

การศึกษาและพัฒนาระบบปลูกพืชไร้ดินร่วมกับการเลี้ยงปลาในโรงเรือนปิด
ควบคุมด้วยเครือข่ายไร้สาย

The Study and Development of Aquaponics Systems
in Control Environment Greenhouse Through Wireless Networks

กิตติพงษ์	รักษารธรรม
จักรพงษ์	แสนโคตร
จินตภัทร์	ศิริโยธา
เสฏฐวุฒิ	ยินดีตระกูล

ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

การศึกษาและพัฒนาระบบปลูกพืชไร้ดินร่วมกับการเลี้ยงปลาในโรงเรือนปิด
ควบคุมด้วยเครือข่ายไร้สาย

The Study and Development of Aquaponics Systems
in Control Environment Greenhouse Through Wireless Networks

กิตติพงษ์	รักษารธรรม
จักรพงษ์	แสนโคตร
จินตภัทร์	ศิริโยธา
เสฏฐวุฒิ	ยินดีตระกูล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560


The Study and Development of Aquaponics Systems
in Control Environment Greenhouse Through Wireless Networks

Mr.Kittipong	Raksatham
Mr.Jukkapong	Saenkhot
Mr.Jintapat	Siriyotha
Mr.Setthawut	Yindeetrakul

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN AGRICULTURAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKREBANG
ACADEMIC YEAR 2017

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การศึกษาและพัฒนากาการปลูกพืชไร่ดินร่วมกับการเลี้ยงปลาในโรงเรือนปิดควบคุมด้วย
เครือข่ายไร้สาย

นักศึกษาผู้จัดทำ	นายกิตติพงษ์	รักษารธรรม	รหัสประจำตัว	57010090
	นายจักรพงษ์	แสนโคตร	รหัสประจำตัว	57010158
	นายจินตภัทร์	ศิริโยธา	รหัสประจำตัว	57010185
	นายเสกฐวุฒิ	ยินดีตระกูล	รหัสประจำตัว	57011438
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)			
หลักสูตร	วิศวกรรมเกษตร			
สาขาวิชา	วิศวกรรมเกษตร			
ปีการศึกษา	2560			

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
อาจารย์ภัทรชัย วิชัยยะ	

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การศึกษาและพัฒนากการปลูกพืชไร่ดินร่วมกับการเลี้ยงปลาในโรงเรือนปิด ควบคุมด้วยเครือข่ายไร้สาย	
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายกิตติพงษ์ รักษาธรรม	รหัสประจำตัว 57010090
	นายจักรพงษ์ แสนโคตร	รหัสประจำตัว 57010158
	นายจินตภัทร์ ศิริโยธา	รหัสประจำตัว 57010185
	นายเสฏฐวุฒิ ยินดีตระกูล	รหัสประจำตัว 57011438
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ภัทรชัย วิชัยยะ	
ปีการศึกษา	2560	

บทคัดย่อ

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเป็นแนวคิดที่ทำให้ข้อจำกัดเรื่องพื้นที่ในการเพาะปลูกหมดลง การเลี้ยงปลาเพื่อนำเอาน้ำเสียจากปลามาใช้เป็นปุ๋ยพืชนับเป็นการบูรณาการทางการเกษตรที่เพิ่มมูลค่าในการใช้ที่ดิน การศึกษานี้ได้นำการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน ร่วมกับการเลี้ยงปลานิลในโรงเรือนปิดที่มีการควบคุมอุณหภูมิ สิ่งการให้อาหารปลาและควบคุมการไหลเวียนของน้ำด้วยระบบอัตโนมัติผ่านเครือข่ายไร้สาย อีกทั้งยังมีการติดตั้งกล้องเพื่อสังเกตการณ์การทำงานของระบบภายในโรงเรือนอีกด้วย ในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบน้ำขึ้น-น้ำลง (Flood and drain) โดยใช้วัสดุปลูกเป็นหินลาวาเพื่อให้อากาศพืชยึดเกาะ ได้ทำการปลูกผักสามชนิดได้แก่ ผักบุงจีน ผักคะน้าและผักกวางตุ้ง โดยเปรียบเทียบการใช้น้ำจากการเลี้ยงปลา ใช้ปุ๋ยสูตรเสมอ และการปลูกบนแปลงดิน จากการทดลองพบว่า ผักทั้งสามชนิดที่ปลูกในโรงเรือนมีการเจริญเติบโตมากกว่าผักที่ปลูกรอกโรงเรือน เนื่องจากไม่มีแมลงและไม่มีลมมารบกวนการเจริญเติบโต เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักทั้งสามที่ปลูกในระบบน้ำขึ้น-น้ำลง โดยการใช้ น้ำจากการเลี้ยงปลา พบว่าผักบุงจีนและผักกวางตุ้งมีการเจริญเติบโตได้ดี ในขณะที่ผักคะน้ามีอาการใบเหลืองใบจุด ซึ่งคาดว่าไม่ได้รับธาตุอาหารเพียงพอหรือไม่ครบตามความต้องการจากน้ำเลี้ยงปลา การใช้ระบบควบคุมอุณหภูมิโดยการใช้พัดลม ร่วมกับระบบลดความเย็นโดยการระเหยน้ำผ่านเครือข่ายไร้สาย สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนให้อยู่ในช่วงระหว่าง 33 - 38 เซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงที่พืชสามารถเจริญเติบโตได้

คำสำคัญ: การปลูกพืชไร่ดิน, การปลูกพืชในโรงเรือน, การปลูกพืชร่วมกับการเลี้ยงปลา, ระบบเครือข่ายไร้สาย

Thesis Title	The Study and Development of Aquaponics Systems in Control Environment Greenhouse Through Wireless Networks		
Author	Mr.Kittipong Raksatham	57010090	
	Mr.Jukkapong Saenkhrot	57010158	
	Mr.Jintapat Siriyotha	57010185	
	Mr.Setthawut Yindeetrakul	57011438	
Thesis Advisors	Mr.Pattarachai Vichaiya		
Year	2017		

ABSTRACT

Aquaponics is an integrated system of growing plant and culture fish. Effluence from fish can be used as nutrient for plant. After substrate was depleted, water can be circulated back to fish tank. The system is close loop; therefore, there was no waste water. Only a few waters may be added to compensate evaporation. In this experiment, flood and drain system was selected for soilless plant production. Lava rock was used as bedding to allow plant's root to hold on. This system can accommodate almost any kind of plant growing. Three vegetables, Morning glory, Cantonese and Chinese kale were used in this experiment. One set of three vegetables was grown using fish effluence (*Tilapia nilotica*), in 15-15-15 fertilizer, and in ground plot was planted in close controlled greenhouse. Another set was grown in normal environment. The result showed that vegetable inside greenhouse gave good outcome, while the plant outside suffered from wind and insect. Another experiment compared the growth of three vegetables in flood and drain system. The experiment showed that Morning glory and Cantonese had high growth while Chinese kale exhibited yellow spot which reflect the symptom of fertilizer deficiency. Circulation fan and evaporative cooling system controlled via wireless network can keep the temperature inside greenhouse within the range of 33-38 °C which most plant can withstand at certain period of time.

Keywords: Aquaponics, Flood and drain, Greenhouse, Soilless planting, Wireless network.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่องการศึกษาและพัฒนาการปลูกพืชไร่ดินร่วมกับการเลี้ยงปลาในโรงเรือนปิดควบคุมด้วย
เครือข่ายไร้สายสำเร็จจุล่งไปได้ด้วยดีครั้งนี้เกิดจากความอนุเคราะห์จากอาจารย์และเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชา
วิศวกรรมเกษตรหลายท่าน

คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ภัทรชัย วิชัยยะ อาจารย์ที่ปรึกษารวมไปถึงอาจารย์ท่านอื่นที่
ให้คำแนะนำในการทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้ และขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรที่คอยให้
คำแนะนำด้านงานช่างเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และขอบคุณเพื่อนๆที่เป็นกำลังใจในการทำ
ปริญญานิพนธ์ให้สำเร็จจุล่งไปได้ด้วยดี จึงขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

นายกิตติพงษ์ รัชชาธรรม

นายจักรพงษ์ แสนโคตร

นายจินตภัทร์ ศิริโยธา

นายเสฏฐวุฒิ ยินดีตระกูล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ii
กิตติกรรมประกาศ	iii
สารบัญ	iv
สารบัญรูปภาพ	viii
บทที่ 1	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2	
2.1 ไฮโดรโปนิกส์ (Hydroponics)	3
2.2 การเพาะเลี้ยงพืชและสัตว์ในน้ำ (Aquaculture)	3
2.2.1 ปลานิล	3
2.2.2 การให้อาหารปลานิล	4
2.2.3 อัตราการแลกเนื้อปลานิล	4
2.2.4 คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลานิล	4

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.3 Aquaponics	5
2.3.1 ประโยชน์ของการผลิตในระบบAquaponics	5
2.3.2 วัสดุที่เหมาะสมต่อการใช้งานในระบบ flood and drain	6
2.3.3 ความสำเร็จของระบบ	6
2.4 ระบบ Flood and Drain (น้ำขึ้นน้ำลง)	6
2.4.1 Bell siphon theory	7
2.5 การปรับค่า pH	8
2.6 Microcontroller	8
บทที่ 3	
3.1 โครงสร้างของระบบ	9
3.1.1 ระบบ Aquaponics	9
3.1.2 ระบบตรวจวัดและควบคุมผ่าน Application บน Smart Phone	10
3.2 การทำงานของระบบควบคุม	11
3.2.1 อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์	11
3.2.2 ซอฟต์แวร์ที่ใช้พัฒนาระบบ	15
3.3 ขั้นตอนการออกแบบและดำเนินงาน	28
3.3.1 การทดลองปลูกผัก	28

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.3.2 ปลา	28
3.4 การวิเคราะห์และออกแบบระบบควบคุม	29
บทที่ 4	
4.1 ผลการทดลองปลูกผัก	31
4.1.1 อัตราการเจริญเติบโตของผักวางตั้ง	31
4.1.2 อัตราการเจริญเติบโตของผักบุง	31
4.1.3 อัตราการเจริญเติบโตของผักคะน้า	32
4.2 อัตราการเจริญเติบโตของปลานิล	33
4.3 อัตราการแลกเนื้อของปลานิล	33
4.4 ค่าอุณหภูมิภายในโรงเรือน	34
4.5 ค่าอุณหภูมิน้ำ	35
4.6 ค่า pH ในบ่อปลา	36
4.7 ปริมาณแอมโมเนียและปริมาณไนไตรท์ในน้ำของระบบ Aquaponics	36
บทที่ 5	
5.1 สรุปผลการทดลอง	37
5.2 ข้อเสนอแนะ	38
ภาคผนวก	
ก. ตารางบันทึกผลความสูงผัก	39

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
ข. ตารางบันทึกน้ำหนัปลา	41
ค ตารางบันทึกค่า pH และ Temperature	42
ง โคลดสำหรับบอร์ดควบคุม	43
บรรณานุกรม	51

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 Bell siphon	7
รูปที่ 3.1 โครงสร้างระบบ Aquaponics	10
รูปที่ 3.2 แผงผังระบบตรวจวัดและควบคุมผ่าน Application บน Smart Phone	10
รูปที่ 3.3 Arduino Mega 2560	11
รูปที่ 3.4 ESP8266 Node MCU	11
รูปที่ 3.5 DHT22 Digital Temperature and Humidity Sensor	12
รูปที่ 3.6 Temperature Sensor - Waterproof (DS18B20)	13
รูปที่ 3.7 Analog pH Meter Kit	13
รูปที่ 3.8 8 Channels Relay Module (5V)	14
รูปที่ 3.9 Plastic Solenoid Water Drain Valve (DC 12V)	14
รูปที่ 3.10 Ultrasonic Sensor Module HC-SR04	15
รูปที่ 3.11 Program Arduino IDE	15
รูปที่ 3.12 การติดตั้ง Arduino IDE ¹	16
รูปที่ 3.12 การติดตั้ง Arduino IDE ²	16
รูปที่ 3.12 การติดตั้ง Arduino IDE ³	17
รูปที่ 3.12 การติดตั้ง Arduino IDE ⁴	17
รูปที่ 3.12 การติดตั้ง Arduino IDE ⁵	17
รูปที่ 3.12 การติดตั้ง Arduino IDE ⁶	18
รูปที่ 3.12 การติดตั้ง Arduino IDE ⁷	18

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.12 การติดตั้ง Arduino IDE ⁸	19
รูปที่ 3.12 การติดตั้ง Arduino IDE ⁹	19
รูปที่ 3.13 แอปพลิเคชัน Blynk	20
รูปที่ 3.14 แผนผังแสดงการทำงานของระบบ Aquaponics	21
รูปที่ 3.15 ถังเติมน้ำขนาด 200 ลิตร	22
รูปที่ 3.16 ตู้ปลาขนาด 350 ลิตร	22
รูปที่ 3.17 กรองชีวภาพ	23
รูปที่ 3.18 ถังพักน้ำ	24
รูปที่ 3.19 แผนผังแสดงการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิโรงเรือน	25
รูปที่ 3.20 แผนผังแสดงการทำงานของระบบให้น้ำและให้อาหารปลา	26
รูปที่ 3.21 แผนผังแสดงการทำงานของระบบรักษาระดับน้ำ	27
รูปที่ 3.22 ภาพการต่อวงจรไฟฟ้าสำหรับควบคุม	29
รูปที่ 3.23 ตัวอย่างการพัฒนาโปรแกรมลงบน Arduino IDE	29
รูปที่ 3.24 ตัวอย่างหน้าแอปพลิเคชัน Blynk	30
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงอัตราการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งในระบบ Aquaponics แปลงดินในโรงเรือน และแปลงดินนอกโรงเรือน	31
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงอัตราการเจริญเติบโตของผักบุ้งในระบบ Aquaponics แปลงดินในโรงเรือน และแปลงดินนอกโรงเรือนรูปที่	31

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
4.3 กราฟแสดงอัตราการเจริญเติบโตของผักคะน้าในระบบ Aquaponics แปลงดินในโรงเรือน และแปลงดินนอกโรงเรือน	32
รูปที่ 4.4 รูปเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของ ผักกวางตุ้ง ¹ ผักบุ้ง ² และผักคะน้า ³	32
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงอัตราการเจริญเติบโตของปลานิล	33
รูปที่ 4.6 การชั่งน้ำหนักปลา	34
รูปที่ 4.7 แสดงกราฟอุณหภูมิภายในโรงเรือนภายใน 1 วัน	34
รูปที่ 4.8 พัดลมดูดอากาศ ¹ และแผง Evaporator ²	35
รูปที่ 4.9 แสดงกราฟอุณหภูมิน้ำภายใน 1 วัน	35
รูปที่ 4.10 แสดงกราฟค่า pH ในบ่อปลาภายใน 1 วัน	36
รูปที่ 4.11 ภาพแสดงปริมาณแอมโมเนีย	36
รูปที่ 4.12 ภาพแสดงปริมาณไนไตรท์	36

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันมีประชากรทั่วโลกราว 7,300 ล้านคน และจากการประเมินขององค์การยูเนสโกคาดการณ์ว่า ในปี ค.ศ.2030 ประชากรโลกจะเพิ่มจำนวนเป็น 8,500 ล้านคน ผู้คนเหล่านี้ล้วนต้องการอาหารเพื่อการดำรงชีวิตแต่โลกเรามีพื้นที่จำกัด จึงทำให้มนุษย์ต้องคิดค้นหาวิธีใหม่ๆ ในการผลิตอาหาร หนึ่งในวิธีเหล่านั้นคือการปลูกพืชไร้ดิน ร่วมกับการเลี้ยงปลา หรือเป็นที่รู้จักกันในชื่อ Aquaponics วิธีการดังกล่าวเป็นการทำการเกษตรแบบยั่งยืนและทำลายข้อจำกัดในการปลูกพืชแบบดั้งเดิมเช่น ข้อจำกัดด้านพื้นที่ คุณสมบัติของดินที่ไม่เหมาะสมแก่การทำการเกษตรกรรม การขาดแคลนแร่ธาตุบางชนิดและการขาดปัจจัยที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของพืช การปลูกพืชร่วมกับการเลี้ยงปลานี้ เป็นการใช้ของเสียจากระบบการเลี้ยงปลามาใช้ประโยชน์ในระบบการปลูกพืช ส่งผลให้เราสามารถใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ในปัจจุบันกระแสการปฏิวัติเทคโนโลยีและดิจิทัล ได้ทำลายข้อจำกัดการทำธุรกิจแบบดั้งเดิม ทำให้ผู้ประกอบการที่นำเอานวัตกรรมใหม่ๆ มาใช้เป็นผู้นำด้านการตลาดได้ หนึ่งในหลายๆ เทคโนโลยีข้างต้นคือ อินเทอร์เน็ตในสรรพสิ่ง (Internet of Things) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ยกระดับและเปลี่ยนแปลงการทำงานแบบเดิม ทำให้ผู้คนสะดวกสบายมากขึ้น ใช้เวลาในการทำงานน้อยลง ลดต้นทุนการผลิตและทำงานเป็นระบบมากขึ้น การนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาปรับใช้กับการเกษตรจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสม เพื่อเป็นตอบโจทย์กระแส “การเกษตร 4.0”

