



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

ระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับการตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลา IoT Water Quality Monitoring System for Fish Farms

นายธนวันต์ ไม้ขุน

สาขาวิศวกรรมระบบอุตสาหกรรมเกษตร(ต่อเนื่อง)
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา	ระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับการตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลา
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายธนวันต์ ไม้ขุน
คณะ วิศวกรรมศาสตร์	ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร
ชื่อ-สกุล อาจารย์ปรึกษา	ผศ.ดร.วสุ อุดมเพทายกุล
ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน	นายอุดมศักดิ์ โชติช่วง
สถานประกอบการ	บริษัท เอวิลอน อินโนเวชั่น จำกัด

บทคัดย่อ

โครงการสหกิจศึกษานี้เป็นการออกแบบและพัฒนาเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลา ร่วมกับเทคโนโลยี Internet of Thing เพื่อเก็บข้อมูลคุณสมบัติความเป็นกรด-ด่าง (PH) อุณหภูมิ (Temperature) และค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ(Dissolved Oxygen) ไว้บน Cloud สามารถเก็บ บันทึกและแสดงค่าแบบเรียลไทม์ โดยเมื่อค่าคุณภาพน้ำไม่เป็นไปตามมาตรฐานในการเลี้ยงปลา ระบบจะทำการแจ้งเตือนไปยังผู้ประกอบการฟาร์มปลาเพื่อสามารถปรับปรุงคุณภาพน้ำได้ทันเวลา ช่วยในการลด อัตราการตายของลูกปลาดุก เป็นการเพิ่มผลผลิตและผลตอบแทนให้กับผู้ประกอบการฟาร์มปลา นอกจากนี้ยังได้นำข้อมูลที่เก็บไว้บน Cloud มาทำการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ เพื่อศึกษา แนวทางในการลดต้นทุนของเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลา ซึ่งจากข้อมูลที่บันทึกได้ พบว่า ค่า DO และ pH ในแต่ละช่วงเวลาของวัน มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน จึงทำการศึกษาความสัมพันธ์ตัวแปร โดยใช้วิธี Multiple Linear Regression (MLR) โดยใช้ข้อมูล pH และ อุณหภูมิ ทำนายค่า DO จาก การศึกษาความสัมพันธ์ตัวแปร ค่า DO มีแนวโน้มมีความสัมพันธ์กับค่า pH และ อุณหภูมิ ของน้ำ แต่ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่สำคัญที่เกี่ยวข้อง เช่น ความเข้มของแสง และความขุ่นของน้ำ

คำสำคัญ : เครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำ, การเลี้ยงปลาดุก, ความเป็นกรด-ด่าง, ปริมาณออกซิเจนที่ละลายใน น้ำ, Web server, Mobile application, Cloud, Internet of Things

Cooperative Title : IoT Water Quality Monitoring System for Fish Farms
Student Intern name : Mr.Thanawan Maichun
Faculty : Engineer Department : Agricultural
Advisor name : Asst.Prof.Dr. Vasu Udompetaikul
Mentor name : Mr.Udomsak Chotchung
Company : Avilon Innovation Co., Ltd

ABSTRACT

This cooperative education project is to design and develop a water quality monitoring system for fish farms with an integration of Internet of Things technology. Water quality information including acidity (pH), dissolved oxygen (DO) and temperature were automatically measured, recorded and display on a cloud server in real time. As soon as, the water quality fails to meet the standards for fish farming, the system will alert fish farm operators to recover water quality in time. The system would help to reduce the mortality rate which increases the productivity and revenue for fish farm owners. According to the recorded data from a catfish farm, DO and pH values tended to be correlated. Determination of the relationship between variables has been included in this study for a feasibility study in cost reduction of the system. The Multiple Linear Regression (MLR) method was applied to predict the DO value from the corresponding pH and water temperature and found a good correlation between studied variables (R^2 value of 0.827). However, further important factors such as light intensity and turbidity of water should be included to improve the prediction performance.

Keyword : Water quality measurement, The banquet catfish, pH, Dissolved oxygen, Web server, Mobile application, Cloud, Internet of Things

กิตติกรรมประกาศ

การที่ข้าพเจ้าได้มาปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ณ บริษัท เอวิลอน อินโนเวชั่น จำกัด ตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ.2562 ถึง วันที่ 23 พฤศจิกายน พ.ศ.2562 ส่งผลให้ข้าพเจ้าได้รับความรู้และประสบการณ์ต่างๆ มากมาย สำหรับรายงานวิชาสหกิจศึกษานี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เกิดจากความร่วมมือและสนับสนุนจากหลายฝ่าย ดังนี้

- | | |
|---------------------------|---------------------|
| 1. นายธนากร ทรัพย์สุขบวร | ประธานกรรมการบริหาร |
| 2. นายอุดมศักดิ์ โชติช่วง | พนักงานที่ปรึกษา |
| 3. ผศ.ดร.วสุ อุดมเพทยกุล | อาจารย์ที่ปรึกษา |

และบุคคลท่านอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวชื่อนามทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการจัดทำรายงาน ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูล เป็นที่ปรึกษาในการทำรายงานฉบับสมบูรณ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนให้การดูแลและให้ความเข้าใจเกี่ยวกับชีวิตของการทำงานจริง ข้าพเจ้าขอขอบคุณ ไว้ ณ ที่นี้

นายธวันต์ ไม้ขุน
ผู้จัดทำ

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	2
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 การเพาะพันธุ์ปลาดุก.....	3
2.1.1 การอนุบาลปลาดุกอยู่.....	3
2.2 คุณภาพน้ำและปัจจัยที่มีผลต่อการเลี้ยงปลา.....	4
2.2.1 ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH).....	4
2.2.2 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen).....	7
2.2.3 อุณหภูมิ (Temperature).....	8
2.3 NETPIE.....	8
2.3.1 แนะนำ NETPIE.....	8
2.3.2 ประโยชน์ของ NETPIE.....	9
2.3.3 การสร้างแอปพลิเคชัน.....	10
2.3.4 NETPIE FEED.....	13
2.3.5 การกำหนดสิทธิ์ในการเข้าถึง FEED.....	16
2.4 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ DS18B20.....	17
2.5 เซ็นเซอร์ตรวจวัดความเป็นกรด-ด่าง.....	17
2.6 เซ็นเซอร์วัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ.....	19
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	22
3.1 ศึกษาปัญหาเพื่อทำโครงการ.....	22
3.2 กำหนดแผนการดำเนินงาน.....	22
3.3 ศึกษาปัญหา ที่มาของโครงการ และขอบเขตงานวิจัย.....	22

สารบัญ (ต่อ)

3.4.	ศึกษาข้อมูลเพื่อพัฒนาเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำ.....	22
3.4.1	ลักษณะของบ่อปลา.....	22
3.4.2	การพัฒนาโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์.....	23
3.4.3	ระบบ Cloud ที่เลือกใช้.....	23
3.5	อุปกรณ์.....	24
3.5.1	เซ็นเซอร์ที่เลือกใช้.....	24
3.5.2	บอร์ด Arduino uno r3.....	25
3.5.3	3G Module.....	25
3.5.4	กล่องกันน้ำ.....	26
3.6	หลักการทำงานของเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลา.....	27
3.7	ออกแบบการติดตั้งและเขียนโปรแกรมสำหรับเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำ.....	27
3.7.1	ออกแบบการติดตั้งเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำ.....	27
3.7.2	ออกแบบวงจรควบคุมของเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลา.....	28
3.7.3	การเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์.....	28
3.8	การทดสอบและติดตั้งเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลา.....	33
3.8.1	ทดสอบการทำงานของเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำและ การประกอบกล่องควบคุมระบบ.....	33
3.8.2	ติดตั้งเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำที่ ลีรุ่งเรือง ฟาร์ม.....	34
3.9	การหาความสัมพันธ์คุณสมบัติภายในน้ำ.....	35
บทที่ 4	ผลการวิจัย.....	36
บทที่ 5	สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ.....	40
5.1	สรุปผลการดำเนินงาน.....	40
5.2	ข้อเสนอแนะ.....	40
	บรรณานุกรม.....	41
	ภาคผนวก ก.....	42
	ภาคผนวก ข.....	44

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1	การเปรียบเทียบระหว่างค่าความต่างศักย์ไฟฟ้ากับ.....	18
	ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของอุปกรณ์ตรวจวัดความเป็นกรด-ด่าง	
ตารางที่ 3.1	แผนการดำเนินงาน.....	22
ตารางที่ 4.1	แสดงค่าสูงสุด ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และ Standard deviation ของตัว.....	38
ตารางที่ 4.2	แสดงผลของ Coefficients.....	39



