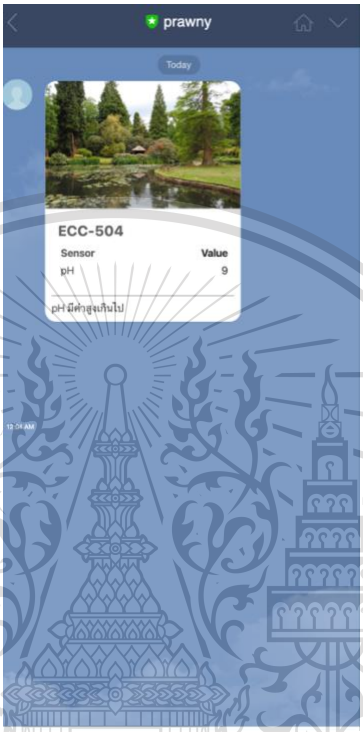
รูป 3.28 หน้าการตั้งค่าการแจ้งเตือนเครื่องวัดคุณภาพน้ำ

โดยการตั้งค่าการใช้งาน ผู้ใช้งานสามารถกำหนดค่า ที่ต้องการให้มีการแจ้งเตือนเมื่อค่าที่ทำการวัดในค่านั้น ๆ มากเกินไปหรือน้อยเกินตามที่ผู้ใช้ได้ทำการตั้งค่าไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.5.2 การแสดงการแจ้งเตือนผ่านทาง LINE Platform

จากการที่ผู้ใช้สามารถตั้งค่าการแจ้งเตือนได้ โดยการแจ้งเตือนจะส่งผ่าน Line Bot โดยผู้ใช้ต้องทำการเพิ่มการเป็นเพื่อนกับ Line Bot ก่อนจึงจะสามารถใช้การแจ้งเตือนจาก Line Bot ได้



รูป 3.29 รูปข้อความตามที่ผู้ใช้งานตั้งค่าการแจ้งเตือน

ข้อความที่แจ้งเตือนจะแสดงรูปตามบ่อที่ผู้ใช้เลือก และแสดงค่าของ Sensor และ Value ปัจจุบันที่มากกว่าหรือน้อยกว่าที่ผู้ใช้ตั้งค่าไว้ในการแจ้งเตือน พร้อมแสดงข้อความที่ได้ทำการตั้งค่าไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.5.3 Use Case

รูป 3.30 ภาพ use case แสดงภาพรวมฟังก์ชันการทำงานที่เกิดขึ้นในระบบ

3.5.4 Use Case Scenario

ตาราง 3.1 เหตุการณ์ฟังก์ชันการตั้งค่าเวลาการให้อาหาร

Use Case Title : ตั้งค่าเวลาการให้อาหาร	Use Case ID : 1
Primary Actor : ผู้ใช้งาน	
Stakeholder Actor : ระบบ	
Main Flow : ผู้ใช้งานทำการตั้งค่าเวลาการให้อาหารผ่านทางแอปพลิเคชันไลน์	
Exceptional Flow : กรณีที่ป้อนค่าไม่ถูกต้องระบบจะทำการแจ้งเตือนขึ้น	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตาราง 3.2 เหตุการณ์ฟังก์ชันการตั้งค่าปริมาณการให้อาหาร

Use Case Title : ตั้งค่าปริมาณการให้อาหาร	Use Case ID : 2
Primary Actor : ผู้ใช้งาน	
Stakeholder Actor : ระบบ	
Main Flow : ผู้ใช้งานทำการตั้งปริมาณอาหารที่ต้องการให้ผ่านทางแอปพลิเคชันไลน์	
Exceptional Flow : กรณีที่ป้อนค่าไม่ถูกต้องระบบจะทำการแจ้งเตือนขึ้น	

ตาราง 3.3 เหตุการณ์ฟังก์ชันการตั่งค่าความถี่ในการวัดคุณภาพน้ำ

Use Case Title : ตั้งค่าความถี่ในการวัดคุณภาพน้ำ	Use Case ID : 3
Primary Actor : ผู้ใช้งาน	
Stakeholder Actor : ระบบ	
Main Flow : ผู้ใช้งานทำการตั้งค่าความถี่ในการวัดคุณภาพน้ำผ่านทางแอปพลิเคชันไลน์	
Exceptional Flow : กรณีที่ป้อนค่าไม่ถูกต้องระบบจะทำการแจ้งเตือนขึ้น	

ตาราง 3.4 เหตุการณ์ฟังก์ชันการเช็คระดับปริมาณอาหาร

Use Case Title : เช็คระดับปริมาณอาหาร	Use Case ID : 4
Primary Actor : ผู้ใช้งาน	
Stakeholder Actor : ระบบ	
Main Flow : ผู้ใช้งานทำการขอเช็คระดับปริมาณอาหารผ่านทางแอปพลิเคชันไลน์	
Exceptional Flow : กรณีที่ระบบไม่สามารถติดต่อขอเช็คระดับปริมาณอาหารได้ ระบบจะแจ้งเตือน	

ตาราง 3.5 เหตุการณ์ฟังก์ชันการเช็คคุณภาพน้ำ

Use Case Title : เช็คคุณภาพน้ำ	Use Case ID : 5
Primary Actor : ผู้ใช้งาน	
Stakeholder Actor : ระบบ	
Main Flow : ผู้ใช้งานทำการขอเช็คคุณภาพน้ำผ่านทางแอปพลิเคชันไลน์	
Exceptional Flow : กรณีที่ระบบไม่สามารถติดต่อขอเช็คคุณภาพน้ำได้ ระบบจะแจ้งเตือน	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตาราง 3.6 เหตุการณ์ฟังก์ชันการตั้งค่าเวลาการให้อาหาร