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อระบบ Aquaponics และการนำน้ำจากการเลี้ยงปลา มาปรับสภาพให้เหมาะกับการปลูกพืช

1.2.2 นำเทคโนโลยี Internets of Things มาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบสภาพของระบบ Aquaponics เพื่อควบคุมสภาพอากาศ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

- 1.3.1 ศึกษาและสร้างระบบ Aquaponics แบบ flood and drain บนวัสดุปลูก
- 1.3.2 ศึกษาและควบคุมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของพืชและปลา
- 1.3.3 พัฒนาระบบควบคุมและแสดงผลผ่านโทรศัพท์มือถือ

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 สามารถออกแบบระบบปลูกพืชและเลี้ยงปลา (Aquaponics) แบบ flood and drain บนวัสดุปลูกได้
- 1.4.2 สามารถออกแบบระบบการให้อาหาร ระบบการเผื่อระวังความร้อนในโรงเรือนและระบบสั่งการอัตโนมัติพร้อมทั้งแสดงผลผ่านโทรศัพท์มือถือ

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ไฮโดรโปนิคส์ (Hydroponics)

Hydroponics เป็นการปลูกพืชที่ไม่ใช้วัสดุปลูก เรียกเป็นภาษาอังกฤษว่า non-substrate หรือ water culture จะทำการปลูกพืชลงบนสารละลายธาตุอาหารพืช โดยให้รากพืชสัมผัสกับสารอาหารโดยตรง (Water culture) จำเป็นจะต้องควบคุมอุณหภูมิของสารละลายธาตุอาหารพืชให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชให้ดี การปลูกพืชในระบบ Hydroponics เป็นการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารโดยพืชที่ไม่ใช้ดิน แต่พืชก็ยังสามารถเจริญเติบโตได้ในวัสดุปลูกอื่นๆ ที่ไม่ใช่ดิน เช่น ทราย กรวด หิน ด้วยการให้น้ำที่ผสมธาตุอาหาร

2.2 การเพาะเลี้ยงพืชและสัตว์ในน้ำ (Aquaculture)

เป็นการเพาะเลี้ยงพืชและสัตว์ในน้ำ (Aquaculture) หรือที่เรียกว่าเป็นเกษตรกรรมในน้ำ (Aquafarming) ในเวลาเดียวกันคือการทำฟาร์มสิ่งมีชีวิตในน้ำเช่นปลา สัตว์พวกกุ้ง กุ้ง ปู สัตว์จำพวกหอยและปลาหมึก

2.2.1 ปลานิล

ปลานิลสามารถอาศัยอยู่ได้ในน้ำจืดและน้ำกร่อย มีถิ่นกำเนิดเดิมอยู่ที่ทวีปแอฟริกา พบทั่วไปตามหนอง บึง และทะเลสาบในประเทศชูดาน, ยูกันดา และทะเลสาบแทนกันยิกา ปลานิลเข้าสู่ประเทศไทยครั้งแรกโดย สมเด็จพระจักรพรรดิอะกิฮิโตะ เมื่อครั้งดำรงพระอิสริยยศมกุฎราชกุมารแห่งประเทศญี่ปุ่น ซึ่งทรงจัดส่งเข้ามา ทูลเกล้าถวายพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เมื่อวันที่ 25 มีนาคม พ.ศ. 2508 จำนวน 50 ตัว ปลานิลมีคุณลักษณะ พิเศษหลายอย่าง เช่น กินอาหารได้ทุกชนิด เช่น ไรน้ำ, ตะไคร่น้ำ ตัวอ่อนของแมลงและสัตว์น้ำเล็ก ๆ มีขนาดลำตัว ใหญ่มีความยาวประมาณ 10-30 เซนติเมตร แพร่ขยายพันธุ์ง่าย และมีรสชาติดี ในปัจจุบัน ประเทศไทยยังส่งออก ปลานิลไปยังตลาดต่างประเทศทั้งในยุโรป, ตะวันออกกลาง, สหรัฐอเมริกา, ออสเตรเลีย และเอเชีย ในปี พ.ศ. 2551 ประเทศไทยส่งออกปลานิลไปยังสหภาพยุโรปเป็นตลาดอันดับ 1 คิดเป็นปริมาณส่งออก 7,758.98 ตัน รองลงมาคือ ประเทศในกลุ่มตะวันออกกลาง มีปริมาณการส่งออก 5,583.91 ตัน ส่วนตลาดสหรัฐฯอยู่ในลำดับที่ 3 มีปริมาณ 4,786.27 ตัน คิดเป็นสัดส่วนการส่งออกปลานิลไทยไปยังประเทศต่างๆในสหภาพยุโรปมากที่สุดถึงร้อยละ 40 รองลงมาคือ สหรัฐฯร้อยละ 37 ส่วนประเทศในกลุ่มตะวันออกกลางมีสัดส่วนราวร้อยละ 15 ของการ

ส่งออกรวม โดยทำการส่งออกทั้งหลายรูปแบบทั้งปลานิลแช่แข็ง, ปลานิลที่ยังมีชีวิต และการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ

2.2.2 การให้อาหารปลานิล

ปริมาณอาหารที่ให้ในแต่ละวันขึ้นกับขนาดปลา ดังนี้

ปลาขนาด 50-150 กรัม ให้ 7% ของน้ำหนักตัว

ปลาขนาด 150-250 กรัม ให้ 5% ของน้ำหนักตัว

ปลาขนาด 250 กรัม ขึ้นไป ให้ 3.5% ของน้ำหนักตัว

2.2.3 อัตราการแลกเนื้อปลานิล

การทดลองเลี้ยงปลานิลในอัตราความหนาแน่นต่างกันที่มีระบบน้ำไหลเวียนแบบปิดในบ่อซีเมนต์กลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 120 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร โดยมีการให้อากาศและ เครื่องกรองน้ำ ที่ระดับความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ คือ 43, 86 และ 129 ตัว/ลูกบาศก์เมตร อัตราแลกเนื้อเท่ากับ 1.48 ± 0.07 , 1.26 ± 0.11 และ 1.33 ± 0.06 ตามลำดับ อัตรารอดตายเท่ากับ 93.33 ± 5.77 , 93.33 ± 2.89 และ 94.44 ± 1.93 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

*อัตราการแลกเนื้อ = น้ำหนักอาหารที่ให้อาหารที่ให้ (kg) / น้ำหนักปลาที่เพิ่ม (kg)

2.2.4 คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลานิล

- ความเป็น กรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 6.5-8.0
- ปริมาณออกซิเจนในน้ำไม่ต่ำกว่า 4 มิลลิกรัม/ลิตร
- ปริมาณแอมโมเนียไม่มากกว่า 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร
- ความเป็นด่างไม่ต่ำกว่า 50 มิลลิกรัม/ลิตร

อัตราความหนาแน่นในการเลี้ยงปลาในกระชัง 30-50 ตัว/ล.บ.ม.

2.3 Aquaponics

Aquaponics เกิดจากการผลิตพืชและสัตว์ระบบ 2 ระบบที่มารวมกัน ระบบหนึ่งคือการเลี้ยงปลาในระบบน้ำหมุนเวียน (Recirculating Aquaculture System) รวมกับอีกระบบหนึ่งคือการปลูกพืชในสารละลาย (Hydroponics) เกิดเป็นระบบใหม่ เรียกว่า Aquaponics ทั้ง 2 ระบบนี้มีความเกี่ยวข้องกันโดยสารประกอบแอมโมเนียที่มีความเป็นพิษต่อปลาสูงที่ละลายในน้ำเสียจากการเลี้ยงปลา เมื่อรวมกับออกซิเจนในน้ำจะถูกใช้ในกระบวนการ Mineralization โดยแบคทีเรียในกลุ่ม Nitrifying bacteria ได้สารประกอบสุดท้ายคือไนเตรทซึ่งพืชสามารถดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นเพื่อใช้แร่ธาตุที่เกิดขึ้นให้เป็นประโยชน์จึงนำระบบการปลูกพืชโดยใช้น้ำจากการเลี้ยงปลามาเพิ่มเข้าไปเพื่อให้พืชดูดซับแร่ธาตุเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ โดยที่ไม่ต้องเติมปุ๋ยผสมใด ๆ ลงไปในระบบอีก ยกเว้นอาหารปลาแต่เพียงอย่างเดียว Aquaponics แบ่งออกเป็นแบบหลักๆ ได้ดังนี้ คือ Aquaponics แบบลอยหรือแบบรากแช่ลึก Aquaponics แบบรากแช่ตื้น และ Aquaponics แบบวัสดุปลูก ระบบ Aquaponics แบบวัสดุปลูกต้องมีวัสดุที่เหมาะสมในการยึดเกาะของราก

2.3.1 ประโยชน์ของการผลิตในระบบ Aquaponics

วิธีการผลิตแบบ Aquaponics ทำให้ได้ผลผลิตทั้งโปรตีนจากปลาและผลิตผลจากพืช สามารถใช้เลี้ยงปลาและปลูกพืชได้หลายชนิด ทั้งนี้ขึ้นกับความยากง่ายของการเลี้ยงปลาและพืชแต่ละชนิด ระบบ Aquaponics เป็นวิธีการผลิตที่ง่าย สามารถนำเทคนิคการปลูกพืชไร้ดินกับการเลี้ยงปลาในน้ำหมุนเวียนซึ่งได้พัฒนาและใช้งานมานานแล้วมาใช้ได้เลย สามารถใช้ในการเลี้ยงปลาสวยงามและปลาที่ใช้บริโภค ผลิตพืชตั้งแต่ผัก ผลไม้ ไม้ดอก ไม้ประดับ ไม้เลื้อย จนถึงพืชยืนต้น แต่ส่วนมากนิยม ปลูกพวกพืชผัก ไม้ผลที่เป็นพืชที่เก็บเกี่ยวช่วงอายุสั้น การผลิตในระบบนี้ สามารถใช้ได้ในทุกสถานที่โดยไม่มีข้อจำกัดเรื่อง ภูมิประเทศ น้ำและปริมาณน้ำ เหมาะสมกับผู้ผลิตที่มีพื้นที่ปลูกน้อย สามารถผลิตได้ในชุมชนเมืองที่แออัดคับแคบสามารถปลูกแบบเล็ก ๆ หรือปลูกเป็นงานอดิเรก หรือชุมชนที่อยู่ห่างไกลจากแหล่งน้ำเพราะใช้น้ำน้อย ระบบนี้จึงเป็นการผลิตที่ไม่กระทบต่อสิ่งแวดล้อม เป็นการเกษตรแบบออร์แกนิกส์เพราะไม่มีการใช้สารเคมี และไม่ใช้ดิน ทำให้เป็นผลดีต่อสุขภาพของผู้ผลิตและผู้บริโภค พืชที่ได้มีความสะอาดสวยงามกว่าการปลูกในดิน และยังสามารถปลูกเป็นไม้ประดับ ให้ความเจริญตา ให้ความสุขแก่ผู้ปลูกและผู้พบเห็น แต่สำหรับการปลูกเชิงการค้านั้นก็ต้องมีเทคนิคต่างๆ ในการจัดการให้รัดกุมมากยิ่งขึ้น

2.3.2 วัสดุที่เหมาะสมต่อการใช้งานในระบบ Flood and Drain

วัสดุที่เหมาะสมต่อการใช้งานต้องสลายตัวช้า มีรูพรุน ทำความสะอาดง่ายและระบายน้ำได้ดี วัสดุที่นิยมใช้ได้แก่ กรวด ทราบ เม็ดดินเหนียว กรวดเป็นที่นิยมใช้เพราะหาใช้ได้ง่ายแต่มีข้อเสีย มีน้ำหนักมากเสีย ค่าใช้จ่ายสูง และทำความสะอาดยาก

2.3.3 ความสำเร็จของระบบ

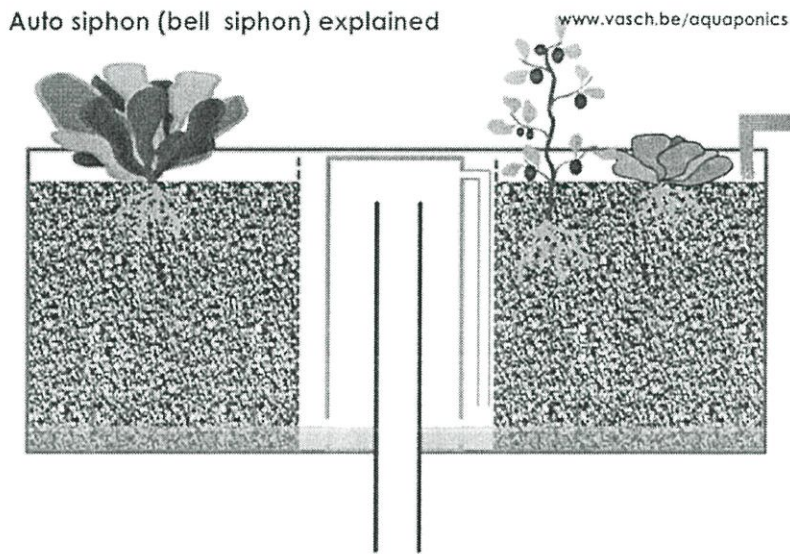
ปัจจัยหลักที่ทำให้ระบบ Aquaponics ประสบความสำเร็จคือ การใช้ประโยชน์จากแบคทีเรียเพื่อเปลี่ยนของเสียจากปลาให้เป็นแร่ธาตุที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ มากกว่า 50 % ของของเสียที่ผลิตโดยปลาอยู่ในรูปของแอมโมเนียที่ขับผ่านเหงือกและของเสียที่เป็นของเหลว ของเสียที่เหลือถูกขับออกมาในรูปที่เป็นของแข็งภายใต้กระบวนการที่เรียกว่าการย่อยสลาย (mineralization) เกิดขึ้นเมื่อแบคทีเรียในกลุ่ม heterotrophic ใช้ของเสีย และอาหารเหลือ เปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนีย (ammonia) และสารประกอบรูปอื่น ๆ ความเข้มข้นของแอมโมเนียที่ระดับหนึ่งจะเป็นพิษต่อปลาและพืชแบคทีเรียประเภท Nitrifying bacteria ตามธรรมชาติที่พบอาศัยในดิน น้ำ และในอากาศ สามารถแรกจะเปลี่ยนแอมโมเนียไปเป็นไนไตรท์ และต่อมาไปเป็นไนเตรท ซึ่งเป็นธาตุที่อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ในระบบ Aquaponics Nitrifying bacteria จะเจริญเติบโตได้ดีโดยอาศัยยึดเกาะตามพื้นผิวของวัสดุที่มีพื้นผิวเยอะๆเรียกว่า bio filter และแบคทีเรียที่เกาะเป็นฟิล์มบางๆ ตามผิวของวัสดุ ดังนั้นวัสดุพวกกรวด ทราบ วัสดุเกาะและผิวของถังเลี้ยงปลาหรือวัสดุที่ใช้ในระบบการปลูกพืช พืชสามารถดูดซับไนเตรทที่ละลายอยู่ในน้ำได้โดยง่าย และเมื่อพืชดูดแร่ธาตุอาหารออกไปแล้วจะช่วยทำให้คุณภาพของน้ำดีขึ้นและมีคุณภาพเหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาอีกครั้งหนึ่ง

2.4 ระบบ Flood and Drain (น้ำขึ้นน้ำลง)

หลักการทำงาน คือ เมื่อน้ำขึ้นรากพืชจะได้รับสารอาหารและเมื่อน้ำลงรากของพืชก็จะได้รับอากาศโดยใช้ปั้มน้ำในการปั้มน้ำเพื่อให้ระดับน้ำสูงขึ้นและใช้ Bell Siphon ในการให้น้ำลดระดับลง

2.4.1 Bell Siphon Theory

Bell Siphon ประกอบด้วยหลายองค์ประกอบ เริ่มด้วยท่อตั้งปลายเปิด ซึ่งเป็นตัวกำหนดระดับน้ำสูงสุดของแปลงปลูก Aquaponics ครอบด้วยท่อขนาดใหญ่กว่า และมีท่อระบายน้ำยื่นออกมาจากด้านบนลงด้านล่าง เพื่อดูน้ำไปยังถังพักน้ำหากระดับน้ำสูงเพิ่มขึ้นเลยท่อด้านใน น้ำจะล้นลงไปใต้น้ำ ไหลผ่านท่อระบายน้ำไปยังถัง โดยท่อครอบ (ท่อรูปประฆัง) ต้องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสองเท่าของท่อด้านในและมีความยาวกว่าขาท่อครอบเล็กน้อย ควรทำรอยบาก หรือเจาะเล็กน้อยที่ด้านล่างของท่อครอบ