สารบัญภาพ

รูปที่ 2.1 ปลาตุ๊กตูกุย.....	4
รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพกรด สภาพด่าง และ pH.....	6
รูปที่ 2.3 วิธีการสื่อสารของสิ่งต่างๆ ผ่าน NETPIE.....	9
รูปที่ 2.4 หน้าจัดการแอปพลิเคชันสำหรับผู้ใช้งาน NETPIE.....	10
รูปที่ 2.5 กล่องให้ผู้ใช้ตั้งชื่อ AppID.....	11
รูปที่ 2.6 การตั้งชื่อและเลือกชนิด Application Key.....	11
รูปที่ 2.7 การตั้งชื่อและเลือกชนิด Application Key.....	12
รูปที่ 2.8 แสดงชื่อ Application key.....	12
รูปที่ 2.9 การเปลี่ยนชื่อ Application Key.....	13
รูปที่ 2.10 การเข้าใช้งาน Feed จากเมนู Resources.....	13
รูปที่ 2.11 การสร้างหรือเพิ่ม Feed ใหม่.....	14
รูปที่ 2.12 การตั้งชื่อ Feed.....	14
รูปที่ 2.13 หน้าตั้งค่า Feed.....	15
รูปที่ 2.14 การสร้าง Field เพื่อรับข้อมูล Feed.....	15
รูปที่ 2.15 ตัวอย่าง Feed ที่สร้างขึ้นด้วย 2 Field.....	15
รูปที่ 2.16 การตั้งค่าสิทธิ์ในการเข้าถึง.....	16
รูปที่ 2.17 การให้สิทธิ์การเข้าถึง Feed กับ AppID.....	16
รูปที่ 2.18 หลักการวัดอุปกรณ์ตรวจวัดความเป็นกรด-ด่าง.....	18
รูปที่ 2.19 แผนผังของเครื่อง Polarographic.....	19
รูปที่ 3.1 บ่อเลี้ยงปลา ลิ รุ่งเรือง ฟาร์ม.....	23
รูปที่ 3.2 Gravity : pH analog sensor.....	24
รูปที่ 3.3 Gravity : Analog dissolved oxygen sensor.....	24
รูปที่ 3.4 Waterproof DS18B20 Digital Temperature sensor.....	25
รูปที่ 3.5 บอร์ด Arduino uno r3.....	25
รูปที่ 3.6 3G Module.....	26
รูปที่ 3.7 กล่องกันน้ำ ยี่ห้อ PRI.....	26
รูปที่ 3.8 หลักการทำงานของเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำ.....	27
รูปที่ 3.9 แบบเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลา.....	27
รูปที่ 3.10 วงจรควบคุมเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลา.....	28
รูปที่ 3.11 การแสดงสถานะ online ของอุปกรณ์บน NETPIE.....	29
รูปที่ 3.12 การพิมพ์คำสั่ง Calibration บน Serial monitor.....	29

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ 3.13 การพิมพ์คำสั่ง SATCAL บน Serial monitor.....	30
รูปที่ 3.14 การพิมพ์คำสั่ง EXIT บน Serial monitor.....	30
รูปที่ 3.15 การพิมพ์คำสั่ง enter บน Serial monitor.....	31
รูปที่ 3.16 การพิมพ์คำสั่ง cal บน Serial monitor.....	31
รูปที่ 3.17 การพิมพ์คำสั่ง exit บน Serial monitor.....	32
รูปที่ 3.18 การแสดงค่า อุณหภูมิของ Waterproof DS18B20 Digital Temperature sensor.....	32
รูปที่ 3.19 ทดสอบการทำงานของระบบที่พัฒนา.....	33
รูปที่ 3.20 การเชื่อมต่อวงจร Analog Isolator.....	34
รูปที่ 3.21 วงจรควบคุมของเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำ.....	34
รูปที่ 3.22 จุดติดตั้งเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลา.....	35
รูปที่ 4.1 การแสดงค่าบน Web server ของบริษัท.....	36
รูปที่ 4.2 การแสดงค่าผ่าน NETPIE application รูปแบบ Gauge.....	37
รูปที่ 4.3 การแสดงค่าผ่าน NETPIE application รูปแบบกราฟ.....	37
รูปที่ 4.4 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงค่า DO และ pH ในแต่ละช่วงเวลาของวัน.....	38
รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบค่า DO ที่วัดได้จากเซนเซอร์กับค่า DO ที่ได้จากการทำนาย.....	39

บทที่ 1

บทนำ

1. ที่มาและความสำคัญ

โครงการนี้จัดทำขึ้นเพื่อพัฒนาเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลา โดยมี บริษัท เอวิลอน อินโนเวชั่น จำกัด ในการเข้ามามีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ในระหว่างการทำโครงการ ซึ่งเป็นบริษัทที่พัฒนาเทคโนโลยีในด้าน IoT เกี่ยวกับการเกษตร และสำรวจพื้นที่การเกษตร เพื่อตอบสนองการเกษตรยุค 4.0 ซึ่งช่วยในเรื่องการประหยัดเวลา ต้นทุนการผลิต และเพื่อเพิ่มผลกำไรให้กับเกษตรกร

การตรวจวัดคุณภาพน้ำมีความสำคัญต่อธุรกิจฟาร์มปลา เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงค่าคุณสมบัติภายในน้ำและไม่มีการตรวจวัดคุณภาพน้ำภายในเวลานั้น ๆ อาจส่งผลกระทบต่อธุรกิจอย่างมหาศาล โดยทางผู้ประกอบการ ลี รุ่งเรือง ฟาร์ม ซึ่งทำการเกษตรเกี่ยวกับการเลี้ยงปลาน้ำจืด ต้องการให้ทางบริษัททำการพัฒนาเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำ ซึ่งทางบริษัทมอบหมายหน้าที่ให้นักศึกษาในเรื่องการศึกษาข้อมูลและพัฒนาเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำสำหรับการเลี้ยงปลา เพื่อช่วยให้เกษตรกรฟาร์มปลาสามารถติดตามค่าคุณสมบัติภายในน้ำของบ่อเลี้ยงปลา ซึ่งผู้ประกอบการฟาร์มปลามองว่า การที่มีเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำที่สามารถติดตามค่าคุณสมบัติต่างๆภายในน้ำโดยไม่ต้องทำการตรวจวัดด้วยตัวเอง สามารถช่วยอำนวยความสะดวกต่อผู้ประกอบการในหลาย ๆ ด้าน เช่น เพื่อลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นจากการที่คุณสมบัติภายในน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างในช่วงที่ไม่มีการตรวจวัดคุณภาพน้ำ และยังสามารถปรับปรุงคุณภาพน้ำได้ทันเวลาเมื่อคุณสมบัติภายในน้ำมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานการเลี้ยงปลา

จากการสำรวจฟาร์มเลี้ยงปลาที่ทางบริษัทได้มอบหมายงาน ปรากฏว่า ทางฟาร์มเลี้ยงปลา เป็นการเพาะพันธุ์ลูกปลาดุกอยู่ ซึ่งมีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงค่าคุณสมบัติภายในน้ำ และคุณภาพน้ำมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว จำเป็นต้องมีการตรวจวัดคุณภาพน้ำอย่างสม่ำเสมอ หากมีการบริหารที่ดีและนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในเรื่องการจัดการของฟาร์ม จะส่งผลในเรื่องของการเจริญเติบโตของปลาให้ดียิ่งขึ้น ทำให้ผลผลิตเพิ่มมากขึ้น

จากการศึกษา พบว่าค่า pH Temperature และ DO ส่งผลต่อการเพาะพันธุ์ปลาเป็นอย่างมาก ซึ่งมีความจำเป็นที่จะต้องติดตามการตรวจวัดคุณภาพน้ำอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งสาเหตุที่ทำให้ลูกปลาดุกตายนั้นเกิดจากการที่ค่า pH ในน้ำมีค่าไม่คงที่ และค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen) ในน้ำมีค่าที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ซึ่งค่า pH เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ลูกปลาดุกตาย โดยที่ค่า pH จะมีค่าลดลงในช่วงเวลากลางคืน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ไม่มีคนคอยตรวจวัดค่าคุณสมบัติในบ่อเลี้ยงปลา จึงเป็นช่วงเวลาที่เปอร์เซ็นต์การตายของลูกปลาดุกจะเพิ่มมากขึ้น (มลวิภา สือชัย, 2540)

ในปัจจุบันมีเทคโนโลยี IoT เข้ามาช่วยในด้านการเกษตร เพิ่มคุณภาพของผลผลิต และเพื่อการจัดการทางการเกษตร โดยได้นำเทคโนโลยี IoT มาช่วยในการติดตามค่าคุณสมบัติภายในน้ำเพื่ออำนวยความสะดวกต่อผู้ประกอบการ โดยทางบริษัทนำเทคโนโลยีด้าน IoT เข้ามาช่วยในการจัดเก็บข้อมูลไว้บน Cloud เพื่อติดตามคุณภาพน้ำ และทำการแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าคุณสมบัติภายในบ่อเลี้ยงปลาในช่วงเวลาต่าง ๆ