Use Case Title : อ่านค่าตัววัดระดับปริมาณอาหาร	Use Case ID : 6
Primary Actor : ระบบ	
Stakeholder Actor : ระบบ	
Main Flow : ระบบทำการอ่านค่าจากตัววัดระดับปริมาณอาหาร	
Exceptional Flow : กรณีที่ค่าที่อ่านเข้ามาผิดพลาด ระบบจะแจ้งเตือน	

ตาราง 3.7 เหตุการณ์ฟังก์ชันการอ่านค่าตัววัดคุณภาพน้ำ

Use Case Title : อ่านค่าตัววัดคุณภาพน้ำ	Use Case ID : 7
Primary Actor : ระบบ	
Stakeholder Actor : ระบบ	
Main Flow : ระบบทำการอ่านค่าจากตัววัดคุณภาพน้ำ	
Exceptional Flow : กรณีที่ค่าที่อ่านเข้ามาผิดพลาด ระบบจะแจ้งเตือน	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ทดลองการอ่านค่าจากเซนเซอร์วัดความเป็นกรดเป็นด่างด้วย ESP32

4.1.1 จุดประสงค์การทดลอง

1) เพื่อตรวจสอบการทำงานของเซนเซอร์ตามการวัดค่าในเอกสาร
2) เพื่อทดสอบการทำงานของเซนเซอร์ร่วมกับ ESP32

4.1.2 วิธีการทดลอง

1) ตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ตามเอกสาร โดยต่อเซนเซอร์เข้ากับบอร์ด ESP32
2) ทำการ calibrate ค่าที่ได้จากเซนเซอร์กับสารละลายอ้างอิง(pH 7)
3) ทดสอบวัดอุปกรณ์กับ สารละลาย pH 4 และ pH 10 โดยระหว่างการทดสอบทำการวัดอุณหภูมิของน้ำเพื่อใช้ประกอบกับการเทียบค่า pH ที่วัดได้ เนื่องจากสารละลายอ้างอิงที่นำมาวัดมีการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดด่างเล็กน้อย (0.01 ต่อ 5 องศาเซลเซียส)
4) หลังจากที่ตรวจสอบการทำงานของเซนเซอร์ที่ใช้ ESP32ตามเอกสารแล้ว ทำการต่อเซนเซอร์เข้ากับวงจรอ่านค่า ADC แล้วต่อเข้ากับ ESP32 ทำการ calibrate แล้วทดสอบการอ่านค่าเช่นเดียวกับข้อ 2) และ 3) โดยควรได้ค่าไม่ต่างกันเกิน 0.1 pH ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

4.1.3 ผลการทดลอง

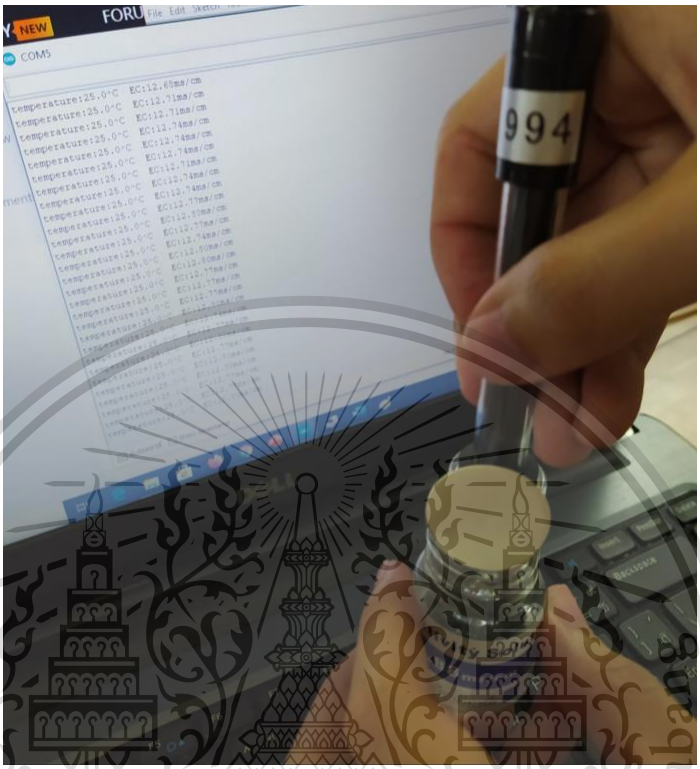
ค่าที่วัดได้จากอุปกรณ์มีความเคลาดเคลื่อนหากปล่อยไว้สักระยะแต่จค่าจะเสถียรเมื่อเวลาผ่านไป ดังนั้นจึงควรให้ค่าที่อ่านได้จากเซนเซอร์เสถียรก่อนแล้วจึงทำการ calibrate ค่าจะคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.1 pH

4.1.4 สรุปผลการทดลอง

เซนเซอร์สามารถใช้งานกับระบบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2 ทดลองการอ่านค่าจากเซนเซอร์วัดความนำไฟฟ้าของน้ำด้วย ESP32



รูป 4.1 การทดลองวัดค่าความนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิห้อง

4.2.1 จุดประสงค์การทดลอง

1) เพื่อตรวจสอบการทำงานของเซนเซอร์ตามการวัดค่าในเอกสาร
2) เพื่อทดสอบการทำงานของเซนเซอร์ร่วมกับ ESP32

4.2.2 วิธีการทดลอง

1) ตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ตามเอกสาร โดยต่อเซนเซอร์เข้ากับบอร์ด ESP32
2) ทดสอบวัดอุปกรณ์กับ สารละลายอ้างอิงทั้งสอง โดยค่าที่วัดได้ควรมีค่าเปลี่ยนแปลงไม่เกิน $\pm$ 25 mV
3) หลังจากที่ตรวจสอบการทำงานของเซนเซอร์ที่ใช้ Arduino ตามเอกสารแล้ว ทำการต่อเซนเซอร์เข้ากับ ESP32 ทำการ calibrate แล้วทดสอบการอ่านค่าเช่นเดียวกับข้อ 2) และ 3) โดยควรได้ค่าไม่ต่างกันเกิน $\pm$ 15 mV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