รูปที่ 2.1 Bell Siphon

หลักการทำงานของ Bell Siphon

1. เมื่อระดับน้ำเพิ่มขึ้นถึงจุดที่กำหนดไว้ น้ำจะถูกดูดลงไปในท่อผ่านรอยบากที่ทำไว้ของท่อครอบและขาของท่อครอบ
2. เมื่อระดับน้ำลดลงเลยความสูงของขาท่อครอบ น้ำจะหยุดดูดและน้ำจะเริ่มเพิ่มขึ้นอีกครั้ง
3. น้ำส่วนมากในแปลงปลูกจะระบายโดยท่อครอบจนลดลงถึงระดับที่ปากท่อไว้
4. อากาศจะเข้าทางขาท่อครอบทำให้การดูดของน้ำหยุดการทำงาน เริ่มการเติมน้ำอีกครั้ง และจะวนแบบนี้

2.5 การปรับค่า pH

ในการปลูกพืชในระบบ hydroponics นั้น การควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารละลายในระบบ ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม เป็นสิ่งจำเป็นไม่น้อยไปกว่าการใส่ธาตุอาหารให้กับพืช หากไม่สามารถรักษาระดับความเป็นกรด-ด่างให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมกับการปลูกพืชไว้ได้ จะทำให้พืชไม่สามารถดูดซึมธาตุอาหารที่มีในระบบ ไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ ค่า pH ของสารละลายโดยทั่วไปควรอยู่ในช่วง 5.8 - 6.8 หรือให้ดีที่สุดอยู่ในช่วง 5.8 - 6.2 ซึ่งเป็นช่วงที่พืชสามารถดูดใช้ธาตุอาหารทุกตัวได้ดี แต่หากค่า pH ของสารละลายต่ำกว่า 4 จะเป็นอันตรายต่อรากพืช ในทางตรงข้ามถ้า pH สูงกว่า 7 ติดต่อกันนาน 2 - 3 วัน จะทำให้การดูดใช้ ฟอสฟอรัส เหล็ก และแมงกานีส ผิดปกติ เนื่องจากธาตุอาหารดังกล่าวจะตกตะกอนในสภาวะที่น้ำมีค่า pH เกินกว่า 7 ขึ้นไป ทำให้พืชขาดธาตุอาหารดังกล่าวจนแสดงอาการออกมาได้ โดยปกติเมื่อปลูกพืชในระบบ hydroponics ค่า pH ของสารละลายจะสูงขึ้นเรื่อยๆ ยิ่งพืชโตขึ้นมากเท่าใด ค่า pH จะยิ่งสูงขึ้นตาม ทั้งนี้เพราะ ในการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (vegetative growth) พืชจะมีการดูดใช้ ไนเตรทไอออน (NO_3^-) เป็นส่วนใหญ่ (ดูดใช้ประจุลบมากกว่าบวก) จึงมีการปล่อยอนุมูลไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) ออกมาในปริมาณเท่ากัน ทำให้ pH ของสารละลายเพิ่มขึ้น ในการปลูกพืชในระบบ hydroponics จึงต้องวัดค่า pH สม่าเสมอและปรับค่าให้เหมาะสมตามช่วงการเจริญเติบโตของพืช

2.6 Microcontroller

Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัว บอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย

จุดเด่นที่ทำให้บอร์ด Arduino เป็นที่นิยม

- 1) ง่ายต่อการพัฒนา มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐาน ไม่ซับซ้อนเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น
- 2) มี Arduino Community กลุ่มคนที่ร่วมกันพัฒนาที่แข็งแกร่ง
- 3) Open Hardware ทำให้ผู้ใช้สามารถนำบอร์ดไปต่อยอดใช้งานได้หลายด้าน
- 4) ราคาถูก

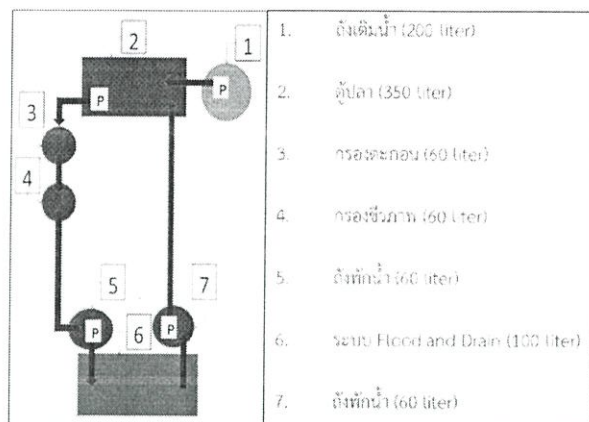
3.1 โครงสร้างของระบบ

โครงสร้างของระบบแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ระบบ Aquaponics และระบบตรวจวัดและควบคุมผ่าน Application บน Smart Phone โดยการทำงานในด้านการปรับสภาพสภาวะอากาศภายในโรงเรือน จะเริ่มที่การรับข้อมูลของระบบรับข้อมูล ส่งสัญญาณไปที่ระบบประมวลผล จากนั้นจะทำการเก็บข้อมูลลง SD Card ของระบบเก็บข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป พร้อมส่งไปแสดงผลที่โทรศัพท์มือถือผ่าน Cloud Server ของ Blink ขณะเดียวกันหากข้อมูลรับจาก Sensor ตรงกับเงื่อนไขการทำงานของ Algorithm ที่โปรแกรมไว้ ก็จะส่งสัญญาณให้ระบบปฏิบัติการทำงาน ในขณะเดียวกัน เราสามารถส่งคำสั่งผ่านโทรศัพท์มือถือเพื่อให้ระบบปฏิบัติการทำงานได้อย่างอิสระเช่นกัน

ในส่วนของการให้น้ำและอาหารกับพืช จะทำงานผ่านระบบปลูกพืชแบบ Flood and Drain หรือระบบน้ำขึ้นน้ำลงจะอาศัยหลักการกาลักน้ำ หรือ siphon ในการทำงานโดยปลายด้านที่อยู่ต่ำกว่า น้ำภายในจะถูกดึงด้วยความโน้มถ่วงของตัวเอง น้ำจึงไหลลงในภาชนะที่ต่ำกว่า จากนั้นจะเกิดสุญญากาศขึ้นในสายยาง ทำให้เกิดความไม่สมดุลแรงดันขึ้น เพราะอากาศด้านบนที่อยู่เหนือภาชนะที่อยู่เหนือกว่าจึงดันน้ำเข้าไปในสายยางเพื่อทดแทนน้ำที่สูญหายไป ปัจจัยที่มีผลต่อการถ่ายเทน้ำคือ ความโน้มถ่วงและแรงดันอากาศ

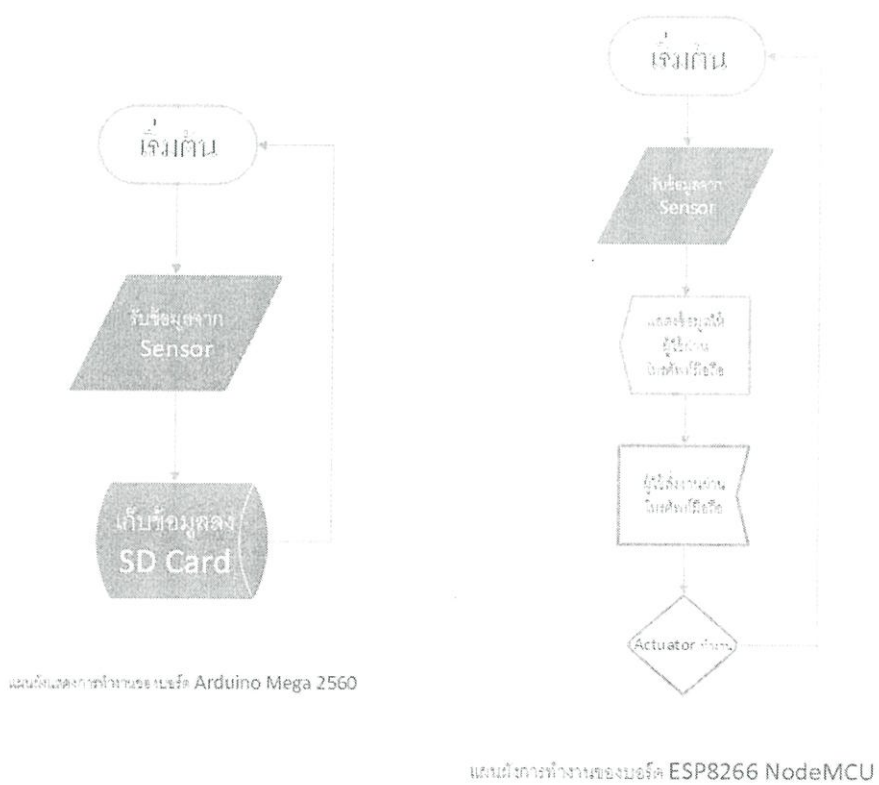
3.1.1 ระบบ Aquaponics

ระบบ Aquaponics มีอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างคือ 1. ตู้ปลา 2. ปั้มน้ำ 3. ปั้มน้ำอากาศ 4. วัสดุกรอง 5. ถังพักน้ำ 6. ถังเติมน้ำเปล่า 7. หินลาวา 8. U Bell siphon 9. เครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติ 10. ท่อ PVC ขนาด 6 หุน, ข้อต่อ, ข้องอ โดยจะทำการดูดน้ำโดยปั้มน้ำจากตู้ปลาไปถังกรองและมาที่ถังพักเพื่อเก็บค่าน้ำและปั้มน้ำจะดูดน้ำจากถังพักไปยังแปลงผักโดยจะให้น้ำแบบ Flood and Drain (น้ำขึ้นน้ำลง) และน้ำจากแปลงผักจะไหลลงมาที่ถังพักเพื่อเก็บค่าน้ำก่อนจะใช้ปั้มน้ำดูดน้ำเข้าตู้ปลาโดยถ้าระดับน้ำต่ำเกินไปจะเติมน้ำจากถังกำจัดคลอรีน โดยระบบจะใช้เซ็นเซอร์ควบคุมปั้มน้ำ ตรวจวัดและควบคุมระดับน้ำ



รูปที่ 3.1 โครงสร้างระบบ Aquaponics

3.1.2 ระบบตรวจวัดและควบคุมผ่าน Application บน Smart Phone

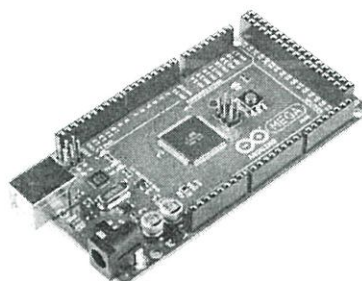


รูปที่ 3.2 แผนผังระบบตรวจวัดและควบคุมผ่าน Application บน Smart Phone

3.2 การทำงานของระบบควบคุม

3.2.1 อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

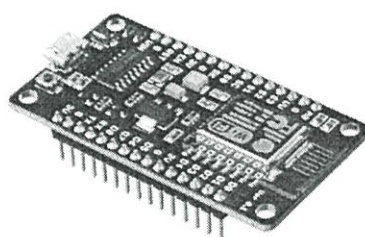
Arduino Mega 2560



รูปที่ 3.3 Arduino Mega 2560

เป็นบอร์ดรุ่นใหญ่ในของตระกูล Arduino มีคุณสมบัติต่างๆ เพิ่มขึ้นจาก Arduino Uno R3 ใช้ชิพ ATmega2560 ที่มีหน่วยความจำแฟลช 256 KB แรม 8 KB ใช้ไฟเลี้ยง 7 ถึง 12 V แรงดันของระบบอยู่ที่ 5 V มี Digital Input / Output มากถึง 54 ขา (เป็น PWM ได้ 14 ขา) มี Analog Input 16 ขา Serial UART 4 ชุด I2C 1 ชุด SPI 1 ชุด เขียนโปรแกรมบน Arduino IDE และโปรแกรมผ่าน USB

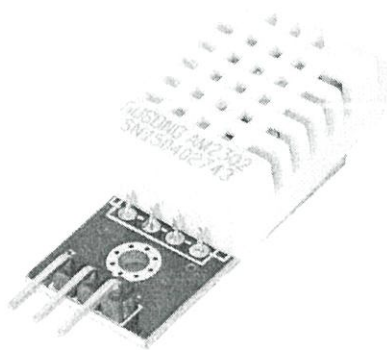
ESP8266 NodeMCU



รูปที่ 3.4 ESP8266 Node MCU

Node MCU เป็น แพลตฟอร์มหนึ่งที่ใช้ช่วยในการสร้างโปรเจค Internet of Things (IoT) ที่ประกอบไปด้วย Development Kit (ตัวบอร์ด) และ Firmware (Software บนบอร์ด) ที่เป็น open source สามารถเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Lua ได้ ทำให้ใช้งานได้ง่ายขึ้น มาพร้อมกับโมดูล WiFi (ESP8266) ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญในการใช้เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตนั่นเอง ตัวโมดูล ESP8266 นั้นมีอยู่ด้วยกันหลายรุ่นมาก ตั้งแต่เวอร์ชันแรกที่เป็น ESP-01 ไล่ไปเรื่อยๆจนปัจจุบันมีถึง ESP-12 แล้ว และที่ฝังอยู่ใน Node MCU version แรกนั้นก็จะเป็น ESP-12 แต่ใน version 2 นั้นจะใช้เป็น ESP-12E แทน ซึ่งการใช้งานโดยรวมก็ไม่แตกต่างกันมากนัก Node MCU นั้นมีลักษณะคล้ายกับ Arduino ตรงที่มีพอร์ต Input Output build in มาในตัว สามารถเขียนโปรแกรมคอนโทรลอุปกรณ์ I/O ได้โดยไม่ต้องผ่านอุปกรณ์อื่นๆ และเมื่อไม่นานมานี้ก็มีนักพัฒนาที่สามารถทำให้ Arduino IDE ใช้งานร่วมกับ Node MCU ได้ จึงทำให้ใช้ภาษา C/C++ ในการเขียนโปรแกรมได้ ทำให้เราสามารถใช้งานมันได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะเรื่องที่เกี่ยวข้องกับ IoT ไม่ว่าจะเป็นการทำ Web Server ขนาดเล็ก การควบคุมการเปิดปิดไฟผ่าน WiFi และอื่นๆอีกมากมาย

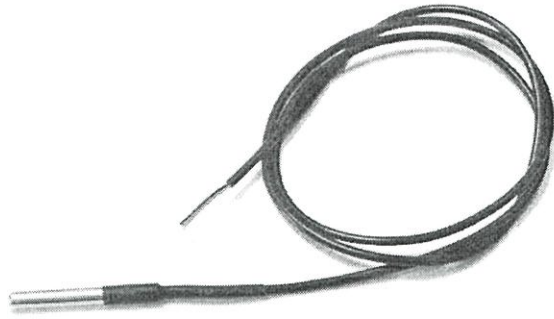
DHT22 Digital Temperature and Humidity Sensor



รูปที่ 3.5 DHT22 Digital Temperature and Humidity Sensor

DHT22 Digital Temperature and Humidity Sensor เป็นโมดูลวัดอุณหภูมิ (Temperature) และความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity) โดยใช้ชิพ DHT22 ให้ Output ออกมาเป็นแบบ Digital Output ใช้ไฟ DC ขนาด 3.3 – 6 โวลต์ สามารถต่อกับบอร์ด Arduino ใช้งานได้ทันที

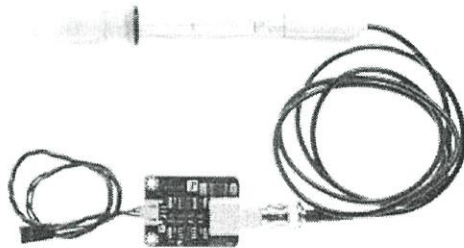
Temperature Sensor - Waterproof (DS18B20)



รูปที่ 3.6 Temperature Sensor - Waterproof (DS18B20)

Temperature Sensor - Waterproof (DS18B20) เป็นหัววัดอุณหภูมิโดยใช้ Chip DS18B20 ที่ทำหุ้มเซ็นเซอร์ให้กันน้ำด้วย มีช่วงการวัดอยู่ที่ -55°C to $+125^{\circ}\text{C}$ ใช้งานติดต่อผ่านทาง 1 Wire interface