จากการศึกษาข้อมูล พบว่าเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำมีราคาที่สูง ทางเกษตรกรอาจมองว่า ไม่คุ้มค่าการลงทุน จึงนำข้อมูลที่เก็บบน Cloud มาทำการศึกษาความสัมพันธ์ของค่าคุณสมบัติต่างๆ เพื่อศึกษาแนวทางในการลดต้นทุนของเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำด้วยเทคโนโลยี IoT

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนาระบบ IoT เพื่อการตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลา

2.2 ศึกษาแนวทางในการลดต้นทุนของระบบที่พัฒนาขึ้น

3. ขอบเขตของโครงการสหกิจศึกษา

3.1 พัฒนาเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำร่วมกับเทคโนโลยี IoT

3.2 คุณภาพน้ำที่ทำการศึกษา เป็นคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงลูกปลาดุกอยู่

3.3 ทดสอบเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำที่ฟาร์ม ลี รุ่งเรือง ฟาร์ม ต.บางซ้าย อ.บางซ้าย

จ.พระนครศรีอยุธยา ลักษณะเป็นบ่อดิน ขนาด กว้าง 40 เมตร ยาว 50 เมตร

3.4 ในการตรวจวัดคุณภาพน้ำ เป็นการตรวจวัดคุณภาพในบ่อเลี้ยงปลา เฉพาะบริเวณที่เกิดปัญหามากที่สุดของบ่อ ไม่ได้เป็นค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลา

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

4.1 สามารถวัดค่าคุณสมบัติของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาแบบเรียลไทม์

4.2 สามารถปรับปรุงคุณภาพน้ำได้ทันเวลาเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) หรือค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen) มีค่าคุณสมบัติไม่ตรงตามมาตรฐานการเลี้ยงปลา

4.3 ทราบความสัมพันธ์ค่าคุณสมบัติต่างๆของน้ำภายในบ่อเลี้ยงปลาที่ทำการศึกษา

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเพาะพันธุ์ปลาดุกอูย

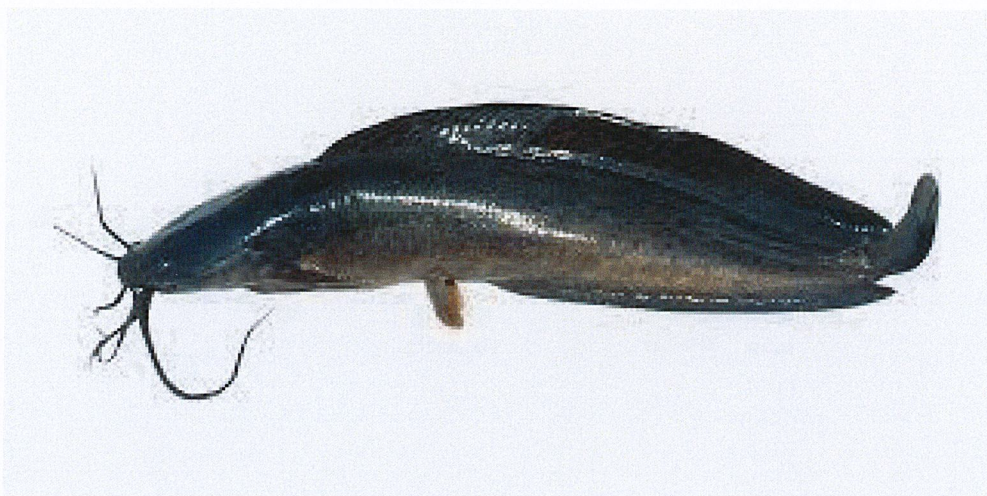
ปลาดุกอูย หรือ ปลาดุกนา มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ *Clarias macrocephalus* ปลาดุกอูยเป็นที่นิยมของผู้บริโภคชาวไทย และมีการทำธุรกิจเพาะพันธุ์ปลาดุกอูยเป็นจำนวนมาก เนื่องจากมีราคาที่สูงกว่าปลาน้ำจืดหลายชนิด จึงได้มีการเพาะเลี้ยงและผสมเทียมในบ่อ ในปัจจุบันได้มีการนำปลาดุกเทศ และปลาดุกอูยมาผสมพันธุ์กัน เรียกว่า "ปลาดุกบิ๊กอูย" ซึ่งมีการเจริญเติบโตที่เร็วกว่าและเพาะพันธุ์ง่ายกว่าปลาดุกอูยธรรมดา ซึ่งในการเพาะพันธุ์ลูกปลาดุกจะเรียกว่า “การอนุบาลปลา” เป็นช่วงที่มีความสำคัญมากที่สุดในการเพาะพันธุ์ปลา เพราะปลาในช่วงอายุนี้อาจจะมีความอ่อนไหวต่อสภาพอากาศมากกว่าช่วงอายุอื่นๆ ควรจะต้องมีการตรวจวัดคุณภาพน้ำอย่างสม่ำเสมอ

2.1.1 การอนุบาลปลาดุกอูย

การอนุบาลลูกปลา สามารถแบ่งออกเป็น 2 วิธี ดังนี้

1) การอนุบาลลูกปลาดุกในบ่อซีเมนต์ สามารถดูแลรักษาได้ง่ายกว่าการอนุบาลบ่อดิน ขนาดของบ่อซีเมนต์ควรมีขนาดประมาณ 2-5 ตารางเมตร ระดับความลึกของน้ำที่ใช้อนุบาลลึกประมาณ 15-30 เซนติเมตร การอนุบาลลูกปลาดุกที่มีขนาดเล็ก (อายุ 3 วัน) ซึ่งในระยะแรกควรใส่น้ำในบ่ออนุบาลลึกประมาณ 10-15 เซนติเมตร เมื่อลูกปลามีขนาดใหญ่ขึ้นจึงค่อย ๆ เพิ่มระดับน้ำให้สูงขึ้น การอนุบาลให้ลูกปลาดุกมีขนาด 2-3 เซนติเมตร จะใช้เวลาประมาณ 10-14 วัน น้ำที่ใช้ในการอนุบาลจะต้องเปลี่ยนถ่ายทุกวัน เพื่อเร่งการเจริญเติบโตของลูกปลาดุกอูย และยังเป็นการป้องกันการเน่าเสียของน้ำในบ่อ การอนุบาลลูกปลาดุกจะปล่อยในอัตรา 3,000-5,000 ตัว/ตารางเมตร อาหารที่เหมาะสมแก่ลูกปลาดุกอูย คือ ไรแดง เป็นหลัก แต่บางครั้งอาจให้อาหารเสริมบ้าง เช่น ไข่ตุ๋นบดละเอียด เต้าหู้บดละเอียด หรืออาจให้อาหารเร่งการเจริญเติบโต ซึ่งหากให้อาหารเสริมจะต้องระวังเกี่ยวกับการย่อยของลูกปลาและการเน่าเสียของน้ำในบ่อ

2) การอนุบาลลูกปลาดุกในบ่อดิน บ่อดินที่ใช้อนุบาลลูกปลาดุกควรมีขนาด 200-800 ตรม. บ่อดินที่จะใช้อนุบาลจะต้องมีการกำจัดศัตรูของลูกปลาก่อน และพื้นก้นบ่อควรเรียบ สะอาด ปราศจากพืชพรรณไม้ต่าง ๆ และก้นบ่อเลี้ยงปลาควรมีร่องขนาดกว้างประมาณ 0.5 -1 เมตร ยาวจากหัวบ่อจรดท้ายบ่อ และลึกจากระดับพื้นก้นบ่อประมาณ 20 เซนติเมตร เพื่อความสะดวกในการรวบรวมลูกปลา และตรงปลายร่องควรมีแอ่งลึก มีพื้นที่ประมาณ 2-4 ตารางเมตร เพื่อเป็นแหล่งรวบรวมลูกปลาดุกอูย ในการอนุบาลลูกปลาดุกอูยในบ่อ ต้องทำการเตรียมอาหารสำหรับลูกปลา โดยการเพาะไรแดงไว้ล่วงหน้าเพื่อเป็นอาหารให้แก่ลูกปลาก่อนที่จะปล่อย 1 ลูกปลาดุก ลงอนุบาลในบ่อ การอนุบาลในบ่อดินจะปล่อยในอัตรา 300-500 ตัว/ตารางเมตร การอนุบาลลูกปลาให้มีขนาด 3-4 เซนติเมตร ใช้เวลาโดยประมาณ 14 วัน แต่ในการอนุบาลลูกปลาดุกอูยในบ่อดิน ควบคุมอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดได้ยากกว่าการอนุบาลในบ่อซีเมนต์ (ยุทธนา กันทพงษ์, 2556)



รูปที่ 2.1 ปลาดุกอุย

2.2 คุณภาพน้ำและปัจจัยที่มีผลต่อการเลี้ยงปลา

2.2.1 ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

pH มีความสัมพันธ์โดยตรงกับสภาพกรดและสภาพด่างในน้ำ การเพิ่มสภาพด่างจะมีผลทำให้ pH มีค่าสูงขึ้น ในทางตรงกันข้ามการเพิ่มสภาพกรดจะทำให้ pH มีค่าลดลง pH มีผลต่อการเกิดแพลงก์ตอนพืช น้ำ และการเกิดสารพิษต่างๆ ในน้ำ ได้แก่ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) แอมโมเนีย (NH_3) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ตลอดจนปริมาณของไนไตรท์ (NO_2) ในน้ำอีกด้วย