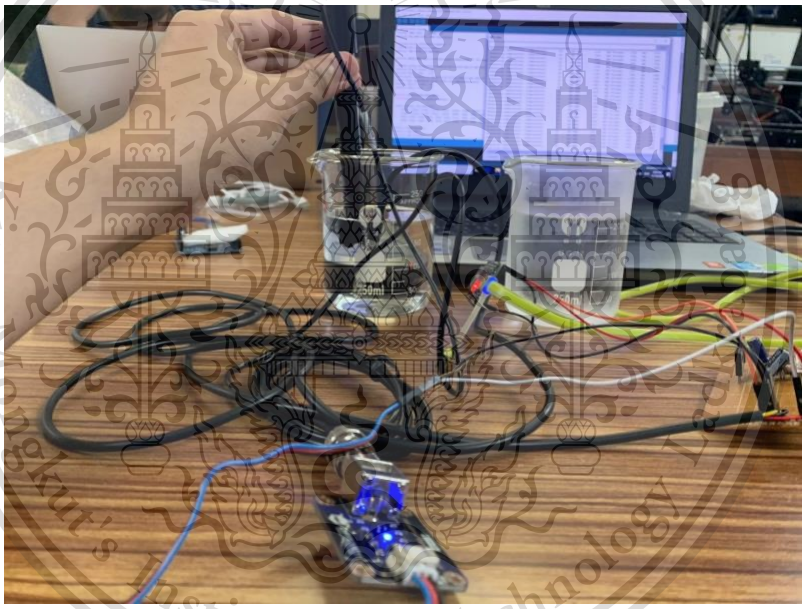
4.2.3 ผลการทดลอง

การเปลี่ยนแปลงค่าความนำไฟฟ้ามีความคลาดเคลื่อนในขอบเขตของเซนเซอร์แต่ไม่สามารถใช้กับ ESP32 ได้ คาดว่ามีแรงดันไฟไม่เพียงพอโดยตามเอกสารอุปกรณ์รองรับการทำงานที่ 3.3 โวลต์ แต่ใช้งานจริงวัดค่าได้เพียง 0 ms/cm

4.2.4 สรุปผลการทดลอง

เซนเซอร์สามารถใช้งานกับระบบได้เพียงแต่หากใช้กับ ESP32 ต้องมีการต่อวงจรเสริมเพิ่มเติมให้ใช้งานร่วมกันได้

4.3 ทดลองการอ่านค่าจากเซนเซอร์วัดออกซิเจนที่ละลายในน้ำด้วย ESP32



รูป 4.2 การทดลองวัดค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่อุณหภูมิห้อง และในน้ำอุณหภูมิต่ำ

4.3.1 จุดประสงค์การทดลอง

1) เพื่อตรวจสอบการทำงานของเซนเซอร์ตามการวัดค่าในเอกสาร
2) เพื่อทดสอบการทำงานของเซนเซอร์ร่วมกับ ESP32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.3.2 วิธีการทดลอง

1) ตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ตามเอกสาร โดยต่อเซนเซอร์เข้ากับบอร์ด ESP32
2) ทดสอบวัดอุปกรณ์กับน้ำและน้ำที่นำไปแช่เย็น แล้วนำค่าไปเปรียบเทียบกับตารางจุดอิ่มตัวของออซิเจนในน้ำที่อุณหภูมิของน้ำเย็น โดยควรได้ค่าไม่ต่างกันเกิน $\pm$ 50 mV

4.3.3 ผลการทดลอง

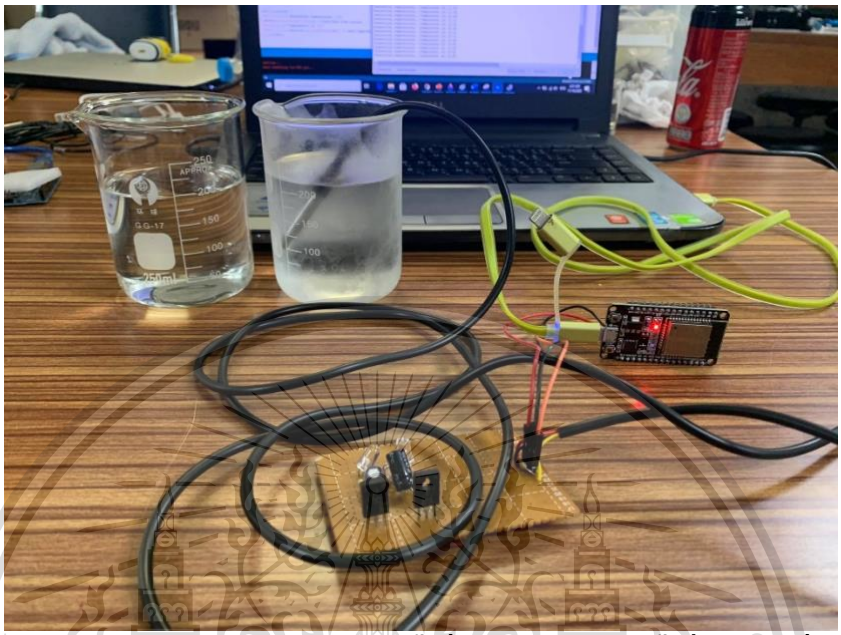
การเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนในน้ำที่มีอุณหภูมิต่างกัน มีค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำเปลี่ยนแปลงไปตามที่ควรจะเป็น แต่การที่แช่เซนเซอร์ไว้ที่จุดเดิมเป็นเวลานานเนื่องจากเซนเซอร์จะมีการนำออกซิเจนไปใช้ ออกซิเจน ณ จุดนั้นจะมีค่าลดลง ทำให้ไม่ควรวัดจุดเดิมเป็นเวลานานเกินไปในน้ำนิ่ง