Analog pH Meter Kit

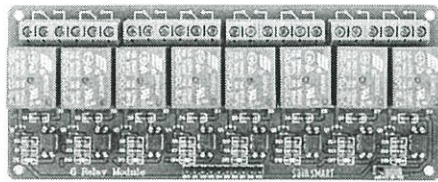


รูปที่ 3.7 Analog pH Meter Kit

ชุดคิตตรวจวัดค่า pH (ความเป็นกรด-เบส) ในน้ำ ในชุดประกอบด้วยหัวโพรบเซ็นเซอร์ตรวจวัดและวงจรอินเตอร์เฟสสำหรับเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ เอาต์พุตเป็นอนาล็อก ใช้ไฟเลี้ยง 5 โวลต์, ชุดคิตใช้จุ่มเพื่อตรวจวัดเป็นระยะเวลาสั้นๆ ไม่เหมาะกับแช่ต่อเนื่อง อุณหภูมิเหมาะสมที่ 25 องศาเซลเซียส, ตรวจสอบค่า pH ได้ตั้งแต่ 0 ถึง 14 โดยช่วงที่เหมาะสมกับการใช้งานอยู่ในช่วง pH ประมาณ 6 ถึง 8 โดยอุณหภูมิและค่า pH ที่สูง

หรือต่ำเกินไป และความขุ่นของน้ำมีผลต่ออายุการใช้งานของเซนเซอร์ หากใช้ในน้ำขุ่น เป็นกรดมาก หรือเป็นเบส มาก อุณหภูมิสูง อายุการใช้งานของเซนเซอร์จะสั้นลง

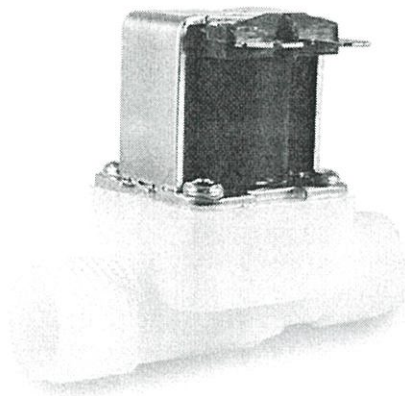
8 Channels Relay Module (5V)



รูปที่ 3.8 8 Channels Relay Module (5V)

บอร์ดรีเลย์ขนาด 8 ช่อง มีเอาต์พุตคอนเน็คเตอร์ที่รีเลย์เป็น NO/COM/NC สามารถใช้กับโหลดได้ทั้ง แรงดันไฟฟ้า DC และ AC โดยใช้สัญญาณในการควบคุมการทำงานด้วยสัญญาณลอจิก TTL (5V)

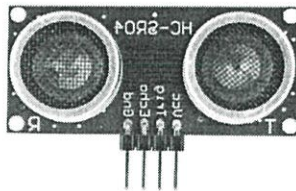
Plastic Solenoid Water Drain Valve (DC 12V)



รูปที่ 3.9 Plastic Solenoid Water Drain Valve (DC 12V)

Plastic Solenoid Water Drain Valve 12V เป็นวาล์วน้ำอิเล็กทรอนิกส์สำหรับควบคุมการเปิด-ปิดน้ำ หรือควบคุมการไหลของของเหลว เหมาะสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในการรดน้ำอัตโนมัติ หรือประยุกต์เกี่ยวกับงาน อื่นๆที่เกี่ยวข้อง โดยในชุดอุปกรณ์จะประกอบไปด้วยท่อขนาด 1/2 นิ้ว และ solenoid motor (ZE-4F180) ขนาด 12 โวลต์ สำหรับเปิด-ปิดการทำงาน (เมื่อจ่ายไฟ กระแสตรงขนาด 12 โวลต์เข้าไป solenoid motor จะทำงาน แต่ถ้าไม่จ่ายไฟ solenoid motor ไม่ทำงาน) สามารถใช้งานกับของเหลวแรงดันตั้งแต่ 0.02 – 0.8 Mpa

Ultrasonic Sensor Module HC-SR04



รูปที่ 3.10 Ultrasonic Sensor Module HC-SR04

โมดูลตรวจวัดระยะทางโดยใช้อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ โมดูลอัลตราโซนิกนี้เป็นอุปกรณ์ใช้วัดระยะทางโดยไม่ต้องมีการสัมผัสกับตำแหน่งที่ต้องการวัด วัดได้ตั้งแต่ 2 cm ถึง 400 cm โดยส่งสัญญาณอัลตราโซนิกความถี่ 40 kHz ไปที่วัตถุที่ต้องการวัดและรับสัญญาณที่สะท้อนกลับมา พร้อมทั้งจับเวลาเพื่อนำมาใช้ในการคำนวณระยะทาง

3.2.2 ซอฟต์แวร์ที่ใช้พัฒนาระบบ

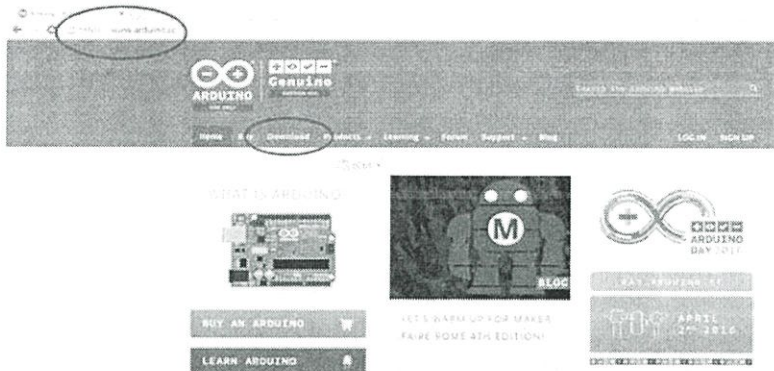
Arduino IDE 1.6.7



รูปที่ 3.11 Program Arduino IDE

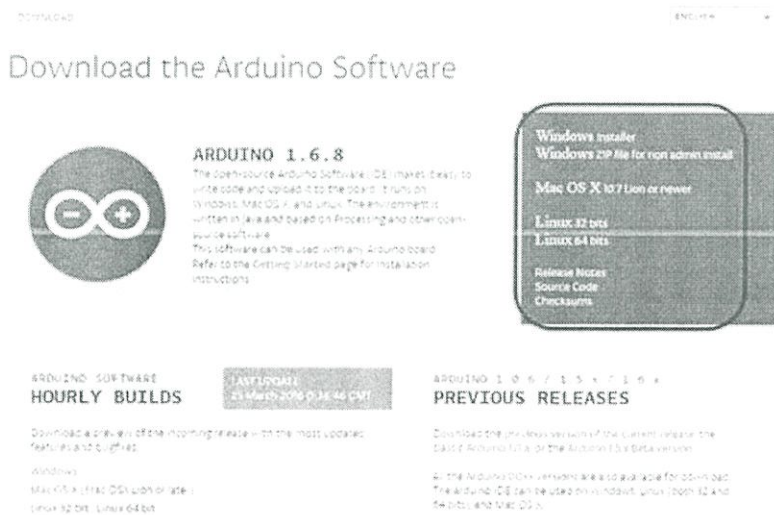
ขั้นตอนติดตั้ง Arduino IDE

1. ดาวน์โหลด Arduino IDE โดยไปที่ <https://www.arduino.cc> และไปที่ click ที่ Download



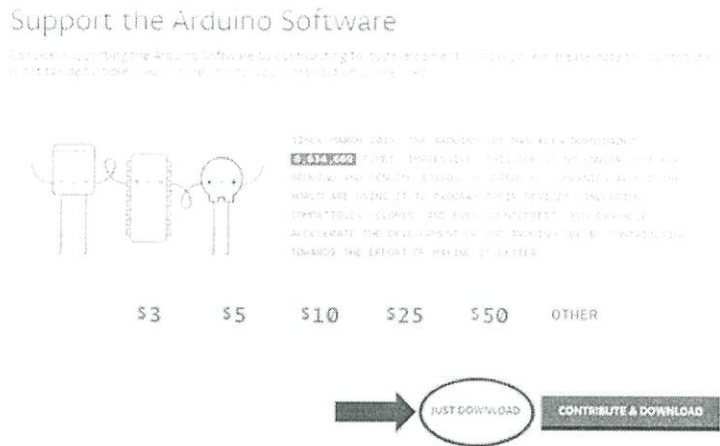
รูปที่ 3.12 การติดตั้ง Arduino IDE¹

2. เลือกระบบปฏิบัติการของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม Arduino



รูปที่ 3.12 การติดตั้ง Arduino IDE²

3. กด JUST DOWNLOAD (หากต้องการร่วมบริจาคช่วยการพัฒนา Arduino Software สามารถกด CONTRIBUTE & DOWNLOAD)



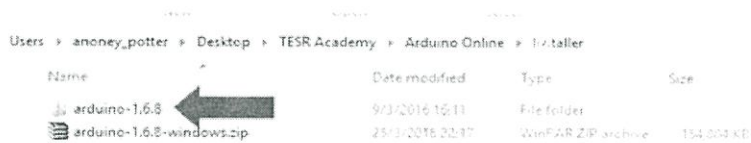
รูปที่ 3.12 การติดตั้ง Arduino IDE³

4. บันทึกไฟล์ติดตั้งโปรแกรมไปยังโฟลเดอร์ที่ต้องการ



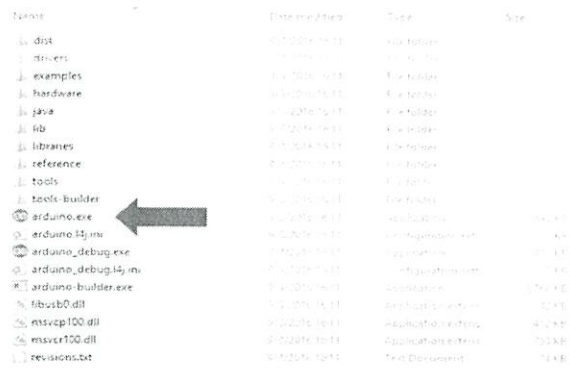
รูปที่ 3.12 การติดตั้ง Arduino IDE⁴

5. Unzip ไฟล์ติดตั้ง



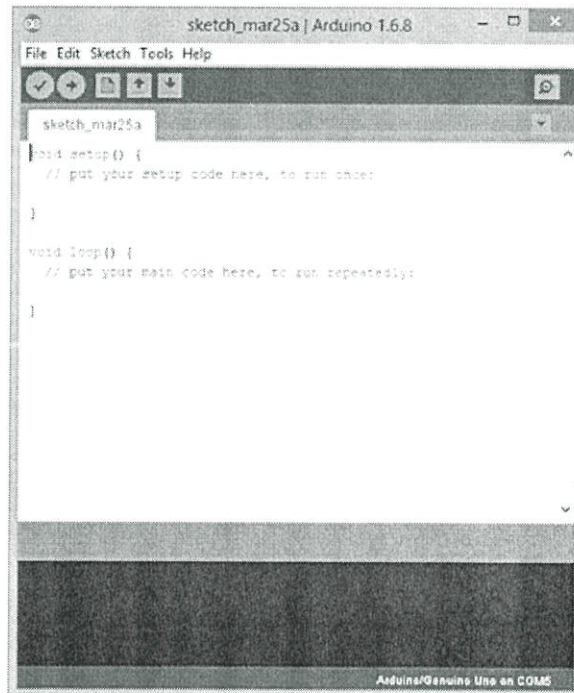
รูปที่ 3.12 การติดตั้ง Arduino IDE⁵

6. ดับเบิลคลิกที่ไฟล์ `arduino.exe`



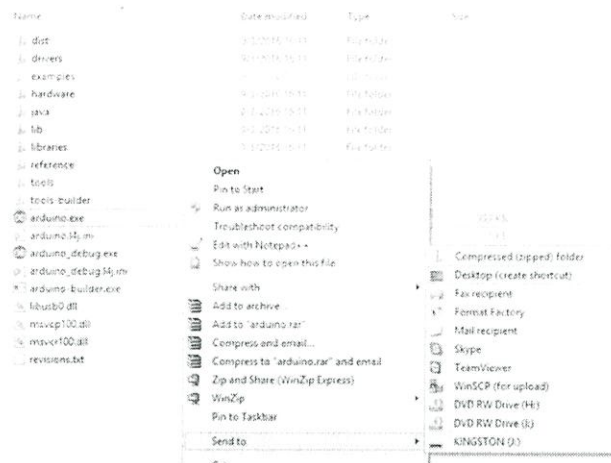
รูปที่ 3.12 การติดตั้ง Arduino IDE⁶

7. หน้าต่างโปรแกรม Arduino จะปรากฏขึ้นดังรูป



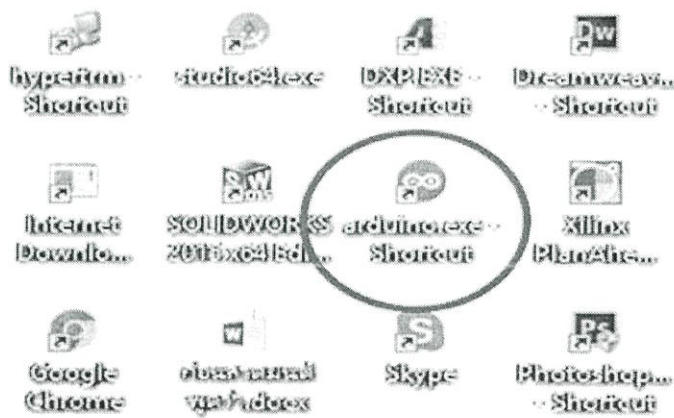
รูปที่ 3.12 การติดตั้ง Arduino IDE⁷

8. สร้าง Shortcut บน Desktop เพื่อความสะดวกในการเปิดโปรแกรมในครั้งต่อไป



รูปที่ 3.12 การติดตั้ง Arduino IDE⁸

9. จะปรากฏไอคอนของโปรแกรม Arduino บน Desktop ดังแสดงในรูป



รูปที่ 3.12 การติดตั้ง Arduino IDE⁹

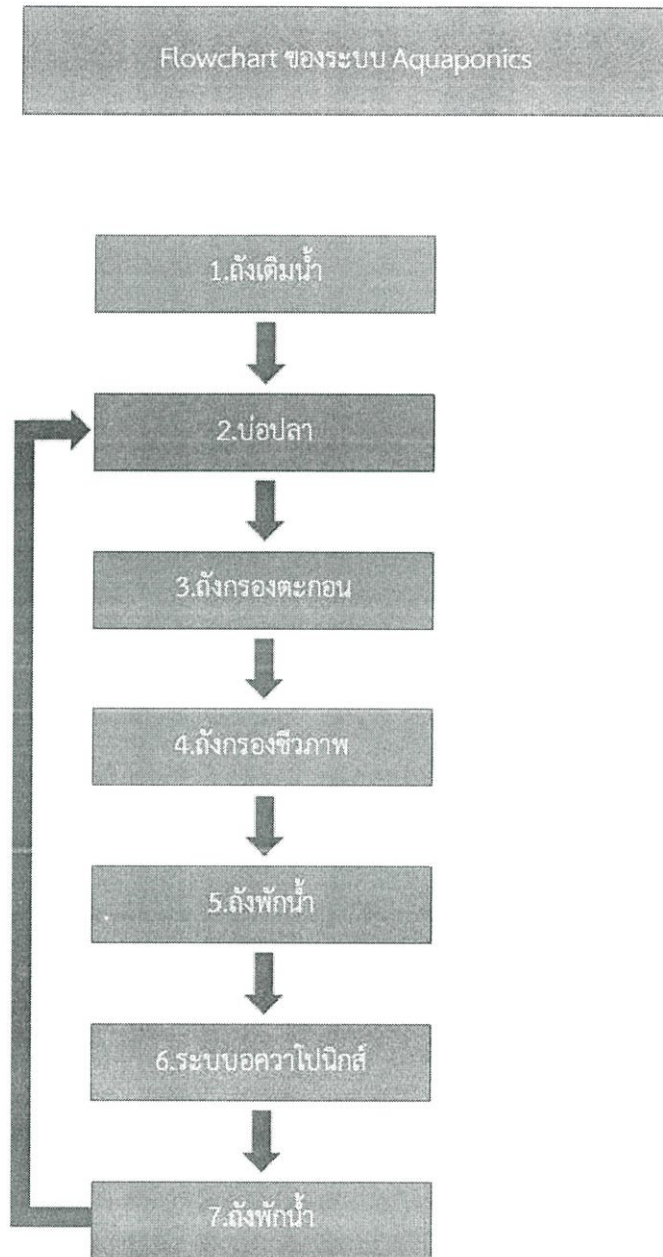
การติดตั้ง Blynk Application



รูปที่ 3.13 แอปพลิเคชัน Blynk

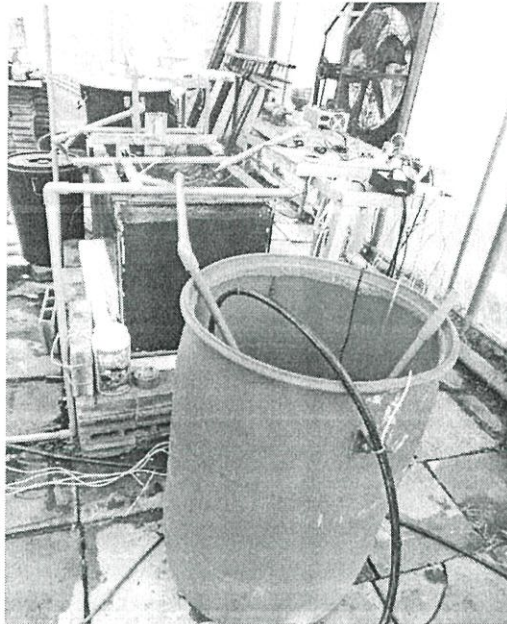
1. เข้า Play store หรือ App store และพิมพ์ Blynk และกดค้นหา
2. กดติดตั้งแอปพลิเคชัน