โดยทั่วไปสภาพด่าง สภาพกรด และ pH เป็นกลุ่มของพารามิเตอร์ที่มีความเกี่ยวเนื่องกัน การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ 2 ตัวในกลุ่มจะมีผลทำให้พารามิเตอร์ที่เหลือเปลี่ยนแปลงไปด้วยเสมอ ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพกรด สภาพด่างและ pH อาจแสดงให้เห็นและนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายขึ้นด้วย รูปที่ 2.2 นั่นคือถ้ารู้ค่าของพารามิเตอร์ 2 ตัวในกลุ่ม ย่อมจะรู้ค่าของพารามิเตอร์ตัวที่ 3 ได้เสมอ ควรตระหนักว่า ปริมาณสารละลายทั้งหมด (TDS) และอุณหภูมิมีอิทธิพลต่อพารามิเตอร์กลุ่มนี้ จึงต้องคำนึงถึงด้วยเสมอ

สารประกอบที่ทำให้เกิดสภาพด่างมี 3 ชนิดคือ ไฮดรอกไซด์ (OH) คาร์บอเนต (CO_3^{2-}) และ ไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) น้ำที่มีสารประกอบตัวใดตัวหนึ่งใน 3 ชนิดดังกล่าวจะเป็นน้ำที่มีสภาพด่างอยู่ด้วย รูปที่ 2.3 เป็นตัวอย่างการกระจายตัวของ OH , CO_3^{2-} และ HCO_3^- ที่ระดับ pH ต่างๆ ในน้ำที่มีสภาพด่างทั้งหมด 100 มก./ล. (วัดในรูปของ $CaCO_3$) และอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เนื่องจาก pH, OH , CO_3^{2-} และ HCO_3^- มีความสัมพันธ์กันดังที่ได้กล่าวมาแล้ว PH จึงเป็นพารามิเตอร์ที่กำหนดชนิดของสารด่างที่อยู่ในน้ำ ยกตัวอย่างเช่น น้ำที่มี pH สูงถึง 11 หรือมากกว่าจะมี OH และ CO_3^{2-} มากที่สุด pH ยิ่งสูงก็ยังมี OH มาก น้ำที่มี PH อยู่ในช่วงเป็นกลางจะมี HCO_3^- มากที่สุด ส่วนน้ำที่มี PH อยู่ในช่วงประมาณ 9.5 - 10.5 จะมีค่า CO_3^{2-} มากที่สุด (มลวิภา, 2540)

ความเป็นกรดเป็นด่าง เป็นการวัดปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนที่มีอยู่ในน้ำเพื่อเป็นเครื่องแสดงให้เราทราบว่า น้ำหรือสารละลายมีคุณสมบัติเป็นกรดเป็นด่าง ในการทำปฏิกิริยาต่างๆ ระดับความเป็นกรดด่างมีค่าอยู่ระหว่าง 0-14 โดย 7 เป็นจุดกึ่งกลางหากต่ำกว่า 7 มีค่าเป็นกรด หากสูงกว่าเป็นด่าง ค่า pH ในแหล่งน้ำธรรมชาติโดยทั่วไปขึ้นอยู่กับภูมิประเทศ สิ่งแวดล้อมหลายประการ เช่น ลักษณะพื้นดินและหิน ตลอดจนการใช้ที่ดินบริเวณแหล่งนั้น และอิทธิพลของสิ่งมีชีวิตในน้ำ เช่น จุลินทรีย์และแพลงก์ตอนพืช pH ของน้ำมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์ในแหล่งน้ำ พืชน้ำสามารถใช้อาหารได้ดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับค่า pH ของน้ำ หากระดับ pH ต่ำกว่า 4.5 พืชน้ำเจริญเติบโตได้ไม่ดี ขณะเดียวกันหากค่า pH ต่ำหรือสูงเกินไปก็ไม่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จึงมีผู้แนะนำช่วง pH ที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำดังนี้

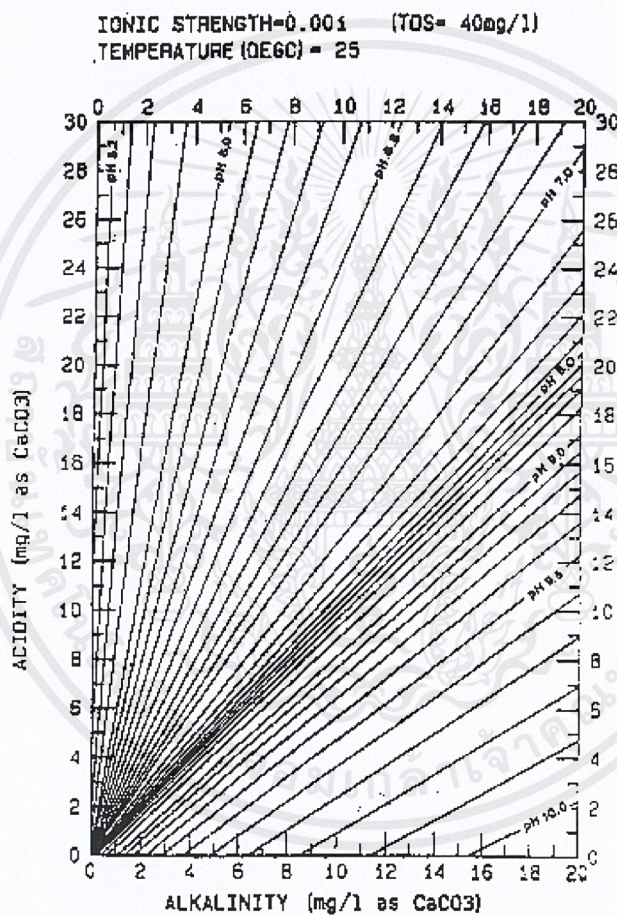
- pH 4.0 หรือต่ำกว่า = เป็นจุดอันตรายทำให้ปลาตายได้
- pH 4.0-6.0 = ปลาบางชนิดอาจไม่ตาย แต่ผลผลิตจะต่ำคือ การเจริญเติบโตช้าการสืบพันธุ์หรือหยุดชะงัก
- pH 6.5-9.0 = ระดับที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
- pH 9.0-11.0 = ไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำหากต้องอาศัยอยู่เป็นเวลานาน
- pH 11 หรือมากกว่า = เป็นพิษต่อปลา

ปลาดุกสามารถอาศัยในน้ำที่มีค่า pH ตั้งแต่ 6.5-9.0 และน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาไม่ควรมีการเปลี่ยนแปลงของ pH เกินกว่า 2 หน่วยในรอบวัน ส่วนในช่วง pH 4-6 และ 9-11 ปลาจะเจริญเติบโตช้าและอ่อนแอ (มานพ, 2536)

ในบ่อเพาะเลี้ยงปลา ค่า pH จะเกิดการเปลี่ยนแปลงในช่วงตอนกลางวันและกลางคืน เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชและพืชน้ำใช้คาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อทำการสังเคราะห์แสงในตอนกลางวัน ทำให้ค่า pH สูงและจะค่อย ๆ ลดตอนกลางคืน เนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์ถูกปล่อยคืนกลับมาจากการหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำ ซึ่งน้ำที่มีค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) ต่ำ จะมีปริมาณแพลงก์ตอนพืชมาก ดังนั้นในการเช็คค่า pH ในบ่อเลี้ยงปลา ควรเช็คในเวลาเช้ามืดและช่วงบ่าย เพื่อได้ทราบค่า pH ต่ำสุดและสูงสุดในรอบวัน เพื่อที่จะป้องกันแก้ไขได้ทัน กรณีค่า pH สูง 9-10 หากเกิดขึ้นช่วงระยะเวลาสั้นๆ จะไม่ส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำ และแหล่งน้ำที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงปลา ไม่ควรมีค่า pH เปลี่ยนแปลงเกิน 2 หน่วยในรอบวัน นอกจากนี้ ค่า pH มีผลกระทบต่อสัตว์น้ำทางอ้อม เช่น ทำให้สารพิษชนิดอื่น ๆ แยกตัวเพิ่มขึ้นหรือลดลง เช่น pH ระดับสูงขึ้นทำให้ความเป็นพิษของแอมโมเนียเพิ่มมากขึ้น การแทรกซึมของสารพิษบางชนิดเข้าสู่ร่างกายสัตว์น้ำขึ้นอยู่กับค่า pH ของสารละลายนั้นๆ นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยในบ่อปลา หากปรากฏว่าน้ำหรือดินในบ่อที่มีสภาพเป็นกรดมากเกินไป จะต้องปรับปรุงค่า pH สูงขึ้นจนอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลา จึงค่อยทำการใส่ปุ๋ย เพื่อที่จะให้ปุ๋ยสามารถละลายและถูกนำไปใช้โดยสิ่งมีชีวิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการปรับค่า pH ในบ่อเลี้ยงปลา จะพบว่าบ่อเลี้ยงปลาหลายแห่งดินมีสภาพเป็นกรด (acid soil) ทำให้น้ำในบ่อมีสภาพเป็นกรด ซึ่งทำให้ส่งผลกระทบต่อ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จึงต้องทำการปรับปรุงคุณภาพน้ำ