4.3.4 สรุปผลการทดลอง

อุปกรณ์สามารถวัดค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำได้พร้อมนำไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.4 ทดลองการอ่านค่าจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิของน้ำด้วย ESP32



รูป 4.3 การทดลองวัดอุณหภูมิของน้ำที่อุณหภูมิห้องและน้ำที่อุณหภูมิต่ำ

4.4.1 จุดประสงค์การทดลอง

1) เพื่อตรวจสอบการทำงานของเซนเซอร์ตามการวัดค่าในเอกสาร
2) เพื่อทดสอบการทำงานของเซนเซอร์ร่วมกับ ESP32

4.4.2 วิธีการทดลอง

1) ทำการต่อเซนเซอร์เข้ากับ ESP32
2) ทำการวัดเทียบกับอุณหภูมิน้ำ

4.4.3 ผลการทดลอง

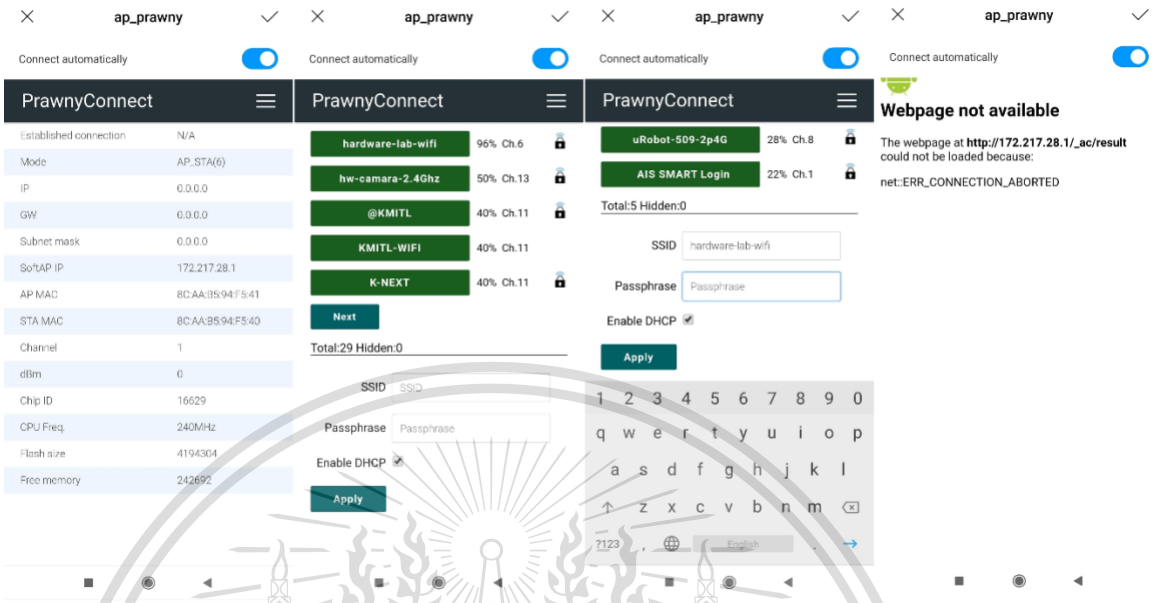
อุณหภูมิที่ได้จากการวัดค่าในน้ำที่อุณหภูมิต่างกันมีค่าเปลี่ยนไปตามที่ควรจะเป็น

4.4.4 สรุปผลการทดลอง

เซ็นเซอร์สามารถใช้งานกับบ่อเลี้ยงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.5 ทดลองการเลือกเชื่อมต่อไวไฟจาก ESP32 ผ่านโทรศัพท์



รูป 4.4 ทดลองการเลือกเชื่อมต่อไวไฟจาก ESP32 ผ่านโทรศัพท์

4.5.1 จุดประสงค์การทดลอง

1) เพื่อตรวจสอบการเลือกเชื่อมต่อไวไฟ

4.5.2 วิธีการทดลอง

1) ทำการเริ่มต้นการทำงาน
2) ตรวจสอบว่ามีไฟสีฟ้ากระพริบที่ตัวบอร์ด ESP32 ที่แสดงถึงการให้ตั้งค่าไวไฟ
3) เชื่อมต่อโทรศัพท์กับสัญญาณไวไฟจากเครื่องวัดคุณภาพน้ำ
4) เลือกสัญญาณไวไฟที่ให้เครื่องวัดคุณภาพน้ำเชื่อมต่อ
5) กรอกข้อมูล password
6) กดเชื่อมต่อ
7) ตรวจสอบการเชื่อมต่อที่ Access Point