แผนผังการทำงานของระบบ



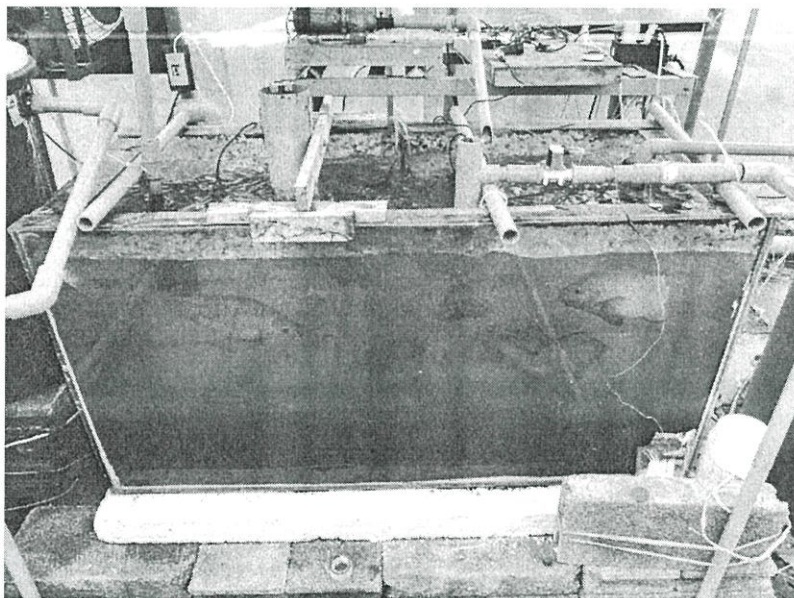
รูปที่ 3.14 แผนผังแสดงการทำงานของระบบ Aquaponics

1. ถังเติมน้ำขนาด 200 ลิตร มีหน้าที่เติมน้ำโดยใช้ปั้มน้ำในกรณีที่น้ำในระบบลดลงและมีปั้มลมเพื่อกำจัดคลอรีนในน้ำปะปา



รูปที่ 3.15 ถังเติมน้ำขนาด 200 ลิตร

2. ตู้ปลาขนาด 350 ลิตร เลี้ยงปลานิลจำนวน 12 ตัว

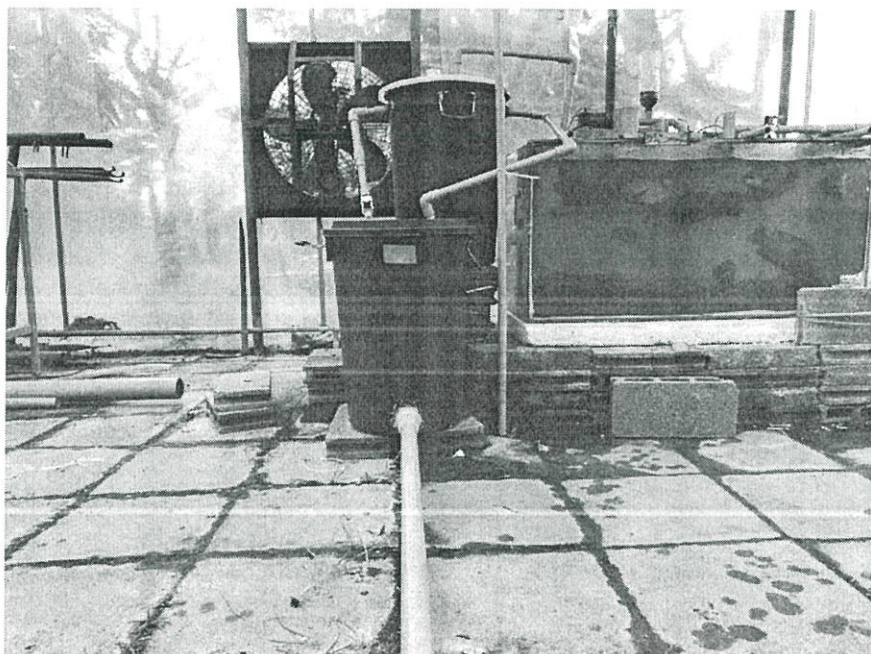


รูปที่ 3.16 ตู้ปลาขนาด 350 ลิตร

3. กรองตะกอน มีหน้าที่กรองตะกอนที่เกิดจากของเสียที่ปลาปล่อยออกมา และเศษอาหารที่ปลากินไม่หมดในแต่ละวัน

4. กรองชีวภาพ มีหน้าที่กรองตะกอนที่เหลือจากกรองตะกอน เป็นแหล่งอาศัยของแบคทีเรียจำพวก Nitrifying bacteria ซึ่งมีคุณสมบัติคือ เปลี่ยนแอมโมเนีย (NH_3) จากขี้ปลา แอมโมเนียม (NH_4) จากอาหารที่ให้แก่ปลา ซึ่งทั้งแอมโมเนียและแอมโมเนียมหากมีปริมาณที่มากเกินไปจะเป็นอันตรายต่อปลา ทำให้ปลาตายหรือเจริญเติบโตช้า

- media และหินลาวา เป็นแหล่งที่อยู่ของแบคทีเรีย ควรเลือกใช้วัสดุที่มีความพรุน พื้นที่ผิวมาก เพื่อให้แบคทีเรียสามารถเกาะและแพร่พันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว



รูปที่ 3.17 กรองชีวภาพ

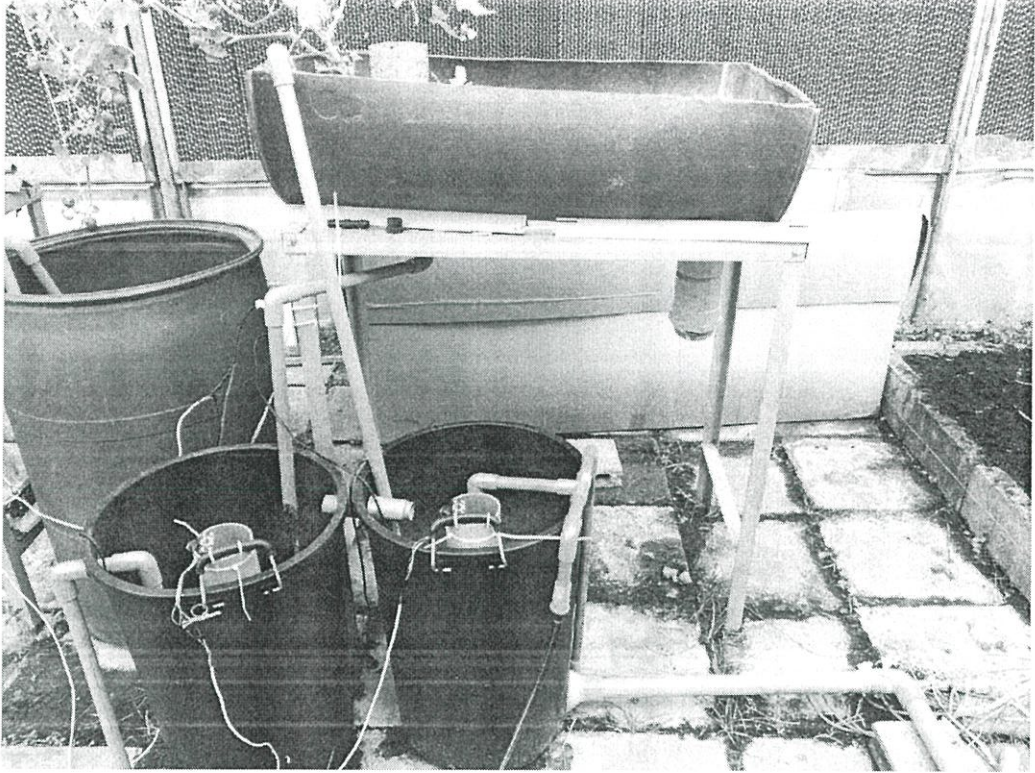
5. ถังพักน้ำ มีหน้าที่เก็บน้ำก่อนจะเข้าแปลงผัก

6. ระบบ Flood and Drain หรือเรียกได้อีกอย่างว่าระบบน้ำขึ้นน้ำลงมีหลักการทำงานคือ ปล่อยให้ น้ำขึ้นมาถึงระดับที่กำหนดไว้และให้น้ำลงไปจนหมด ทำสลับกันไปเรื่อยๆ เวล่าน้ำขึ้นรากพืชจะดูดซึมสารอาหารโดยมีน้ำเป็นตัวกลาง ในตอนที่น้ำลงรากพืชจะได้รับออกซิเจนเพื่อให้หายใจ

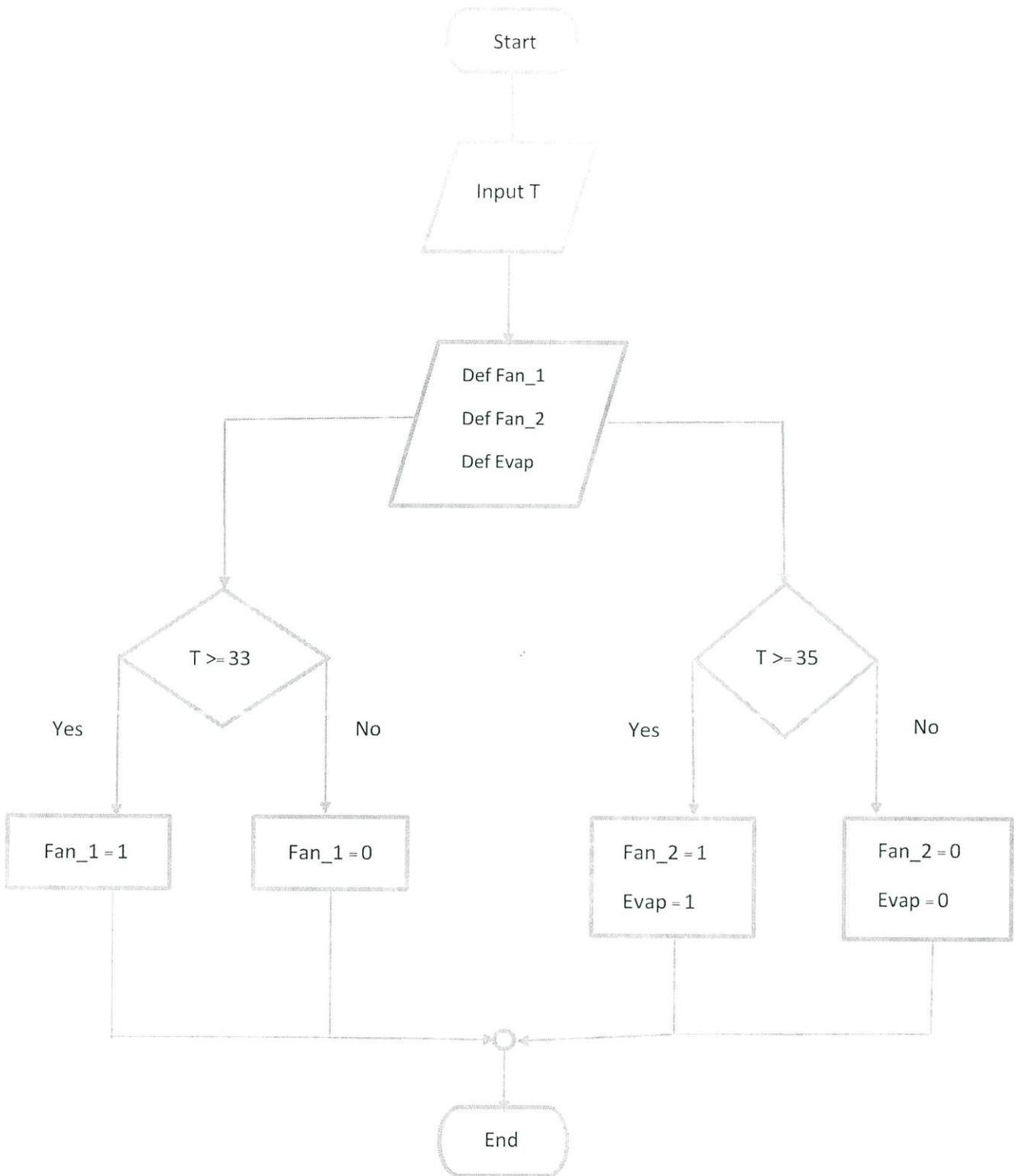
วัสดุปลูก ใช้หินลาวาเพราะมีน้ำหนักเบา

U bell siphon เป็นตัวกำหนดระดับความสูงของน้ำในระบบ พอน้ำขึ้นถึงจุดที่กำหนดไว้ น้ำจะถูกดูดออก

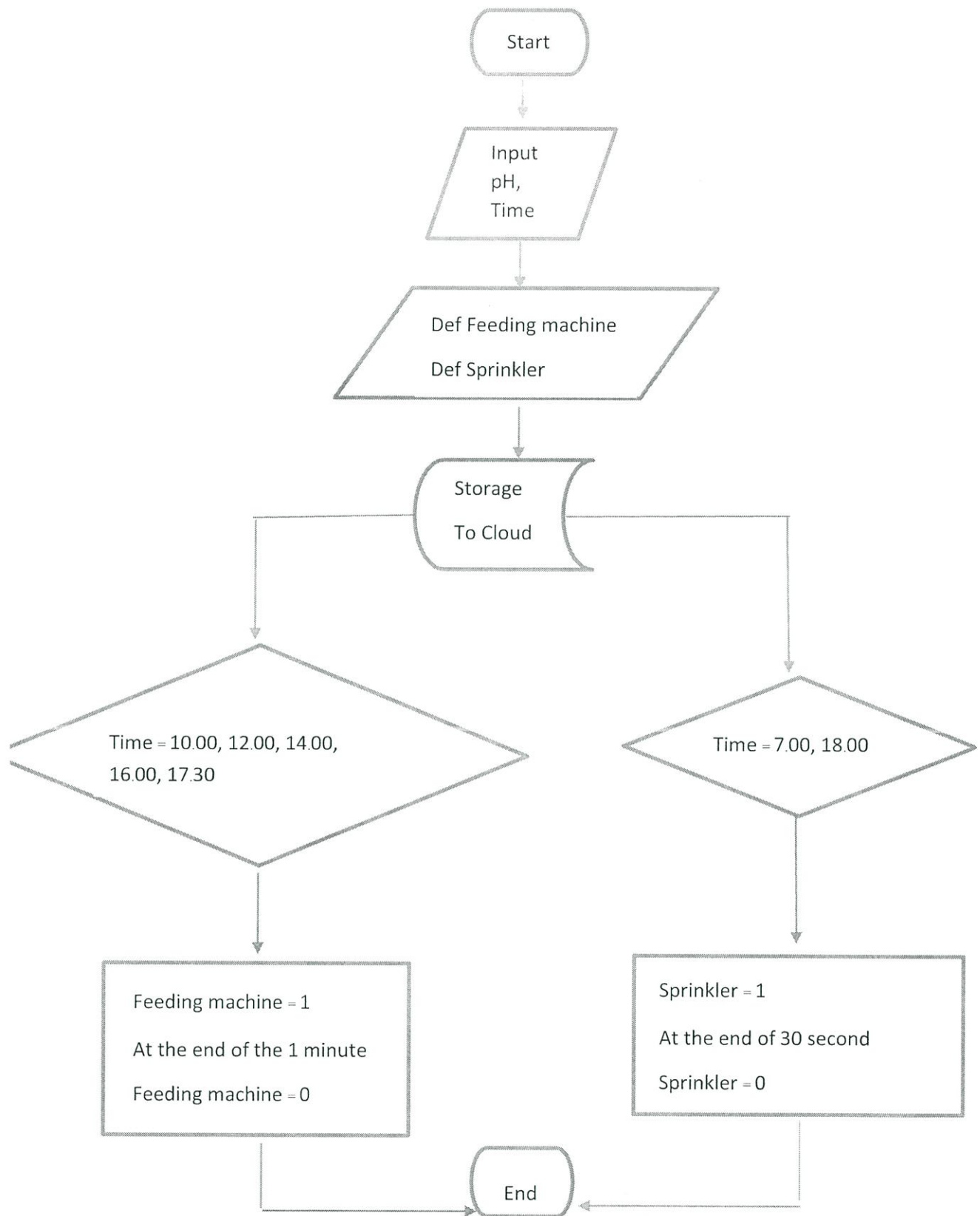
7. ถังพักน้ำ มีหน้าที่พักน้ำน้ำที่ออกมาจากระบบAquaponics ก่อนที่จะถูกปั๊มไปยังตู้ปลา