โดยการเติมปูนขาว (Liming) โดยปูนขาวจะทำปฏิกิริยากับดินช่วยให้ค่า pH เพิ่มขึ้น หากบ่อที่ทำการขุดขึ้นใหม่ ควรตรวจวัดคุณภาพน้ำและปรับสภาพน้ำอยู่เสมอ (วีริช, 2544)

ปลาแต่ละชนิดจะมีความทนทานต่อความเป็นกรด-ด่าง ได้ต่างกัน หากน้ำมีสภาพความเป็นกรดมากเกินไปทำให้ปลามีผิวหนังซีดขุ่นขาว ปลาจะว่ายไปมาอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ปลาก็พยายามสูบอากาศและพยายามกระโดดออกจากบ่อ ท้ายที่สุดทำให้ปลาตายได้ หากน้ำมีสภาพเป็นด่าง pH 8-9 หรืออาจสูงกว่า จะทำให้ครีบบลากร่อนและเกิดการระคายเคืองขึ้นที่เหงือก ซึ่งการป้องกันไม่ให้ pH ของน้ำสูงเกินไปทำได้โดยการคุมไม่ให้มีน้ำเสียขุ่นเกินไป โดยการลดปุ๋ย ลดการให้อาหาร พร้อมถ่ายน้ำออกบางส่วนแล้วเติมปูนขาวอัตรา 50-60 กก./ไร่ และไม่ควรเลี้ยงปลาหนาแน่นมากเกินไป (กรมประมง, 2552)



รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพกรด สภาพด่าง และ pH (มันลิน,2538)

2.2.2 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen)

มีความสำคัญต่อการเลี้ยงปลา ซึ่งปลาต้องใช้ในการหายใจ ดังนั้นปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำจึงมีผลกระทบต่ออัตราการดำรงชีวิตของปลาในด้านต่าง ๆ ได้แก่ การเจริญเติบโต การตาย การเผาผลาญอาหารในร่างกาย การกินอาหาร ความต้านทานต่อโรค พฤติกรรมของปลา เป็นต้น อัตราการใช้

ออกซิเจนของปลาแตกต่างกันตามชนิด ขนาด ระยะต่างๆ ในช่วงชีวิต พฤติกรรมของปลา เช่น การกินอาหาร การสืบพันธุ์ การเคลื่อนไหว เป็นต้น และสภาพแวดล้อมที่ปลาอาศัยอยู่ เช่น อุณหภูมิ ปลาจะใช้ ออกซิเจนมากขึ้นตามอุณหภูมิของน้ำที่สูงขึ้น ทั้งนี้เพราะว่าอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้อัตราการเผาผลาญอาหาร ในร่างกายของปลาสูงขึ้น ปลาจึงกินอาหารมากขึ้น โดยที่ปลาจะกินอาหารน้อยลงเมื่อปริมาณออกซิเจนใน น้ำลดต่ำลง ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ปลาเจริญเติบโตช้าเมื่ออาศัยอยู่ในน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำ การใช้ ออกซิเจนของปลาหลังจากกินอาหารมีอัตราสูงกว่าเมื่อปลายังไม่ได้กินอาหารเนื่องจากปลา ต้องใช้พลังงาน เพิ่มขึ้นเพื่อกระบวนการย่อยอาหาร (Moss และ Scott, 1964)

น้ำในบ่อปลาส่วนใหญ่ได้รับออกซิเจนจากกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชในน้ำ และ จากการแพร่จากบรรยากาศลงสู่ น้ำ ส่วนสาเหตุที่ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลง ได้แก่ การหายใจของ สัตว์น้ำและพืชน้ำ และการย่อยสลายอินทรีย์สารต่างๆ ในน้ำโดยพวกแบคทีเรียในบ่อ การควบคุมปริมาณพืชน้ำและแพลงก์ตอนจึงมีความจำเป็นเพื่อให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเพียงพอตลอดวัน การเน่าสลายของอินทรีย์วัตถุต่าง ๆ โดยแบคทีเรียที่ต้องการใช้ออกซิเจนอย่างเดียวยังเรียกว่า Biochemical oxygen demand (BOD) จะเป็นดัชนีในการแสดงว่าน้ำมีความเน่าเสียมากน้อยเพียงใด ถ้าปริมาณ ความต้องการออกซิเจนสูงมาก แสดงว่า ในน้ำมีอินทรีย์วัตถุเน่าสลายอยู่มาก โดยมีแบคทีเรียทำการย่อย สลายโดยทั่วไปปลาไม่สามารถทนอยู่ในน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำกว่า 0.3 มก./ล หรือต่ำกว่า 1.0 มก./ล เป็นเวลานานแต่ปลาบางชนิดมีความต้องการออกซิเจนต่ำและมีอวัยวะพิเศษช่วยในการหายใจ สามารถที่จะอยู่ได้ ดังนั้น ในการควบคุมป้องกันไม่ให้สัตว์น้ำได้รับอันตรายไม่ควรให้ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำต่ำ กว่า 3 มก./ล หรือหากต่ำกว่านี้ควรเป็นระยะเวลาสั้นเพียง 2-3 ชั่วโมง (กรมประมง, 2552)

การขาดแคลนออกซิเจนในน้ำถึงแม้ไม่ต่ำถึงระดับทำให้ปลาตาย แต่อาจมีผลต่อการ ดำรงชีวิตสัตว์น้ำได้หลายประการ เช่น ปริมาณออกซิเจนต่ำกว่า 3 มก./ล ทำให้ระยะพักไข่ของปลาช้ากว่า ปกติ นอกจากนี้สัตว์น้ำขนาดเล็กตัวอ่อนมีความแข็งแรงน้อยลง การเจริญเติบโตและต้านทานสารพิษน้อยลงไป ด้วย ซึ่งแนวทางแก้ไขภาวะขาดแคลนออกซิเจนระยะสั้น ควรใช้เครื่องมือพ่นน้ำเป็นฝอยกระจายเพื่อดึงเอา ออกซิเจนในบรรยากาศลงมา การป้องกันระยะยาวควบคุมปริมาณแพลงก์ตอนไม่ให้มีมากเกินไป โดยใช้วิธี วัดความโปร่งใส (Transparency) การขาดออกซิเจนในบ่อเลี้ยงปลาที่อาศัยอยู่ในน้ำที่มีปริมาณออกซิเจน ไม่เพียงพอ ปลา มักจะว่ายน้ำเร็วกว่าปกติ กระวนกระวาย กระโดดออกมาจากบ่อหรืออาจจะว่ายน้ำอยู่ บริเวณผิวน้ำและโผล่ปากขึ้นมาเหนือน้ำเพื่อสูบอากาศ การขาดออกซิเจนในน้ำในบ่อเลี้ยงมักเกิดจากการ เปลี่ยนน้ำไม่ดีพอหรือให้อาหารมากเกินไป อาหารที่เหลือจะเกิดการเน่าเปื่อยและใช้ออกซิเจนมากทำให้ออกซิเจนในน้ำลดลง นอกจากนี้การที่น้ำมีอุณหภูมิสูงจะมีผลช่วงเร่งปฏิกิริยาการเน่าเปื่อยของอาหารทำให้ ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงอีก ด้วยการใช้สารเคมีบางชนิดเพื่อรักษาโรค ทำให้เกิดภาวะการขาด ออกซิเจน เช่น ฟอร์มาลีน และด่างทับทิม (กรมประมง, 2552)

การป้องกันการขาดออกซิเจนในบ่อเลี้ยงทำได้โดยการดูแลความสะอาดของบ่อมีระบบ การให้อากาศที่ดีและมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำอยู่เสมอโดยดูดน้ำจากก้นบ่อออกให้มากที่สุดเท่าที่ทำได้ นอกจากนี้ไม่ควรปล่อยปลาลงเลี้ยงหนาแน่นเกินไป (กรมประมง, 2552)