4.5.3 ผลการทดลอง

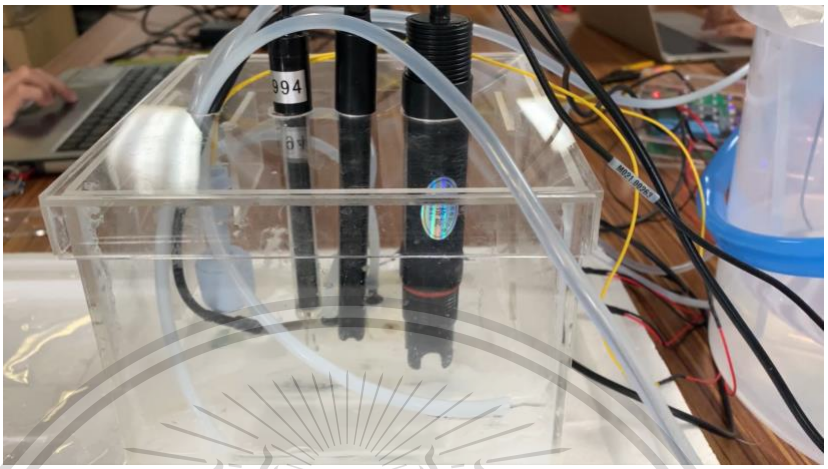
ESP32 สามารถเชื่อมต่อไวไฟได้ โดยการตั้งค่า SSID และ Passphrase เมื่อเริ่มการใช้งานครั้งแรกผ่านคอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟนหรือแท็บเล็ตที่สามารถเชื่อมต่อสัญญาณไวไฟที่ปล่อยจาก ESP32

4.5.4 สรุปผลการทดลอง

เครื่องวัดคุณภาพน้ำสามารถเลือกไวไฟเชื่อมต่อได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.6 ทดลองการทำงานของอุปกรณ์วัดคุณภาพน้ำ



รูป 4.5 การทดลองการทำงานของเครื่องวัดคุณภาพน้ำ

4.6.1 จุดประสงค์การทดลอง

1) เพื่อตรวจสอบการทำงานร่วมกันของเซนเซอร์ ปั๊มน้ำ และคอนโทรลเลอร์

4.6.2 วิธีการทดลอง

1) เตรียมสารละลาย pH 4 DO อิ่มตัว น้ำที่ไม่มีการเจือปนแร่ธาตุ ที่อุณหภูมิห้อง
2) ทำการเริ่มต้นการทำงานโดยการเสียบปลั๊กไปยังแหล่งจ่ายไฟ
3) ตรวจสอบสถานะสัญญาณไฟ หากมีไฟสีฟ้ากระพริบที่ตัวบอร์ดให้ทำการเชื่อมต่อไวไฟตามการทดลอง 4.5
4) ตรวจสอบการทำงานของปั๊มน้ำเริ่มต้นต้องมีการเติมน้ำจากบ่อเลี้ยงจนถึงระดับวัดกล่องวัดคุณภาพน้ำปล่อยน้ำกลับไปยังบ่อพักน้ำ ทำการเติมน้ำจากบ่อเลี้ยงจนถึงระดับวัด
5) ตรวจสอบหลังจากที่น้ำจากบ่อเลี้ยงเติมถึงระดับวัดแล้วมีการวัดค่าและส่งค่ามาแสดงผลผ่าน Serial ที่ใช้ทดสอบ
6) ตรวจสอบค่าที่ส่งมามีความถูกต้องตามสารละลายที่ได้เตรียมไว้
7) ตรวจสอบหลังจากที่ส่งค่าน้ำที่วัดได้แล้ว ปั๊มน้ำมีการปล่อนน้ำกลับไปยังบ่อเลี้ยง
8) ตรวจสอบเครื่องวัดคุณภาพน้ำทำการเริ่มการวัดคุณถาพน้ำรอบใหม่ตามข้อ 4 จนถึงข้อ 7 อีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.6.3 ผลการทดลอง

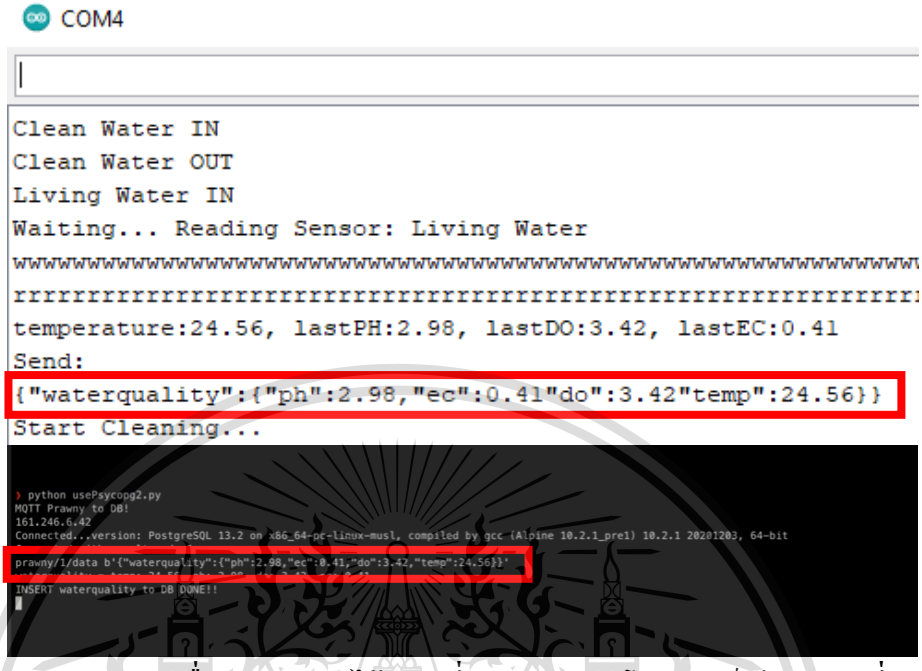
การทำงานของเซนเซอร์ ปั๊มน้ำ และคอนโทรลเลอร์ได้ทำการนำน้ำจากบ่อพักไปทำความสะอาดให้เซนเซอร์ แล้วนำน้ำจากบ่อเลี้ยงมาวัดค่าได้ ค่า pH 4 ที่คลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.1 pH ได้ค่า EC ได้ค่า 0 ที่คลาดเคลื่อนไม่เกิน $\pm$ 25 mV และDO ได้ค่า 1.600 V ที่คลาดเคลื่อนไม่เกิน $\pm$ 50 mV เมื่อส่งค่าที่วัดได้แล้ว อุปกรณ์ปล่อยน้ำกลับสู่บ่อเลี้ยงและเริ่มรอบการทำงานให้จากากรทำความสะอาดเซนเซอร์วัดค่าไปจนปล่อยน้ำ