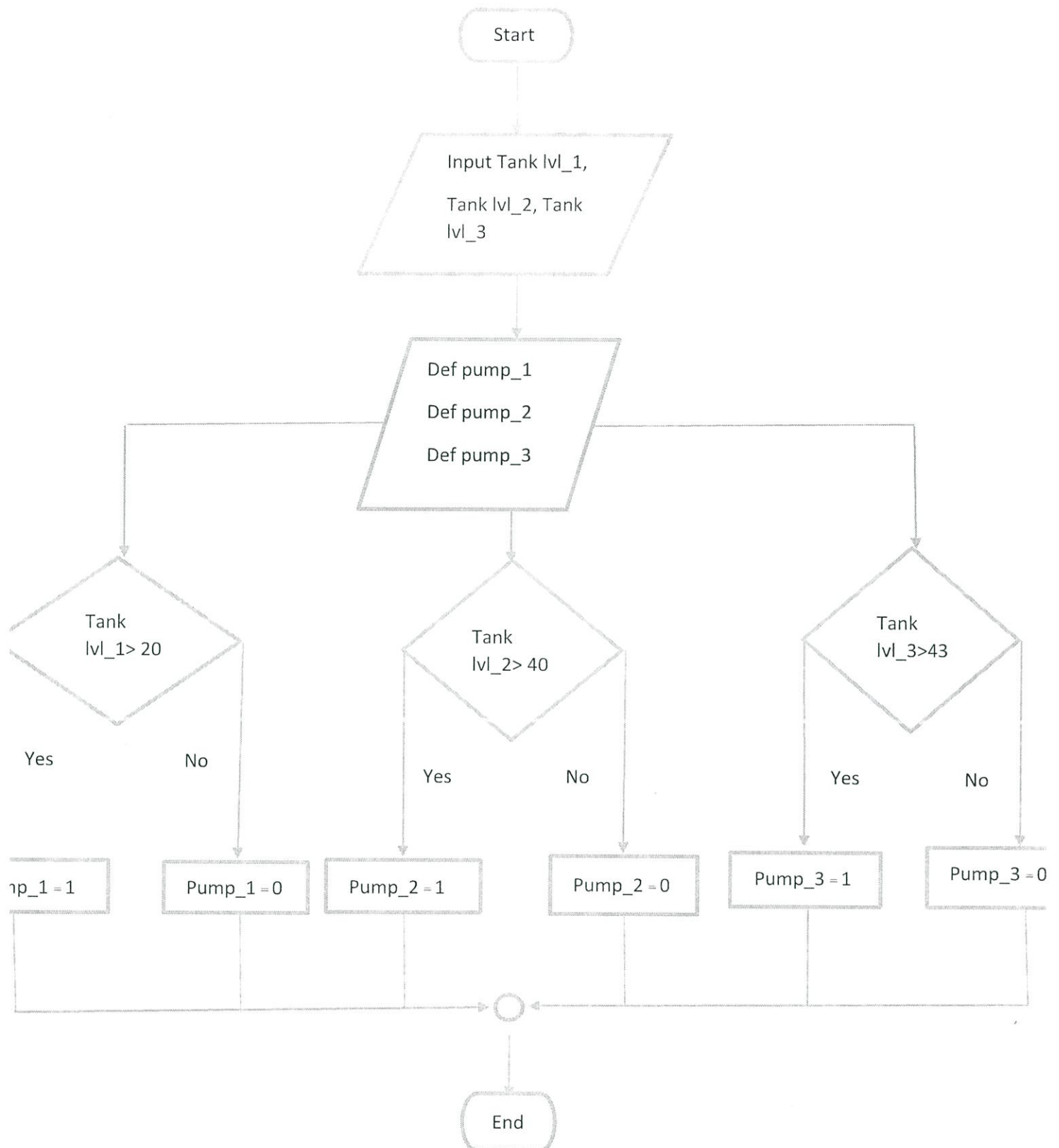
รูปที่ 3.18 ถังพักน้ำ



รูปที่ 3.19 แผนผังแสดงการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิโรงเรือน



รูปที่ 3.20 แผนผังแสดงการทำงานของระบบให้น้ำและให้อาหารปลา



รูปที่ 3.21 แผนผังแสดงการทำงานของระบบรักษาระดับน้ำ

3.3 ขั้นตอนการออกแบบและดำเนินงาน

3.3.1 การทดลองปลูกผัก

ทำการทดลองปลูกผัก 3 ชนิด ได้แก่ ผักบุ้ง ผักกาดกวางตุ้ง ผักคะน้า (ลงแปลงวันที่ 28/10/2017 – 7/12/2017) โดยทดลองปลูกชนิดละ 6 ต้น มีวิธีการเพาะปลูก 3 แบบที่แตกต่างกัน คือ

1. แปลง Aquaponics ทำการปลูกด้วยระบบน้ำขึ้นน้ำลง (Flood and Drain) ขนาด กว้าง×ยาว 0.5เมตร×1 เมตร ประกอบด้วย

U-Bell Siphon เป็นตัวทำให้เกิดน้ำขึ้นน้ำลง

ใช้หินลาวาเป็นวัสดุปลูก ช่วยทำให้รากพืชมีที่ยึดเกาะ

ใช้ปุ๋ยจากน้ำเลี้ยงปลา

2. แปลงดินในโรงเรือนขนาด 1เมตร×1เมตร ประกอบด้วย

การให้น้ำตามปกติ

การให้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 3 ช่วง ช่วงละ 15 กรัม/ตารางเมตร ให้ 3 ช่วง (วันที่ 1-15,16-30,31-45)

3. แปลงดินข้างนอกโรงเรือนขนาด 1เมตร×1เมตร ประกอบด้วย

การให้น้ำตามปกติ

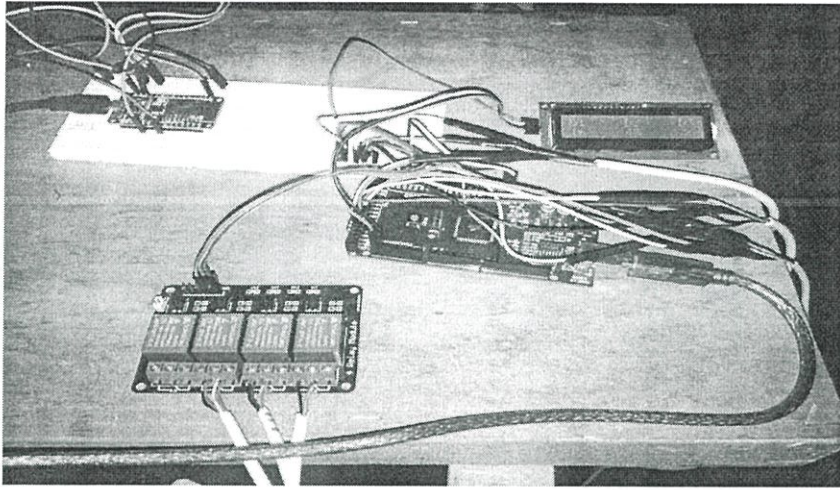
การให้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 3 ช่วง ช่วงละ 15 กรัม/ตารางเมตร ให้ 3 ช่วง (วันที่ 1-15,16-30,31-45)

3.3.2 ปลา

ทำการปล่อยปลาวันที่ 16/10/2017 จำนวน 12 ตัว น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 148 กรัม ให้ออกซิเจนตลอดเวลา ให้กินอาหารทุกวันแต่ละวันไม่เท่ากันโดยกะปริมาณและสังเกตว่าปลาไม่กินเพิ่มแล้ว ทำการชั่งน้ำหนักทุกๆ 7 วัน โดยทำการชั่งน้ำหนักปลาทุกตัว และวัด ปริมาณ Ammonia, Nitrate, pH, EC ในตู้ปลาทุก 4 วัน

3.4 การวิเคราะห์และออกแบบระบบควบคุม

1. ทำการออกแบบวงจรไฟฟ้าสำหรับการควบคุม และต่อโมดูลอิเล็กทรอนิกส์ กับบอร์ด Arduino



รูปที่ 3.22 ภาพการต่อวงจรไฟฟ้าสำหรับควบคุม

2. พัฒนาโปรแกรมลงบอร์ด Arduino Mega เพื่อใช้เก็บข้อมูล และบอร์ด Arduino ESP8266 เพื่อควบคุมสภาพอากาศภายในโรงเรียน

```

DHT27SD
#include "DHT.h"
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
#include <Wire.h>
#include "DS3231.h"

#define DHTPIN
#define DHTTYPE DHT11

RTClib RTC;

DHT dht1(2, DHT11);DHT dht2(3, DHT11);DHT dht3(4, DHT11);
DHT dht4(5, DHT11);DHT dht5(6, DHT11);DHT dht6(7, DHT11);
DHT dht7(8, DHT11);DHT dht8(9, DHT11);DHT dht9(10, DHT11);
DHT dht10(11, DHT11);DHT dht11(12, DHT11);DHT dht12(13, DHT11);
DHT dht13(22, DHT11);DHT dht14(23, DHT11);DHT dht15(24, DHT11);
DHT dht16(25, DHT11);DHT dht17(26, DHT11);DHT dht18(27, DHT11);
DHT dht19(28, DHT11);DHT dht20(29, DHT11);DHT dht21(30, DHT11);

engineerEXPO $
#define BLINK_FREQ Serial

#include <ESP8266WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>
#include <DHT.h>

char auth[] = "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX";
char ssid[] = "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX";
char pass[] = "XXXXXXXXXXXX";

#define DHTPIN D2
#define DHTTYPE DHT11

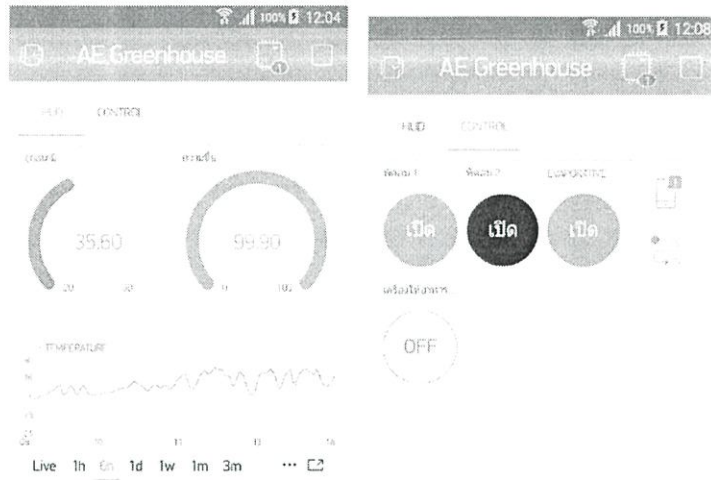
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
BlynkTimer timer;
boolean flag = true;

void sendFlagToServer() {
  if (flag) {

```

รูปที่ 3.23 ตัวอย่างการพัฒนาโปรแกรมลงบน Arduino IDE

3. ตั้งค่า Widget ต่างๆ บนแอปพลิเคชัน Blynk



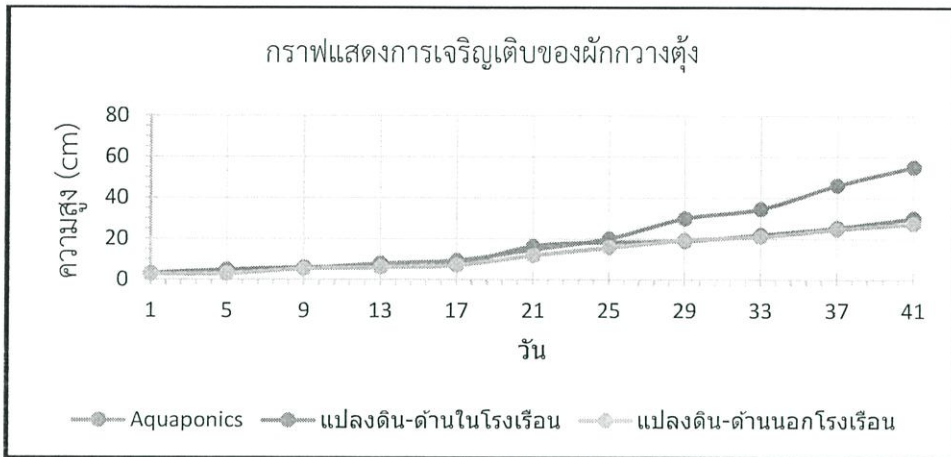
รูปที่ 3.24 ตัวอย่างหน้าแอปพลิเคชัน Blynk

บทที่ 4

ผลการทดลอง

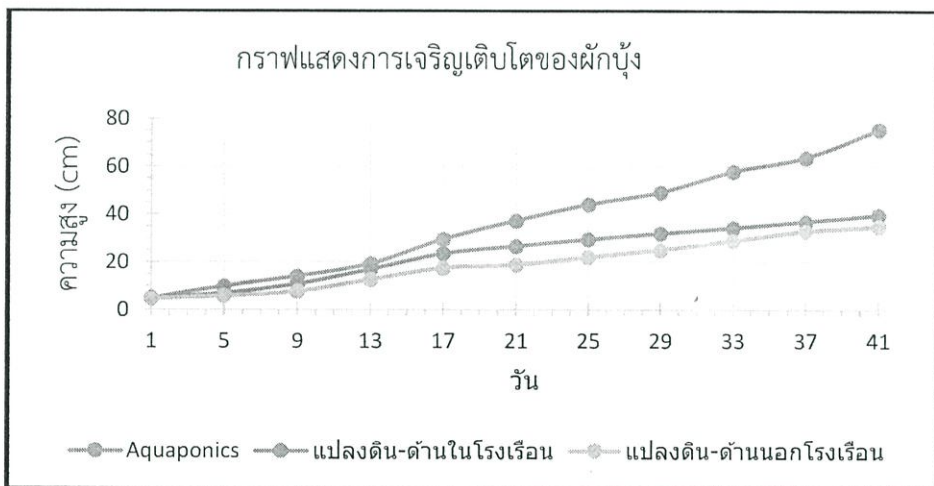
4.1 ผลการทดลองปลูกผัก

4.1.1 อัตราการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง



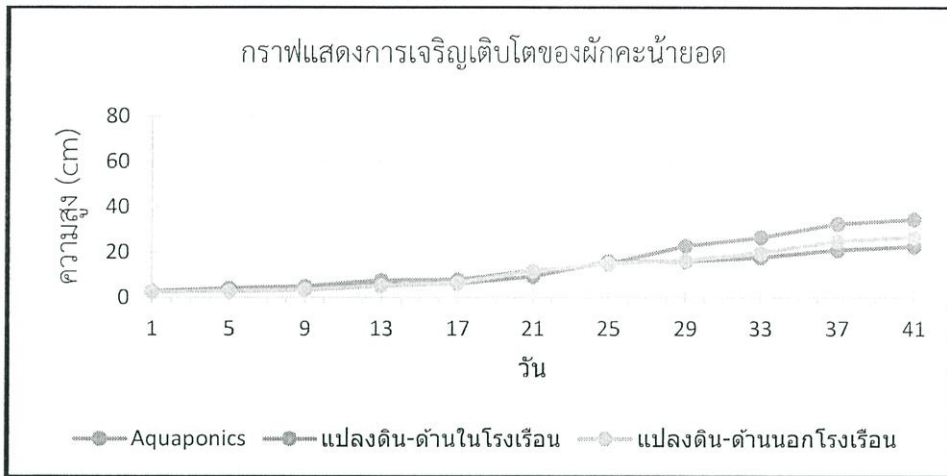
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงอัตราการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งในระบบ Aquaponics แปลงดินในโรงเรือน และแปลงดินนอกโรงเรือน

4.1.2 อัตราการเจริญเติบโตของผักบุ้ง

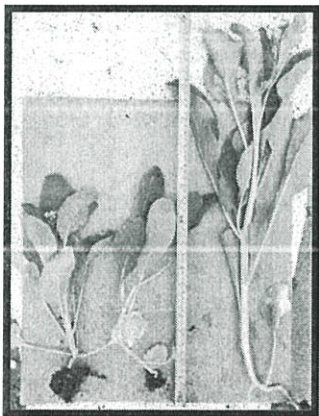


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงอัตราการเจริญเติบโตของผักบุ้งในระบบ Aquaponics แปลงดินในโรงเรือน และแปลงดินนอกโรงเรือน