2.2.3 อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิของน้ำจะมีผลต่อขบวนการต่างๆภายในร่างกายของปลาเป็นอย่างมาก เช่น การกินอาหาร การย่อยอาหาร การเคลื่อนไหว การหายใจ การสืบพันธุ์ และการเจริญเติบโต นอกจากนี้ยังมีผลต่อปฏิกิริยาย่อยสลายอินทรีย์สารของแบคทีเรียในน้ำด้วย ซึ่งมีผลโดยตรงต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิตนอกจากนี้การเพิ่มหรือลดของอุณหภูมิอย่างกะทันหันจะมีผลกระทบต่อปลามาก จึงไม่ควรให้อุณหภูมิของน้ำลดอย่างกะทันหันเกิน 2 องศา เซลเซียส เพราะอาจทำให้ปลาช็อคและตายได้ ซึ่งในเรื่องนี้มีความสำคัญมากในช่วงที่ปล่อยลูกปลาลงเลี้ยง เพราะฉะนั้นจึงไม่ควร นำปลาจากที่หนึ่งไปปล่อยอีกแห่งหนึ่งที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันมาก โดยเฉพาะเมื่อนำปลาจากน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำไปปล่อยในน้ำที่มีอุณหภูมิสูงกว่า (กรมประมง, 2552)

2.3 NETPIE

2.3.1 แนะนำ NETPIE

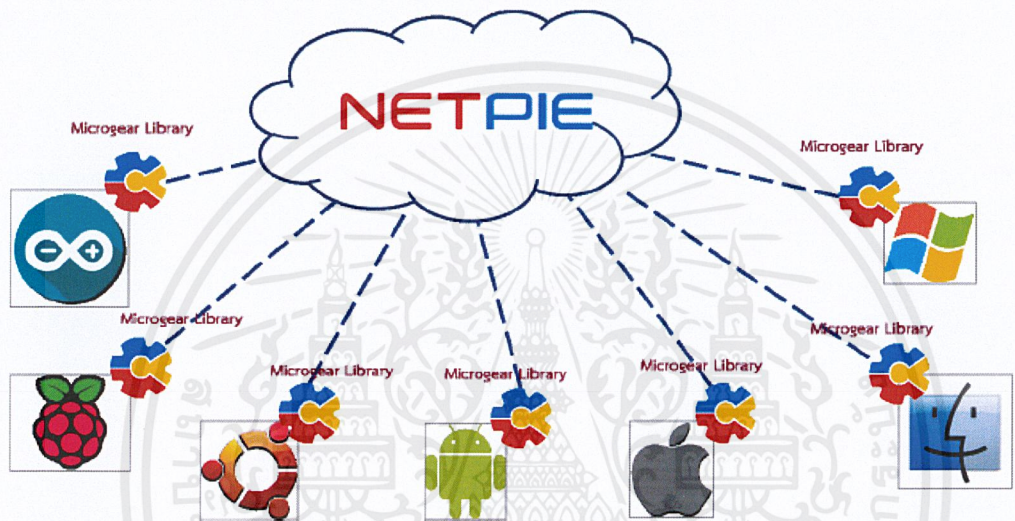
ในปัจจุบันเทคโนโลยี Internet of Things หรือ IoT เริ่มเข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวัน IoT คือ สภาพแวดล้อมอันประกอบด้วยสรรพสิ่ง (Things) ที่สามารถสื่อสารและเชื่อมต่อกันได้ผ่านโพรโทคอลการสื่อสารทั้งแบบใช้สายและไร้สาย โดยสรรพสิ่งต่างๆ มีวิธีการระบุตัวตนได้ รับรู้บริบทของสภาพแวดล้อมได้และมีปฏิสัมพันธ์โต้ตอบและทำงานร่วมกันได้

ปัจจุบันเราสามารถนำเทคโนโลยี IoT มาประยุกต์ในด้านต่างๆ โดยเพิ่มขีดความสามารถของอุปกรณ์เครื่องใช้หรือบริการ ให้สามารถรับรู้ แลกเปลี่ยนข้อมูล แสดงผล ควบคุมหรือทำงานร่วมกันได้ โดยก้าวข้ามขีดจำกัดในเรื่องของเวลาและสถานที่ เป็นการบูรณาการเทคโนโลยีต่างๆ เช่น การสื่อสารเครือข่ายคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ อุปกรณ์ระบบสมองกลฝังตัว อุปกรณ์เซนเซอร์ และข้อมูล เข้าด้วยกัน และด้วยราคาของอุปกรณ์ต่างๆ ที่ถูกลงสวนทางกับสมรรถนะที่ดีขึ้น ทำให้การพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์หรือบริการที่เป็น IoT เป็นไปได้โดยง่าย

NETPIE เป็นแพลตฟอร์มให้บริการสำหรับ IoT เป็นระบบพื้นฐานที่อำนวยความสะดวกให้กับนักพัฒนา นักพัฒนาฮาร์ดแวร์สามารถพัฒนาอุปกรณ์ โดยไม่ต้องกังวลเรื่องการติดตั้งดูแลระบบสื่อสาร ระบบเซิร์ฟเวอร์ หรือฐานข้อมูลใดๆ ในขณะที่เดียวกันแพลตฟอร์มนี้ยังช่วยให้นักพัฒนาซอฟต์แวร์เข้าถึงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ได้ง่ายขึ้น ผ่านไลบรารีสำเร็จรูปที่แพลตฟอร์มเตรียมไว้ให้ ดังนั้นบริการแพลตฟอร์ม NETPIE จึงเป็นเสมือนสะพานเชื่อมระหว่างนักพัฒนาฮาร์ดแวร์และนักพัฒนาซอฟต์แวร์

NETPIE เป็น IoT (Internet of Things) Cloud Platform ที่พัฒนาขึ้นโดยทีมงานวิจัย และเปิดให้บุคคลทั่วไปใช้งานโดยมี Web Portal ที่ให้สามารถลงทะเบียนและจัดการตัวตนและสิทธิ์ของแอปพลิเคชันและอุปกรณ์ได้ที่เว็บไซต์ <https://netpie.io> ตั้งแต่เดือนกันยายน 2558 เป็นต้นมา NETPIE เป็น Middleware ที่มีหัวใจหลัก (นอกเหนือจากส่วนอื่นๆ) เป็น Distributed MQTT Brokers ซึ่งเป็นเสมือนจุดนัดพบให้สิ่งต่างๆ (Things) มาติดต่อสื่อสารและทำงานร่วมกันผ่านวิธีการส่งข้อความแบบ

Publish/Subscribe NETPIE มีโครงสร้างสถาปัตยกรรมเป็นคลาวด์อย่างแท้จริงในทุกองค์ประกอบ ทำให้สามารถขยายตัวได้อย่างอัตโนมัติ (Auto-scale) สามารถดูแลและซ่อมแซมตัวเองได้อัตโนมัติเมื่อส่วนหนึ่งส่วนใดในระบบมีปัญหา (Self-healing, Self-recovery) โดยไม่ต้องพึ่งผู้ดูแลระบบ การบริหารจัดการระบบเป็นแบบ Plug-and-Play ไม่ต้อง Configure หรือปรับแต่ง ในฝั่งอุปกรณ์ NETPIE มี Client Library หรือที่เรียกว่า Microgear ซึ่งทำหน้าที่สร้างและดูแลช่องทางสื่อสารระหว่างอุปกรณ์กับ NETPIE รวมไปถึงรักษาความปลอดภัยในการส่งข้อมูล Microgear เป็น Open Source และสามารถดาวน์โหลดได้จาก <https://github.com/netpieio> โดย ณ ปัจจุบันมี Microgear สำหรับ OS และ Embedded Board หลักๆ ที่เป็นที่ยอมรับในหมู่นักพัฒนาเกือบทุกชนิด โมเดลการสื่อสารของ NETPIE แสดงไว้ในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.3 วิธีการสื่อสารของสิ่งต่างๆ ผ่าน NETPIE

2.3.2 ประโยชน์ของ NETPIE

1. ช่วยลดการใช้ทรัพยากรของการเชื่อมต่อ

NETPIE ช่วยให้อุปกรณ์สามารถสื่อสารกันได้โดยผู้ใช้งานไม่ต้องกังวลว่า อุปกรณ์นั้นจะอยู่ที่ใด เพียงแค่ Library ไปติดตั้งในอุปกรณ์ NETPIE จะมีหน้าที่ในการเชื่อมต่อให้ทั้งหมด ไม่ว่าอุปกรณ์นั้นจะอยู่ในเครือข่ายชนิดใด ลักษณะใด หรือแม้กระทั่งเคลื่อนย้ายไปอยู่ที่ใด ผู้ใช้สามารถตัดปัญหาในการเข้าถึงอุปกรณ์จากระยะไกล (Remote Access) ด้วยวิธีการแบบเดิมๆ เช่น การใช้ Fixed Public IP Address หรือการตั้ง Port Forwarding ในเราเตอร์ ซึ่งทั้งหมดล้วนมีความยุ่งยาก ลดความยืดหยุ่นของระบบ และ NETPIE ยังช่วยให้การเริ่มต้นใช้งานเป็นไปโดยง่าย โดยออกแบบให้อุปกรณ์ถูกค้นพบและเข้าสู่บริการโดยอัตโนมัติ (Automatic Discovery, Plug-and-Play)