4.6.4 สรุปผลการทดลอง

การทำงานของเครื่องวัดคุณภาพน้ำสามารถทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.7 ทดลองการทำงานร่วมกันของคอนโทรลเลอร์ และระบบ Back-End



รูป 4.6 การทดลองเมื่อ Back-End ได้รับค่าที่ส่งมาจากคอนโทรลเลอร์เทียบกับค่าที่ส่ง

4.7.1 จุดประสงค์การทดลอง

1) เพื่อตรวจสอบการทำงานร่วมกันของคอนโทรลเลอร์ และระบบ Back-End

4.7.2 วิธีการทดลอง

1) เริ่มต้นการทำงานของอุปกรณ์วัดคุณภาพน้ำ
2) คอนโทรลเลอร์ทำการส่งค่าที่วัดได้ขึ้นไปยัง MQTT
3) ตรวจสอบระบบ Back-End ว่าสามารถคัดแยกค่าข้อมูลให้แยกค่าข้อมูล pH EC DO และ อุปณหภูมิ ที่คอนโทรลเลอร์ส่งขึ้นมาได้
4) ระบบ Back-End ทำการตรวจสอบโดยการเทียบข้อมูลระหว่าง ข้อมูลที่คอนโทรลเลอร์ส่งขึ้นมาโดยมีค่าตรงกัน

4.7.3 ผลการทดลอง

การทำงานร่วมกันของคอนโทรลเลอร์ และระบบ Back-End สามารถรับส่ง คัดแยกค่าข้อมูลโดยได้ข้อมูลตรงกันทั้งสองฝั่ง

4.7.4 สรุปผลการทดลอง

การทำงานร่วมกันของคอนโทรลเลอร์ และระบบ Back-End ทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.8 ทดลองการทำงานร่วมกันของระบบ Back-End และ ระบบ Front-End

รูป 4.7 การแสดงผลในรูปแบบของกราฟบน Front-End ที่นำข้อมูลมาจากระบบ Back-End

4.8.1 จุดประสงค์การทดลอง

1) เพื่อตรวจสอบการทำงานร่วมกันของระบบ Back-End และระบบ Front-End

4.8.2 วิธีการทดลอง

1) เริ่มต้นเข้าใช้งาน Web Application
2) ทดลองดึงข้อมูลจาก page ต่างๆและตรวจสอบความถูกต้อง

4.8.3 ผลการทดลอง

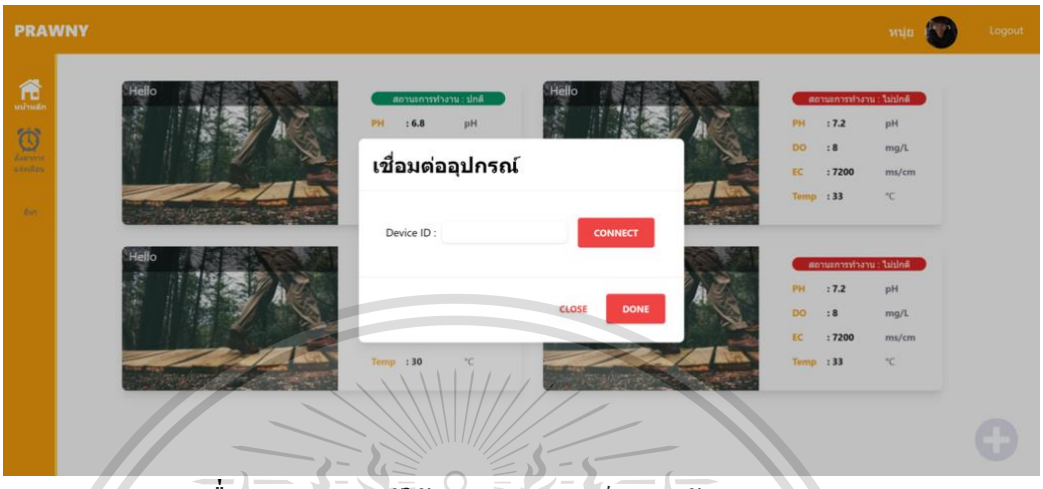
การทำงานร่วมกันของระบบ Back-End และระบบ Front-End เป็นไปตามที่ควรจะเป็น

4.8.4 สรุปผลการทดลอง

การทำงานร่วมกันของระบบ Back-End และระบบ Front-End ทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.9 ทดลองการเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้งานและอุปกรณ์ผ่านหน้า Web Application



รูป 4.8 การเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้งานและอุปกรณ์ผ่านหน้า Web Application

4.9.1 จุดประสงค์การทดลอง

1) เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้งานและอุปกรณ์ผ่านหน้า Web Application

4.9.2 วิธีการทดลอง

1) เริ่มต้นเข้าใช้งาน Web Application
2) ทดลองทำการเพิ่มอุปกรณ์ของผู้ใช้งาน
3) ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ โดยใส่ค่า device และทำการ connect

4.9.3 ผลการทดลอง

สามารถทำการ connect ได้ และมีการเพิ่มของอุปกรณ์ที่ผู้ใช้งานเพิ่มเข้าไปได้

4.9.4 สรุปผลการทดลอง

สามารถทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ผ่านหน้า Web Application ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5
สรุป