4.1.3 อัตราการเจริญเติบโตของผักคะน้า



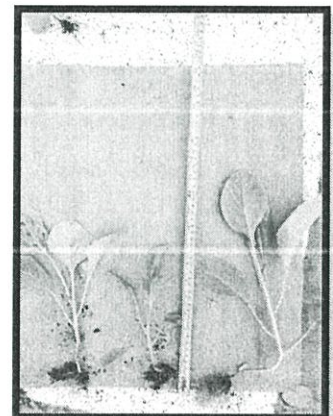
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงอัตราการเจริญเติบโตของผักคะน้าในระบบ Aquaponics แปลงดินในโรงเรือน และแปลงดินนอกโรงเรือน



1



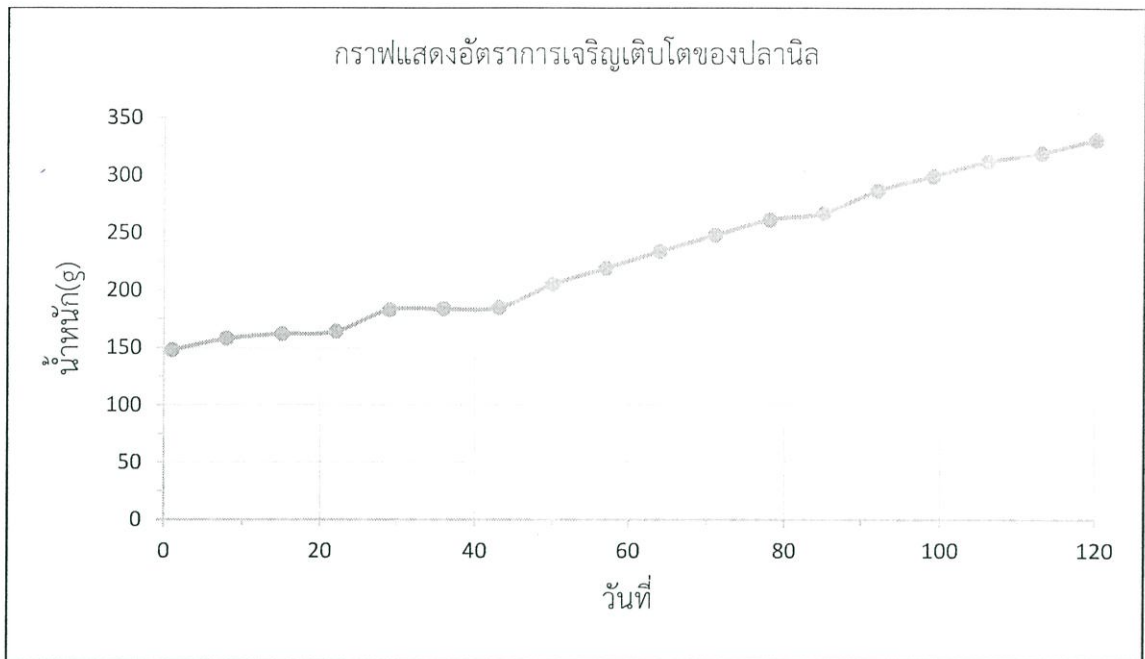
2



3

รูปที่ 4.4 รูปเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของ ผักกวางตุ้ง¹ ผักบุ้ง² และผักคะน้า³ ที่ปลูกในแปลงดินนอกโรงเรือน แปลงดินในโรงเรือน และแปลงในระบบ Aquaponics ตามลำดับ

4.2 อัตราการเจริญเติบโตของปลานิล



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงอัตราการเจริญเติบโตของปลานิล

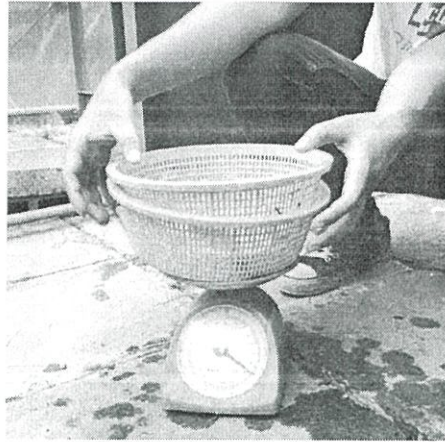
4.3 อัตราการแลกเนื้อของปลานิล

$$\begin{aligned} \text{น้ำหนักปลานิลที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย} &= 0.331 - 0.148 \text{ (kg)} \\ &= 0.183 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{น้ำหนักปลานิลที่เพิ่มขึ้นทั้งหมด} &= 0.183 \times 12 \\ &= 2.196 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{ปริมาณอาหารที่ให้ทั้งหมด} = 6.50 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{อัตราการแลกเนื้อ} &= \frac{\text{น้ำหนักอาหารทั้งหมดที่ให้ (kg)}}{\text{น้ำหนักปลาทั้งหมดที่เพิ่ม (kg)}} \\ &= 6.50 / 2.196 \text{ (kg)} \\ &= 2.96 \end{aligned}$$

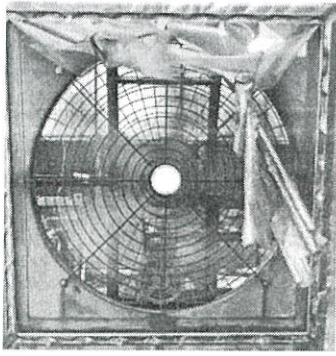


รูปที่ 4.6 การชั่งน้ำหนักปลา

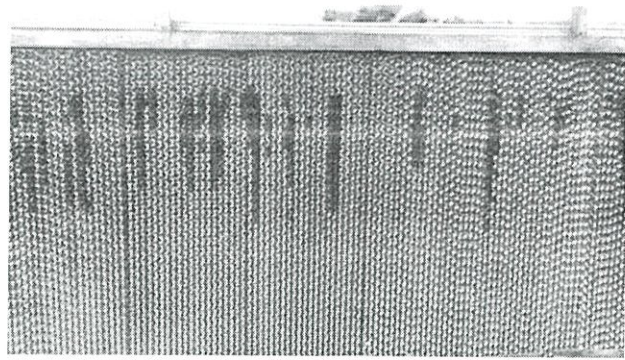
4.4 ค่าอุณหภูมิภายในโรงเรือน



รูปที่ 4.7 แสดงกราฟอุณหภูมิภายในโรงเรือนภายใน 1 วัน



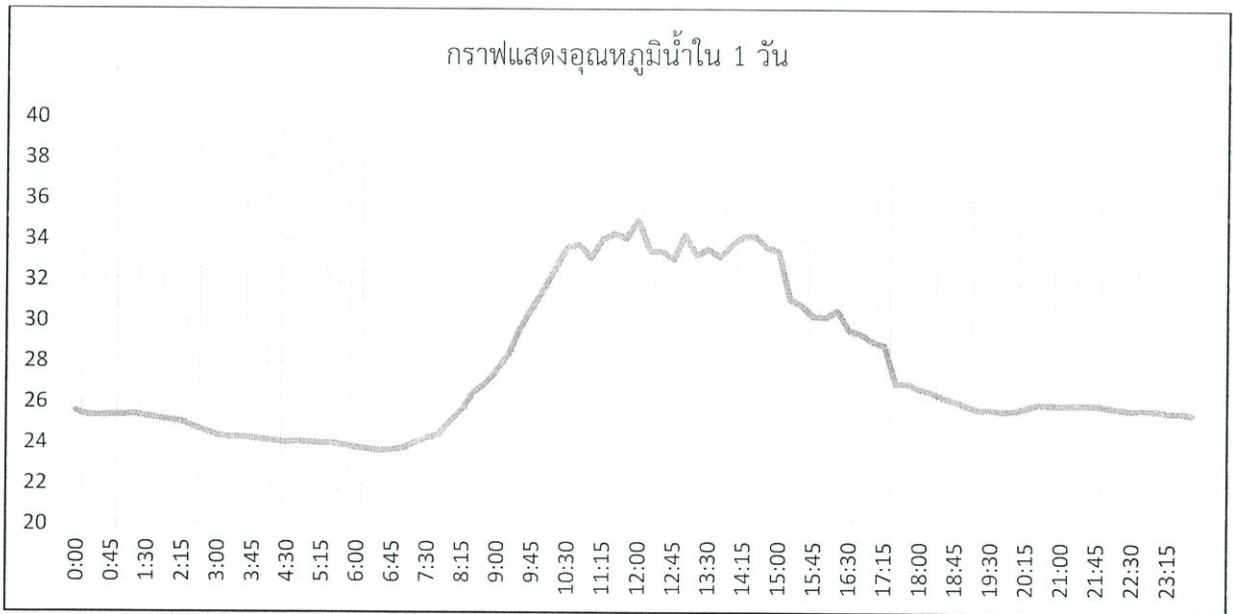
1



2

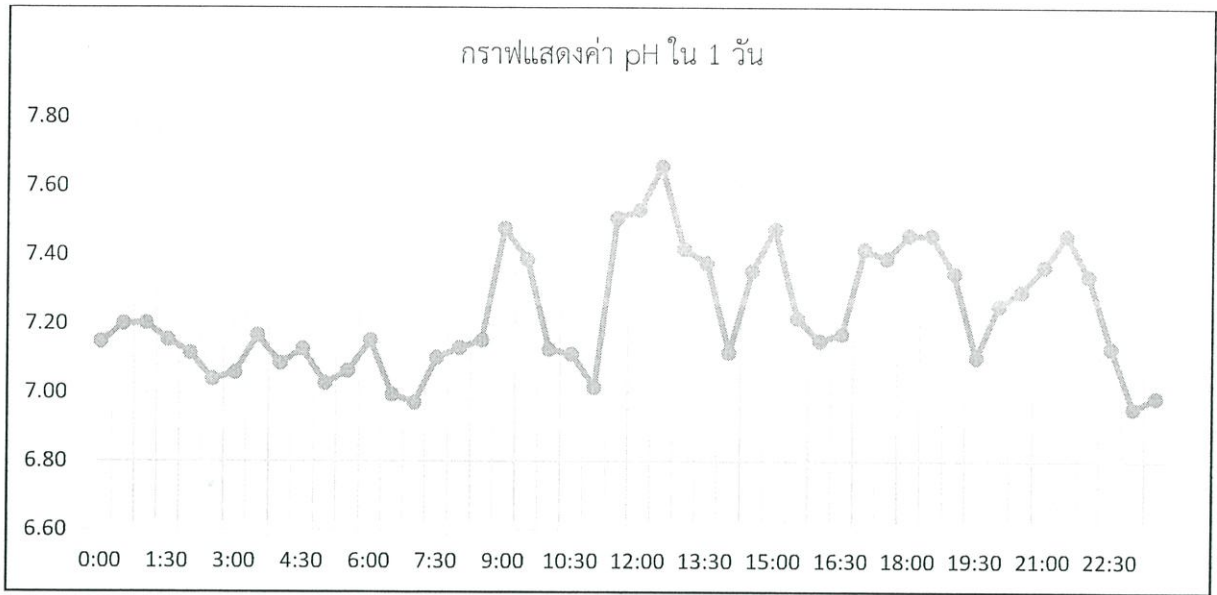
รูปที่ 4.8 พัดลมดูดอากาศ¹และแผง Evaporator²

4.5 ค่าอุณหภูมิน้ำ



รูปที่ 4.9 แสดงกราฟอุณหภูมิน้ำภายใน 1 วัน

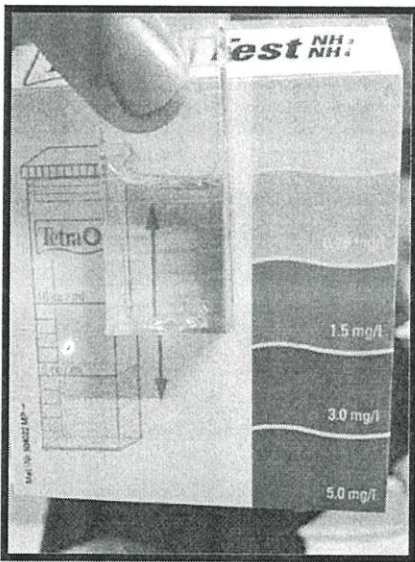
4.6 ค่า pH ในบ่อปลา



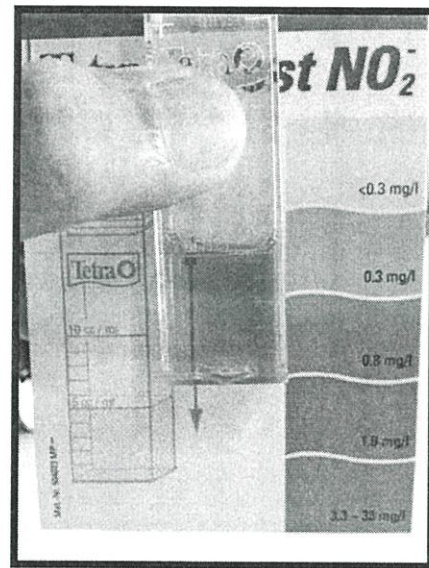
รูปที่ 4.10 แสดงกราฟค่า pH ในบ่อปลาภายใน 1 วัน

4.7 ปริมาณแอมโมเนียและปริมาณไนไตรท์ในน้ำของระบบ Aquaponics

ทำการวัดทุก 7 วัน พบว่าปริมาณแอมโมเนียในน้ำของระบบ Aquaponics มีความเข้มข้น 0.25 mg/l และปริมาณไนไตรท์ในน้ำของระบบ Aquaponics มีความเข้มข้น 0.3 mg/l ตลอดการทดลอง



รูปที่ 4.11 ภาพแสดงปริมาณแอมโมเนีย



รูปที่ 4.12 ภาพแสดงปริมาณไนไตรท์

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง วิจัยการผลิตทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 การใช้ระบบควบคุมอุณหภูมิโดยการใช้พัดลมร่วมกับระบบลดความเย็นโดยการระเหยน้ำผ่านเครื่องข่ายไร้สาย สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนให้อยู่ในช่วงระหว่าง 33 - 38 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงที่พืชและปลานิลสามารถเจริญเติบโตได้

5.1.2 จากการทดลองปลูกผัก 3 ชนิด ได้แก่ ผักบั้ง ผักกวางตุ้ง ผักคะน้าบนแปลงทดลอง 3 แปลงได้แก่ แปลงดินด้านนอกโรงเรือน แปลงดินด้านในโรงเรือน และแปลงดินในระบบ Aquaponics วัดความสูงเฉลี่ยได้ ผักบั้ง (75 cm, 55 cm, 34 cm) กวางตุ้ง (39 cm, 30 cm, 22 cm) ผักคะน้า (35, 27 cm, 27 cm) ที่ระยะเวลา 40 วัน โดยผักทั้งสามชนิดที่ปลูกในโรงเรือนมีการเจริญเติบโตมากกว่าผักที่ปลูกลงนอกโรงเรือนเนื่องจากไม่มีแมลงและไม่มีลมมารบกวนการเจริญเติบโต

5.1.3 เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักทั้งสามที่ปลูกในระบบ น้ำขึ้น-น้ำลง โดยการใช้น้ำจากการเลี้ยงปลา พบว่าผักบั้งจีนและผักกวางตุ้งมีการเจริญเติบโตได้ดี ในขณะที่ผักคะน้ามีอาการใบเหลืองใบจุดซึ่งคาดว่าไม่ได้รับธาตุอาหารเพียงพอหรือไม่ครบตามความต้องการจากน้ำเลี้ยงปลา

5.1.4 จากการเลี้ยงปลานิลในระบบนี้ พบว่า น้ำหนักปลานิลเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 183 กรัม ในระยะเวลา 120 วัน และมีอัตราแลกเนื้อต่ำกว่าค่าเฉลี่ยทั่วไปคือ 1.5 อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบอัตราการเลี้ยงต่อหน่วยพื้นที่ (ปริมาตร) แล้วพบว่าผลการเลี้ยงปลาในระบบนี้มีสัดส่วนมากกว่าการเลี้ยงแบบในบ่อ

5.1.5 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำของระบบ Aquaponics คงที่ที่ 0.25 mg/L ซึ่งเป็นค่าที่ไม่เป็นอันตรายต่อปลานิล

5.1.6 ปริมาณไนโตรเจนในน้ำของระบบ Aquaponics คงที่ที่ 0.3 mg/L ซึ่งเป็นค่าที่ไม่เป็นอันตรายต่อปลานิลและพืชสามารถเจริญเติบโตได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรเลือกความหนาแน่นของปลาให้เหมาะสมกับพื้นที่ที่เลี้ยงปลาเพื่อให้ปลาเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่
2. ควรมีการติดตั้งสแลนกันแดดบนหลังคาโรงเรือนที่โดนแสงแดดแรงในช่วง 11.00-15.00 น. เพื่อลดระดับรังสีที่ได้รับจากดวงอาทิตย์เพื่อลดความร้อน
3. Ultrasonic-sensor ควรป้องกันไม่ให้โดนน้ำเพราะอาจทำให้ sensor เสียหายได้
4. ควรติดตั้ง Internet ที่มีความเสถียรในการใช้งาน
5. ควรมีการสังเกตและทำความสะอาดระบบกรงอย่างสม่ำเสมอเพื่อการกรงของเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ภาคผนวก