2. ช่วยลดภาระด้านความปลอดภัยของข้อมูล

NETPIE ถูกออกแบบให้มีระดับและสิทธิ์ในการเข้าถึงในระดับ Fine Grain กล่าวคือผู้ใช้งานสามารถออกแบบได้เองทั้งหมดว่า สิ่งใดมีสิทธิ์คุยกับสิ่งใด สิ่งใดมีสิทธิ์หรือไม่เพียงใดในการอ่านหรือเขียนข้อมูล และสิทธิ์เหล่านี้จะมีอายุการใช้งานนานเท่าใด เป็นต้น

3. ยืดหยุ่นต่อการขยายระบบ

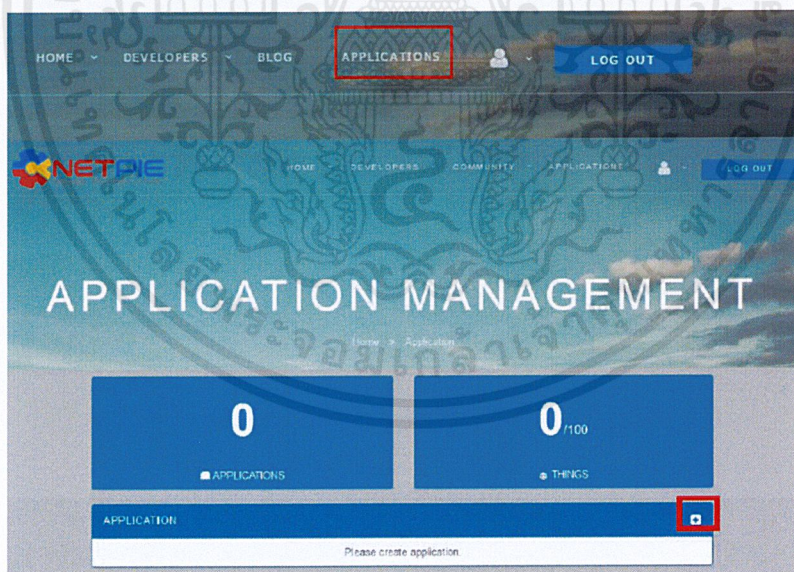
NETPIE มีสถาปัตยกรรมเป็น Cloud เซิร์ฟเวอร์อย่างแท้จริงในทุกองค์ประกอบของระบบ ทำให้เกิดความยืดหยุ่นและคล่องตัวสูงในการขยายตัว นอกจากนี้โมดูลต่างๆ ยังถูกออกแบบให้ทำงานแยกจากกัน เพื่อให้เกิดสภาวะ Loose Coupling และสื่อสารกันด้วยวิธี Asynchronous Messaging ช่วยให้แพลตฟอร์มมีความน่าเชื่อถือได้สูง นาไปใช้ซ้ำและพัฒนาต่อได้ง่าย ดังนั้นผู้พัฒนาไม่จำเป็นต้องกังวลกับการขยายตัวเพื่อรับโหลดที่เพิ่มขึ้นในระบบอีกต่อไป

2.3.3 การสร้างแอปพลิเคชัน

หลังจากสมัครสมาชิก และล็อกอินได้เรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้สามารถสร้างแอปพลิเคชันได้โดยทำตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เลือกที่เมนู APPLICATIONS เพื่อเข้าไปที่หน้า APPLICATION MANAGEMENT ซึ่งแสดงแอปพลิเคชันทั้งหมดที่ผู้ใช้งานมีอยู่ การสร้างแอปพลิเคชันใหม่ทำได้โดยการคลิกที่ปุ่ม + ดังแสดงใน รูปที่ 2.5

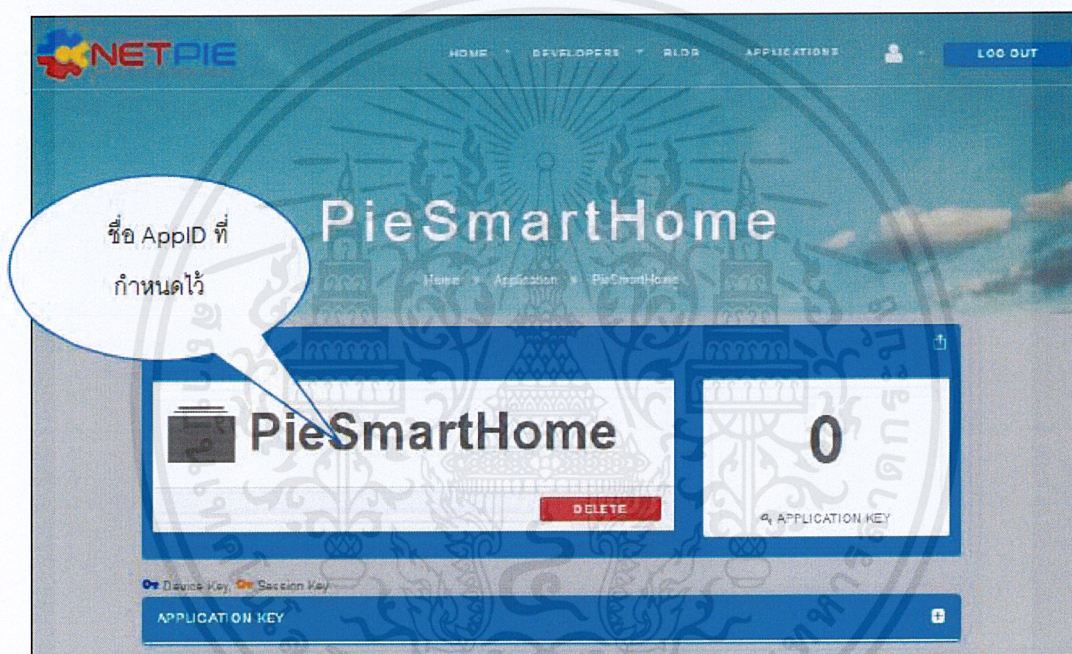
2. ในหน้าต่าง Pop-up ให้กำหนดชื่อแอปพลิเคชัน (Application ID หรือ AppID) ที่ต้องการ ในตัวอย่างนี้ใช้ชื่อว่า PaulSmartHome จากนั้นคลิกปุ่ม CREATE การตั้งชื่อ AppID จะต้องไม่ซ้ำกับผู้อื่น ดังนั้นควรเลือกชื่อที่มีความเฉพาะตัวเพื่อให้จำได้ เนื่องจาก AppID นี้จะถูกนำไปใช้ในการพัฒนาโปรแกรมต่อไป



รูปที่ 2.4 หน้าจัดการแอปพลิเคชันสำหรับผู้ใช้งาน NETPIE

รูปที่ 2.5 กล่องให้ผู้ใช้งานตั้งชื่อ AppID

3. หากสร้างแอปพลิเคชันใหม่ได้สำเร็จที่หน้าต่าง APPLICATION ในหน้า APPLICATION MANAGEMENT จะปรากฏช่องของชื่อ AppID ที่เรากำหนดไว้ หลังจากสร้างเสร็จจะเปลี่ยนไปที่หน้าของแอปพลิเคชันที่สร้างขึ้นใหม่นี้โดยอัตโนมัติ ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 การตั้งชื่อและเลือกชนิด Application Key

4. สร้าง Application Key โดยคลิกที่ปุ่ม +
5. กำหนดชื่อของ Application Key ตามต้องการ ในตัวอย่างใช้ข้อความว่า **Key Television1** และเลือกชนิดของ Key ใน Drop-down box ให้เป็น Device Key

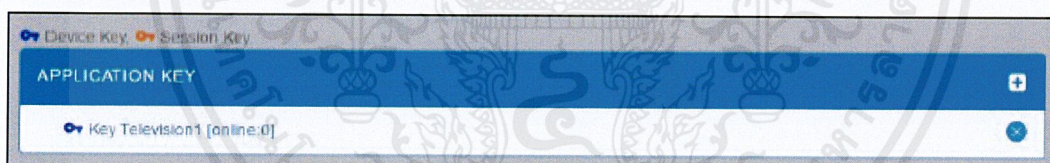
รูปที่ 2.7 การตั้งชื่อและเลือกชนิด Application Key

Application Key มี 2 ประเภท คือ

1) Device Key คือ Key ที่ใช้กับอุปกรณ์ประเภทกายภาพ โดย Device Key ของอุปกรณ์นั้นจะถูกจดจำไปตลอดถึงแม้อุปกรณ์จะไม่ได้เชื่อมต่อกับ NETPIE แล้ว แต่เมื่อมีการเชื่อมต่อใหม่ จะถูกมองว่าเป็นอุปกรณ์ตัวเดิม ประโยชน์คือเราจะสามารถจดจำอ้างอิงถึงอุปกรณ์ตัวนั้นได้

2) Session Key คือ Key ที่ใช้กับอุปกรณ์ที่มีการใช้งานไม่ถาวรเช่น Browser เมื่อยกเลิกการเชื่อมต่อหรือปิด Browser ไปตัวตนของอุปกรณ์นั้นจะถูกลบทิ้ง เมื่อเชื่อมต่อมาอีกครั้งระบบจะสร้างบัตรผ่านใหม่จาก Key ตัวเดิมให้ โดย NETPIE จะไม่ถือว่าอุปกรณ์ที่ Online แต่ละครั้งมีตัวตนเดียวกัน แตกต่างจากกรณี Device Key