5.1 สรุปสิ่งที่ได้ทำ

1) ศึกษาวิธีการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ปัจจัยความจำเป็นในการอยู่รอดของกุ้งขาว
2) ออกแบบระบบทั้งหมดและการทำงานภายใน
3) การเขียนโปรแกรมโดยมีการทำงานร่วมกันกับระบบ Line
4) เครื่องวัดคุณภาพน้ำรับส่งข้อมูลผ่าน MQTT
   - ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)
   - ค่าเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้า (Electrical Conductivity)
   - ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen)
   - อุณหภูมิ (Temperature)
   - ส่งข้อมูล MQTT โดยการเข้ารหัสรูปแบบ tls version 1.2
5) หน้าเชื่อมต่อไวไฟของเครื่องวัดคุณภาพน้ำด้วยคอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน และแท็บเล็ต
6) เว็บสำหรับจัดการเครื่องวัดคุณภาพน้ำ
7) ตั้งค่าเครื่องเซิฟเวอร์สำหรับรองรับการรับส่ง MQTT และเชื่อมการสื่อสาร และเก็บข้อมูลระหว่าง เครื่องวัดคุณภาพน้ำและเว็บจัดการเครื่องวัดคุณภาพน้ำ

ตาราง 5.1 สรุปผลการทำงานของระบบตามที่วางแผนไว้

สร้างเครื่องเลี้ยงกุ้งขาวด้วยระบบอัตโนมัติ	✓
ศึกษาอัตราการรอดชีวิตของกุ้งขาวในการดำรงชีวิตด้วยเครื่องเลี้ยงกุ้งขาวด้วยระบบอัตโนมัติ	✓
สร้างนวัตกรรมตอบสนองประเด็นยุทธศาสตร์ที่ 1 สร้างสรรค์งานวิจัยและนวัตกรรมอย่างยั่งยืน ที่ตรงกับความต้องการของสังคม ของแผนปฏิบัติการ 5 ปี พ.ศ. 2560-2564 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	✓

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สร้างนวัตกรรมตอบสนองยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ. 2561 - 2580) ในประเด็นด้านการสร้างความสามารถด้านการแข่งขันเกษตรอัจฉริยะ	✓

จากการทดสอบโดยวัดค่าเซนเซอร์เทียบกับสารละลายอ้างอิงจำนวน 40 ครั้งมีค่าคลาดเคลื่อนดังนี้

- เซนเซอร์วัดความเป็นกรดเป็นด่าง 0.1 pH
- เซนเซอร์วัดความความนำไฟฟ้า 0.5 ms/cm
- เซนเซอร์วัดออกซิเจน 0.8 mg/L

5.2 ปัญหาและอุปสรรคที่พบ

1) เมื่อคำนวณค่าความคุ้มทุนแล้ว พบว่าคุ้มทุนได้ยาก จึงทำการเปลี่ยนชนิดกุ้งที่เลี้ยง ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงการทำงานของระบบเล็กน้อย
2) ระบบที่เดิมออกแบบไว้ไม่เหมาะในการเลี้ยงที่ได้เปลี่ยนแปลงเข้ามาใหม่ จึงทำการออกแบบระบบการเลี้ยงกุ้งใหม่ ให้สามารถทำงานได้เหมาะสมกับชนิดกุ้งที่ได้เปลี่ยนแปลงเข้ามาภายหลัง
3) ช่วงในการทำโปรเจคก่อนการนำกุ้งมาเลี้ยง เกิดการแพร่ระบาดของเชื้อ COVID-19 ที่ตลาดกลางกุ้งเพื่อความปลอดภัยทั้งต่อผู้ดำเนินงาน และผู้คนในพื้นที่โดยรอบจึงจำเป็นต้องยุติการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมสำหรับทดสอบระบบ และดำเนินการต่อโดยไม่มีการเลี้ยงกุ้ง

5.3 แนวทางการพัฒนาต่อ

ทำการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมพร้อมกับติดตั้งเครื่องวัดคุณภาพน้ำ ณ สถานที่เลี้ยงตามระยะเวลาที่วางแผนไว้ และ ติดตามผลการเลี้ยงหลังจากมีการจัดการกับการระบาดของโควิด-19

5.3.1 เครื่องวัดคุณภาพน้ำ

1) พัฒนาวงจรให้รองรับความถี่ในการดูดน้ำได้เร็วขึ้น
2) เปลี่ยนหรือเพิ่มเติมเซนเซอร์ให้มีความแม่นยำ รวดเร็ว และหลากหลาย ให้สามารถวัดค่าน้ำที่เหมาะสมกับการใช้งานอื่นนอกเหนือจากบ่อกุ้ง
3) พัฒนาต่อเพิ่มระบบการติดตามการเติมโต และแสดงผลคำนวณกำไรจากราคาปัจจุบัน
4) พัฒนาวงจรให้สามารถเลือกเปลี่ยนเซนเซอร์ให้ได้ตามความต้องการผู้ใช้งาน

5.3.2 เว็บสำหรับจัดการเครื่องวัดคุณภาพน้ำ

1) โปรแกรมการควบคุมเครื่องวัดคุณภาพน้ำ และ แสดงผลการทำงานของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2) เพิ่มเติมเว็บตามการพัฒนาของเครื่องวัดคุณภาพน้ำให้จัดการเฉพาะค่าที่ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บรรณานุกรม

[1] กชพร กฤติยานันต์. 2554. “การพัฒนาระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดขนาดเล็กสำหรับการเลี้ยงปลาน้ำจืด. ”วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[2] เกียรติศักดิ์ ชินาภาษ. 2548. “เครื่องควบคุมระดับค่า พีเอช แบบอัตโนมัติสำหรับบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม. ”วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าเกล้าธนบุรี.