ก. ตารางบันทึกผลความสูงผัก

วันที่	แปลงอควาโปนิคส์			แปลง 2 - แปลงดิน โรงเรือน			แปลง 3 - แปลงดิน ข้างนอก		
	ผักบุ้ง	ผักกวางตุ้ง	ผักคะน้ายอด	ผักบุ้ง	ผักกวางตุ้ง	ผักคะน้ายอด	ผักบุ้ง	ผักกวางตุ้ง	ผักคะน้ายอด
	ความสูง (cm)	ความสูง (cm)	ความสูง (cm)	ความสูง (cm)	ความสูง (cm)	ความสูง (cm)	ความสูง (cm)	ความสูง (cm)	ความสูง (cm)
10/28/2017	5	3	3	5.5	3.5	3.5	5	3	2.5
	6	3	3.1	5.5	4	3	5	3.5	3
	4	2.7	2.5	6	3	2	5.5	2	3
	5	3.3	2.5	4	2.5	4	4	2.5	2.5
	4.5	3	2.7	4.5	3	2.5	4.5	3.5	3
เฉลี่ย	4.9	3	2.76	5.1	3.2	3	4.8	2.9	2.8
11/1/2017	10.3	3.5	4	6.5	4.5	4	5	2.5	3.5
	9.5	4.3	3	8	5	4	6	3	3.5
	10	4	5.5	8	3.5	3.5	5	4.5	3
	10.3	5.2	3.5	6.5	4	4.5	7	2.5	2.5
	9.8	8	5	6	7	5	6.5	3	2
เฉลี่ย	9.98	5	4.2	7	4.8	4.2	5.9	3.1	2.9
11/5/2017	15	5.5	5	9.5	5.5	4.5	7	5	3
	13	5.3	4.5	10	7	5	8	6	3.5
	12	6	6.5	11.5	5	4.5	7	4	3
	16	6	5	11	5	5	9	7	5
	15	5.5	4	13	7.5	6	8	5	3
เฉลี่ย	14.2	5.66	5	11	6	5	7.8	5.4	3.5
11/9/2017	17	8.5	6	15.5	6.5	5.5	12	5.5	5
	18	7	5.5	19	7	7	14	6	4.5
	22	7.5	9	17.5	7	6.5	13	6	4
	15	9	10	17	4.5	5	13	5	7
	25	8	8	16.5	6	5	12	8	6
เฉลี่ย	19.4	8	7.7	17.1	6.2	5.8	12.8	6.1	5.3
11/13/2017	26	10	9.5	22	9	5	17	5	5
	25	9	8	22	8	6	18	9	6
	27	7	7	23	8	8	19	7	9
	32	7	6.5	26	7	6	18	7	5
	38	8	9	25	6	7	16	8	8
เฉลี่ย	29.6	8.2	8	23.6	7.6	6.4	17.6	7.2	6.6
11/17/2017	44	18	13	26	13	10	19	11	15
	46	15	12	27	15	8	19	12	16
	29	14	16	27	20	7	21	12	11
	35	13	10	29	18	10	19	13	10
	33	14	9	25	16	12	17	12	8
เฉลี่ย	37.4	14.8	12	26.8	16.4	9.4	19	12	12
11/21/2017	56	20.5	17	30	18.5	16	21	15	15
	48	21	14.5	28	17.5	14	24	14	14
	42	20.2	15	32	20	18	23	16	16
	42	18	14.3	29	16.5	15.5	22	17	15
	33	21	14	29	19	17	21	17	16
เฉลี่ย	44.2	20.14	15	29.6	18.3	16.1	22.2	15.8	15.2

11/25/2017	41	32	22	30	19.5	17	25	18	16
	45	31	24.5	32	18	15.5	24	18	18
	42	31.5	25	35	19	16	27	20	18
	60	27	21	32	18	18	24	21	15
	58	28.5	22.5	31	20.5	14.5	26	20	16
เฉลี่ย	49.2	30	23	32	19	16.2	25.2	19.4	16.6
11/29/2017	54	35	27.5	31	20.5	16.5	28	20	20
	45	35	26	38	24	19	30	20	18
	50	33.5	25.5	34	22	17	27	23	21
	68	34	27	35	23	20.5	31	22	21
	73	35.5	27.5	34	20.5	16.5	29	21	19
เฉลี่ย	58	34.6	26.7	34.4	22	17.9	29	21.2	19.8
12/3/2017	58	48	36	35	26	20	35	24	26
	60	45	34	37	25	24	31	25	25
	50	48	32	39	25	19	33	25	26
	78	45	31	40	25	21	32	24	24
	73	45	31	34	26	22	34	26	25
เฉลี่ย	63.8	46.2	32.8	37	25.4	21.2	33	24.8	25.2
12/7/2017	68	58	37	40	30	24	36	28	27
	70	55	30	30	31	22	34	25	25
	65	58	38	45	30	22	35	30	27
	85	53	36	40	28	24	37	27	28
	90	52	33	44	32	22	33	28	28
เฉลี่ย	75.6	55.2	34.8	39.8	30.2	22.8	35	27.6	27

ข. ตารางบันทึกน้ำหนักปลา

วันที่	น้ำหนัก(g)												เฉลี่ย (g)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	130	140	160	140	170	-	-	-	-	-	-	-	148
8	185	160	150	145	150	-	-	-	-	-	-	-	158
15	145	170	165	175	155	-	-	-	-	-	-	-	162
22	170	190	160	190	170	180	150	150	180	130	140	160	164
29	200	180	190	160	160	205	210	220	185	155	160	170	183
36	185	170	195	155	205	190	170	230	240	170	145	150	184
43	180	220	240	165	200	170	190	205	160	170	150	170	185
50	210	235	200	205	245	270	160	180	170	170	160	255	205
57	220	240	210	220	250	275	200	180	180	185	170	300	219
64	235	280	220	230	260	300	200	190	185	190	185	330	234
71	245	290	230	235	305	320	210	200	195	200	195	350	248
78	250	300	235	240	310	325	220	215	210	215	210	405	261
85	185	250	210	320	190	190	310	330	330	430	240	220	267
92	260	330	280	440	340	310	190	320	240	250	240	240	287
99	260	340	295	460	355	320	210	330	250	265	250	255	299
106	340	350	210	320	360	480	210	250	320	360	260	280	312
113	510	360	310	370	240	250	340	360	210	285	355	240	319
120	340	330	405	390	220	330	570	380	240	250	220	295	331

ค ตารางบันทึกค่า pH และ Temperature

Time	pH	Temperature	Time	pH	Temperature
0:00	6.15	22.90	12:00	7.46	36.86
0:20	6.20	22.92	12:20	7.55	37.71
0:40	7.20	22.99	12:40	7.51	37.86
1:00	7.15	23.00	13:00	7.10	35.33
1:20	7.12	23.01	13:20	7.61	35.94
1:40	7.04	23.07	13:40	7.30	36.38
2:00	7.06	23.10	14:00	7.64	36.75
2:20	7.17	23.11	14:20	7.75	37.68
2:40	7.09	23.19	14:40	7.34	37.47
3:00	7.13	23.20	15:00	7.69	36.76
3:20	7.03	23.21	15:20	6.96	36.66
3:40	7.06	23.25	15:40	6.99	35.09
4:00	7.15	23.30	16:00	7.11	33.02
4:20	6.99	23.36	16:20	7.10	32.93
4:40	6.97	23.40	16:40	6.96	32.82
5:00	7.10	23.40	17:00	7.06	31.32
5:20	7.13	23.40	17:20	7.06	31.30
5:40	7.15	23.47	17:40	7.04	30.49
6:00	7.48	23.51	18:00	7.05	29.03
6:20	7.39	23.50	18:20	6.81	28.98
6:40	7.13	23.58	18:40	6.97	27.80
7:00	7.11	23.60	19:00	7.07	27.59
7:20	7.02	23.65	19:20	6.78	27.30
7:40	6.85	23.70	19:40	6.99	27.30
8:00	7.03	26.80	20:00	7.04	27.10
8:20	6.96	26.83	20:20	7.06	27.09
8:40	7.22	26.90	20:40	6.95	26.80
9:00	7.38	30.99	21:00	7.05	25.81
9:20	7.12	31.57	21:20	6.98	25.70
9:40	7.35	31.38	21:40	6.93	25.70
10:00	7.48	30.97	22:00	8.00	25.68
10:20	7.22	30.85	22:20	7.11	25.47
10:40	7.15	33.74	22:40	7.22	24.51
11:00	7.17	34.86	23:00	7.32	23.80
11:20	7.42	34.94	23:20	7.32	23.00
11:40	7.39	35.72	23:40	7.17	22.83

ง โคดสำหรับบอร์ดควบคุม

```
#define BLYNK_PRINT Serial

#include "DHT.h"

#include <ESP8266WiFi.h>

#include <BlynkSimpleEsp8266.h>

char auth[] = "718bd2010f86410fb0444f9f3a73c599";

char ssid[] = "HUAWEI-E5180-EA7F";//4G MIFI_EEB

char pass[] = "D36BQ95T2RL";//1234567890

BlynkTimer timer;

boolean flag = true;

#define DHTPIN D2

#define DHTTYPE DHT22

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

void sendSensor()

{

float t = dht.readTemperature();

float h = dht.readHumidity();

Blynk.virtualWrite(V5, t);

Blynk.virtualWrite(V6, h);

}

void sendFlagToServer() {
```

```
if (flag) {  
    Blynk.virtualWrite(V0, 1);  
} else {  
    Blynk.virtualWrite(V0, 0);  
}  
  
flag = !flag;  
}  
  
BLYNK_WRITE(V1) {  
    //here you'll get 0 or 255  
    int ledValue = param.asInt();  
}  
  
void automatic(){  
  
    float t = dht.readTemperature();  
  
    float h = dht.readHumidity();  
  
    if(t>37||h<50){  
  
        digitalWrite(D7, LOW);}  
  
    if(t<=35){  
  
        digitalWrite(D7, HIGH);}  
  
    if(t>=35){  
  
        digitalWrite(D6, LOW);}  
  
    if(t<33){
```

```
    digitalWrite(D6, HIGH);}

    if(t>=37){

        digitalWrite(D5, LOW);}

    if(t<=35){

        digitalWrite(D5, HIGH);}

    }

void recon(){

    Serial.println("Start Recon...");

    WiFi.begin(ssid, pass);

    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED){

        Serial.print(".");

    }

    Blynk.run();

    timer.run();

    automatic();

}

void setup() {

    Serial.begin(9600);

    Blynk.begin(auth, ssid, pass);

    dht.begin();

    Serial.println("DHT Sensor Testing");
```

```
timer.setInterval(1000L, sendSensor);

timer.setInterval(1000L, sendFlagToServer);

pinMode(D5, OUTPUT);

pinMode(D6, OUTPUT);

pinMode(D7, OUTPUT);

}

void loop() {

  if (WiFi.status() != WL_CONNECTED)

  {

    recon();

  }

  else{

    Blynk.run();

    timer.run();

    automatic();

  }

}

#include <Wire.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 16, 2);
```

```
#define trigPin1 30

#define echoPin1 31

#define trigPin2 32

#define echoPin2 33

#define trigPin3 34

#define echoPin3 35

long duration, distance, FstSensor, SecSensor, TrdSensor;

void setup() {

  Serial.begin(9600);

  lcd.begin();

  lcd.backlight();

  pinMode(trigPin1, OUTPUT);

  pinMode(echoPin1, INPUT);

  pinMode(trigPin2, OUTPUT);

  pinMode(echoPin2, INPUT);

  pinMode(trigPin3, OUTPUT);

  pinMode(echoPin3, INPUT);

  pinMode(8, OUTPUT);

  pinMode(9, OUTPUT);

  pinMode(10, OUTPUT);}

void UltraSensor(int trigPin,int echoPin)
```

```
{  
  
  digitalWrite(trigPin, LOW);  
  
  delayMicroseconds(2);  
  
  digitalWrite(trigPin, HIGH);  
  
  delayMicroseconds(10);  
  
  digitalWrite(trigPin, LOW);  
  
  duration = pulseIn(echoPin, HIGH);  
  
  distance = (duration*0.034/2);  
  
}  
  
void loop() {  
  
  UltraSensor(trigPin1, echoPin1);  
  
  FstSensor = distance;  
  
  UltraSensor(trigPin2, echoPin2);  
  
  SecSensor = distance;  
  
  UltraSensor(trigPin3, echoPin3);  
  
  TrdSensor = distance;  
  
  // Prints the distance on the Serial Monitor  
  
  if (distance >= 500 || distance <= 0)  
  
  {  
  
    Serial.println("Out of range");  
  
  }  
  
}
```

```
else {  
  
  lcd.clear();  
  
  Serial.print("Distance 1 : ");  
  
  lcd.setCursor(0, 0);  
  
  lcd.print("D1");  
  
  Serial.print(FstSensor);  
  
  lcd.setCursor(0, 1);  
  
  lcd.print(FstSensor);  
  
  Serial.print("cm\t");  
  
  Serial.print("Distance 2 : ");  
  
  lcd.setCursor(7, 0);  
  
  lcd.print("D2");  
  
  Serial.print(SecSensor);  
  
  lcd.setCursor(7, 1);  
  
  lcd.print(SecSensor);  
  
  Serial.print("cm\t");  
  
  Serial.print("Distance 3 : ");  
  
  lcd.setCursor(14, 0);  
  
  lcd.print("D3");  
  
  Serial.print(TrdSensor);  
  
  lcd.setCursor(14, 1);
```

```
lcd.print(TrdSensor);

Serial.println("cm");

if (FstSensor>20 && FstSensor<100 ){

    digitalWrite(8, HIGH);

    Serial.print("Pump 1 ON\t");}

else {

    digitalWrite(8, LOW);

    Serial.print("Pump 1 OFF\t");}

if (SecSensor>40){

    digitalWrite(9, HIGH);

    Serial.print("Pump 2 ON\t");}

else {

    digitalWrite(9, LOW);

    Serial.print("Pump 2 OFF\t");}

if (TrdSensor>43){

    digitalWrite(10, LOW);

    Serial.println("Pump 3 OFF");}

else {

    digitalWrite(10, HIGH);

    Serial.println("Pump 3 ON");} delay(10000);} }
```

บรรณานุกรม

ประวุฒิ กันแก้วและยุทธนา ปรีคำ. (2555). ระบบควบคุมควาโปนิกส์กึ่งอัตโนมัติ โดยแสดงผลทางอินเตอร์เน็ต. ปรึญญาธิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

วรากร สัจจ์กระแสร้, ธรรมชาติ กลิ่นเกษร และ เสกสรรค์ มธูลาภรังสรรค์. ระบบควบคุมสภาพแวดล้อม ให้เหมาะสมต่อการปลูกผักสลัดบนระบบ hydroponics แบบ NFT. ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

Ako, H., Research into Technologies of Commercial Aquaponics . Presentation made at a widely sponsored workshop at Windward Community College, May 25, 2013.

Ako, H. and A. Baker. 2009. Small-scale lettuce production with hydroponics or aquaponics. College of Tropical Agriculture and Human Resources, Publication No. SA-2. University of Hawaii, Manoa, Hawaii, USA.

Evans, J.J., D. J. Pasnik, G.C. Brill, and P.H. Klesius. 2006. Un-ionized ammonia exposure in Nile Tilapia; Toxicity, Stress Response, and Susceptibility to *Streptococcus agalactiae*. North American Journal of Aquaculture 68:23-33.

Kratky, B. A. 2005. Growing lettuce in non-aerated, non-circulated hydroponic systems. Journal of Vegetable Science 11:35-42. Lennard, W.A. and B.V. Leonard, 2006. A comparison of three different Hydroponic sub-systems (gravel bed, floating and nutrient film technique) in an Aquaponic test system. Aquacult Int 14:539–550

Lewis Jr., W.M. and D.P. Morris. 1986. Toxicity of Nitrite to Fish: A review. Transactions of the American Fisheries Society 115:183-195.

Tokunaga, K., C. Tamaru, H. Ako, and P.S. Leung. 2014. Economics of Commercial Aquaponics in Hawaii. Under Review at WAS.

Wolff, X. Y. and R. R. Coltman. 1990. Productivity of eight leafy vegetable crops grown under shade in Hawaii. Journal of the American Society of Horticultural Science 155:182-188.

Zweig, R. D. 1986. An integrated fish culture hydroponic vegetable production system. Aquaculture Magazine 12:34-40