[3] พงศ์ธร ยิ่งยวด,วราห์ เทพาหุดี,นิติ ชูเชิด และชลอ ลิ้มสุวรรณ. 2556. “ผลของระยะเวลาการให้อาหารโดยใช้เครื่องให้อาหารอัตโนมัติต่อผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไม (Litopenaeus vannamei) ในฟาร์มเลี้ยง.” หน้า 224-231. ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51 สาขาสัตวแพทยศาสตร์, สาขาประมง**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[4] FAO. 2020. **Cultured Aquatic Species Information Programme Penaeus vannamei (Boone, 1931)**.[Online].Available : http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Penaeus_vannamei

[5] นิติ ชูเชิด,เต็มดวง สมศิริ,วัชริยา ภูรีวิโรจน์กุล,เกศินี หลายสุทธิสาร,จันทร์นภา ศักดิ์ศรีพิพัฒน์,พุทธรัตน์ เบ้าประเสริฐกุล,ฐิติพร หลาวประเสริฐ,วราห์ เทพาหุดี และอิสริยา วุฒิสินธุ์ . 2554. **การวิจัยเพื่อพัฒนาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมอย่างยั่งยืน**.[Online].Available : https://doi.nrct.go.th/ListDoi/listDetail?Resolve_DOI=10.14455%2FNRCT.res.2011.81

[6] กมลศิริ พันธนียะ. 2563. **กุ้งขาวลิโทพีเนียส แวนนาไม**.[Online].Available : https://www.shrimpcenter.com/t-shrimp051.html

[7] ปกป้อง อุ่มอยู่. 2563. **การเพาะพันธุ์และอนุบาลกุ้งทะเล.**[Online].Available : https://www.fisheries.go.th/thacert/images/pdf/docs/การเพาะกุ้ง.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

[8] บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน). 2557. **คู่มือการเลี้ยงกุ้งขาว**.[Online].Available : http://betagrofeed.com/community/wp-content/uploads/2014/12/คู่มือการเลี้ยงกุ้งขาว.pdf

[9] กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรมประมง. 2563. **การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ตามมาตรฐาน จีเอพี**.[Online].Available : https://www.fisheries.go.th/train-gr/coastal/002/GuidelineFGAP.pdf

[10] ทัศนีย์ นลวชัย,วัชริยา ภูรีวิโรจน์กุล,นิติ ชูเชิด,เกศินี หลายสุทธิสาร และชลอ ลิ้มสุวรรณ. 2555. **ผลของระดับออกซิเจน แอมโมเนีย และ พีเอช ต่อการกินอาหารของกุ้งขาวแวนนาไม**. [Online].Available : http://www.fishtech.mju.ac.th/FishNew1/Journal_FT_Attach/AbstractFile/P44-52-V6-Y2555.pdf.

[11] ไพฑูรย์ หมายมั่นสมสุข. 2553. **การวิเคราะห์น้ำและน้ำเสียเบื้องต้น**.[Online].Available : https://ww2.diw.go.th/research/เอกสารเผยแพร่/8-Alkalinity-w.pdf

[12] ณัฐพล แก้วละเอียดและบุญรัตน์ ประทุมชาติ. 2553. **การเสริมแร่ธาตุตามอัตราส่วนในน้ำที่ใช้เลี้ยงกุ้งต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอด อัตราการแลกเนื้อ ความถี่ของการลอกคราบ และความแปรปรวนของขนาดกุ้งขาว (Litopenaeus vannamei).**[Online].Available : https://www.lib.ku.ac.th/KUCONF/data53/KC4804010.pdf

[13] Orapint Jintasataporn, Terry Ward, Srinoy Chumkam. 2015. The Efficacy of Mineral-**Amino Acid Complex (Zn, Mn, Cu, Fe and Se) on White Shrimp, Litopenaeus vannamei, Diets.** [Online].Available : https://www.researchgate.net/publication/304488415_The_Efficacy_of_Mineral-Amino_Acid_Complex_Zn_Mn_Cu_Fe_and_Se_on_White_Shrimp_Litopenaeus_vannamei_Diets

[14] สาวะรก ลวไมย. 2546. **การศึกษาการใช้แร่ธาตุผสมในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ**. [Online].Available : https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20180221174451_1_file.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

[15] บุญรัตน์ ประทุมชาติ และสว่างพงษ์ สมมาตร. 2553. **ผลของความเค็มต่อกระบวนการสะสมแร่ธาตุของกุ้งขาว (Litopenaeus vannamei) วัยรุ่น**.[Online].Available : https://kukr.lib.ku.ac.th/db/index.php?/BKN/search_detail/result/12030

[16] ชลอ ลิ้มสุวรรณ,สุธี วงศ์มณีประทีป,สาธิต ประเสริฐศรี,แก้วตา ลิ้มเฮง,ปัทมา วิริยพัฒนทรัพย์,เกศินี หลายสุทธิสาร และอริสา ศรีหมากสุก. 2553. **ผลของอุณหภูมิต่อปริมาณการกินอาหาร การเจริญเติบโต อัตราการรอดตายและคุณภาพน้ำ ใน การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (Litopenaeus vannamei)**. [Online].Available : https://kukr.lib.ku.ac.th/db/index.php?/BKN/search_detail/result/12059

[17] นฤมล เหมือนใจ. 2563. **เรียนรู้การเลี้ยงกุ้งขาว**.[Online].Available : https://sites.google.com/site/karleiyngkungkhaw/home

[18] บริษัท ไทยยูเนี่ยน ฟีดมิลล์ จำกัด มหาชน. 2563. **ราคากุ้งขาวประจำวัน**.[Online].Available : https://www.thaiunionfeedmill.com/th/shrimp-price

[19] Alongkorn Tengsamut. 2563. **Line คืออะไร**.[Online].Available : https://www.ninetechno.com/a/การใช้-line-application/1136-ไลน์คืออะไร.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.