เมื่อสร้างสำเร็จ จะมีชื่อ **Key Television1** ปรากฏในหน้าต่าง APPLICATION KEY



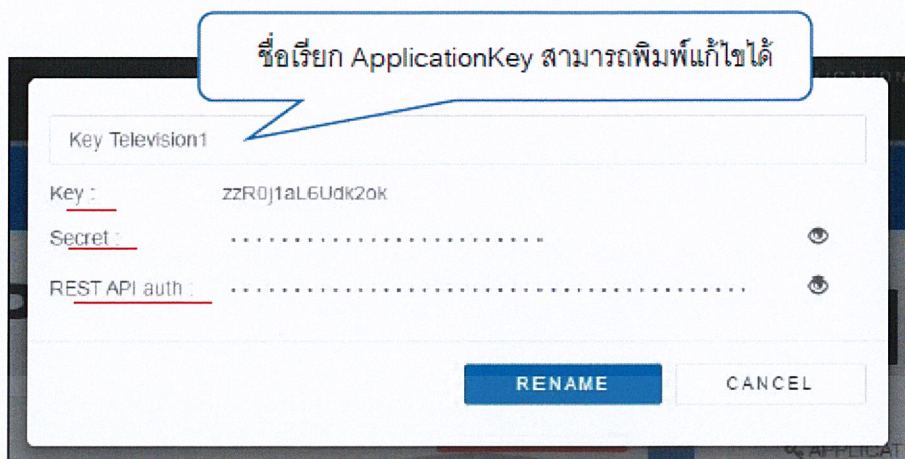
รูปที่ 2.8 แสดงชื่อ Application key

6. ตรวจสอบข้อมูลหรือดูรายละเอียด Key ด้วยการคลิกที่ **Key Television1** จะปรากฏข้อมูลของ Application Key ซึ่งประกอบด้วย

Application Key Name สามารถเปลี่ยนแปลงชื่อได้ตามที่ต้องการ มีไว้ให้ผู้ใช้สามารถระบุอุปกรณ์ของตนภายใต้ AppID หนึ่งเท่านั้น จึงสามารถตั้งซ้ำกับชื่อผู้อื่นได้

Key เป็นกุญแจที่อุปกรณ์ใช้สำหรับเชื่อมต่อ NETPIE

Secret เป็นรหัสลับหรือรหัสผ่านที่อุปกรณ์ต้องใช้คู่กับ Key สำหรับให้อุปกรณ์เชื่อมต่อ NETPIE REST API auth เป็นกุญแจที่เรียงต่อกับรหัสลับเพื่อใช้สำหรับการใช้งานด้วย REST API



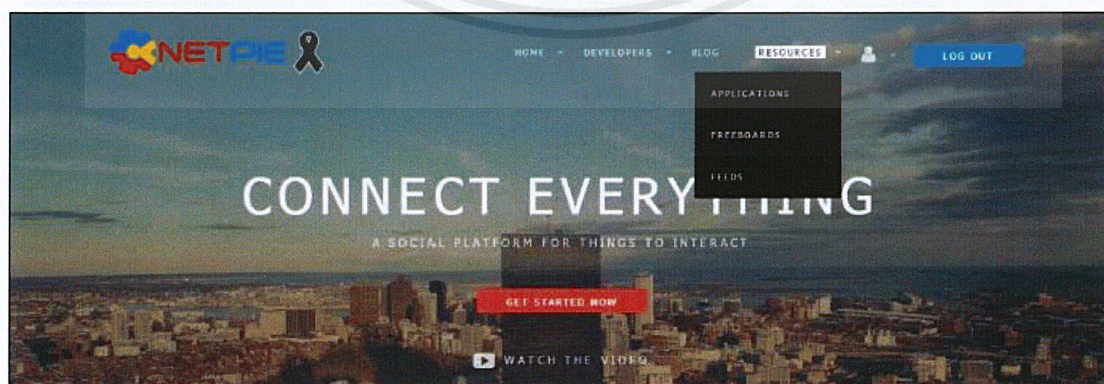
รูปที่ 2.9 การเปลี่ยนชื่อ Application Key

2.3.4 NETPIE FEED

ข้อมูลที่เกิดจากการอ่านค่าของอุปกรณ์เซนเซอร์ในบอทที่แล้ว สามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย เช่น ใช้สำหรับการตรวจสอบ(Monitoring)หรือการแสดงผลของข้อมูล(Data Visualization) โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลแบบทันเวลา (Real-time Data) ซึ่งจะต้องเก็บรวบรวมด้วยอัตราความถี่ที่เหมาะสมเพื่อให้การตรวจสอบหรือการแสดงผลตรงตามความต้องการ ในปัจจุบันแพลตฟอร์ม NETPIE มีบริการที่สามารถเก็บข้อมูลและแสดงผลที่เรียกว่า Feed ซึ่งทำหน้าที่เสมือนถังเก็บข้อมูลประเภท Time-Series กล่าวคือ เป็นชุดข้อมูลหรือค่าตัวแปร ณ เวลาต่างๆ เช่น อุณหภูมิอากาศในช่วงเวลาต่างๆ ของวัน เป็นต้น ข้อมูลเหล่านี้จะถูกเก็บแบบต่อเนื่องสะสมกันไปตลอด และสามารถเรียกออกมาดูในช่วงเวลาใดก็ได้ ในบทนี้จะอธิบายรายละเอียดการใช้งาน NETPIE Feed ตั้งแต่การตั้งค่าการเก็บข้อมูลจาก Data source ไปจนถึงการแสดงผล

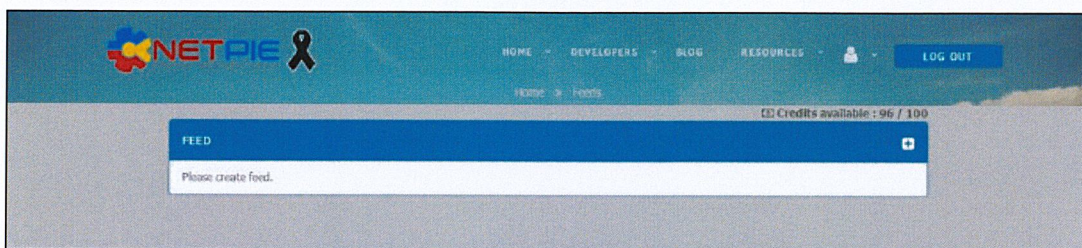
1. การสร้าง FEED

1.1) เลือก FEEDS จากเมนู RESOURCES



รูปที่ 2.10 การเข้าใช้งาน Feed จากเมนู Resources

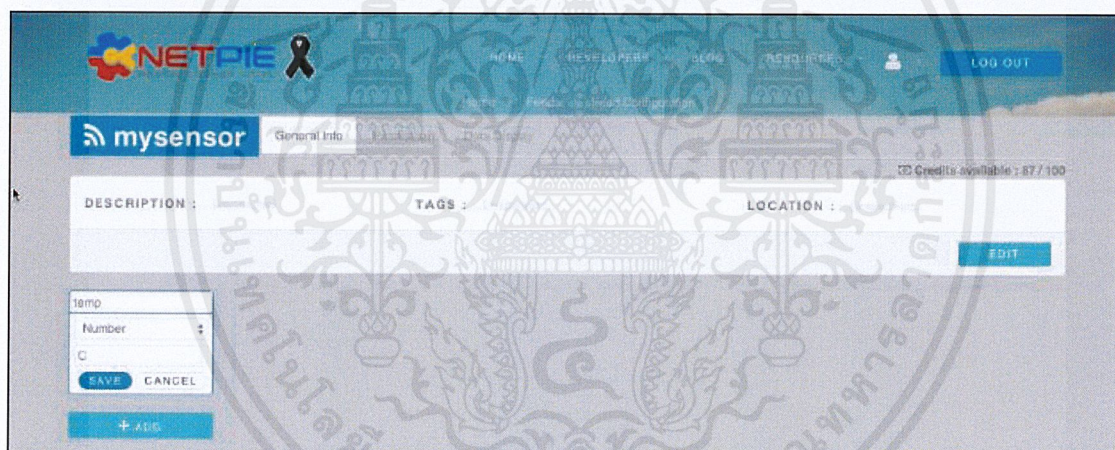
1.2) สร้าง Feed ใหม่ หรือเพิ่ม Feed ด้วยการคลิกที่เครื่องหมาย + ที่มุมบนของ Feed



รูปที่ 2.11 การสร้างหรือเพิ่ม Feed ใหม่

1.3) ตั้งชื่อ Feed โดยที่ชื่อนี้จะต้องไม่ซ้ำกับที่เคยมีมาก่อน และห้ามซ้ำกับของผู้ใช้อื่น เมื่อตั้งชื่อแล้วให้คลิก CREATE เพื่อสร้าง Feed

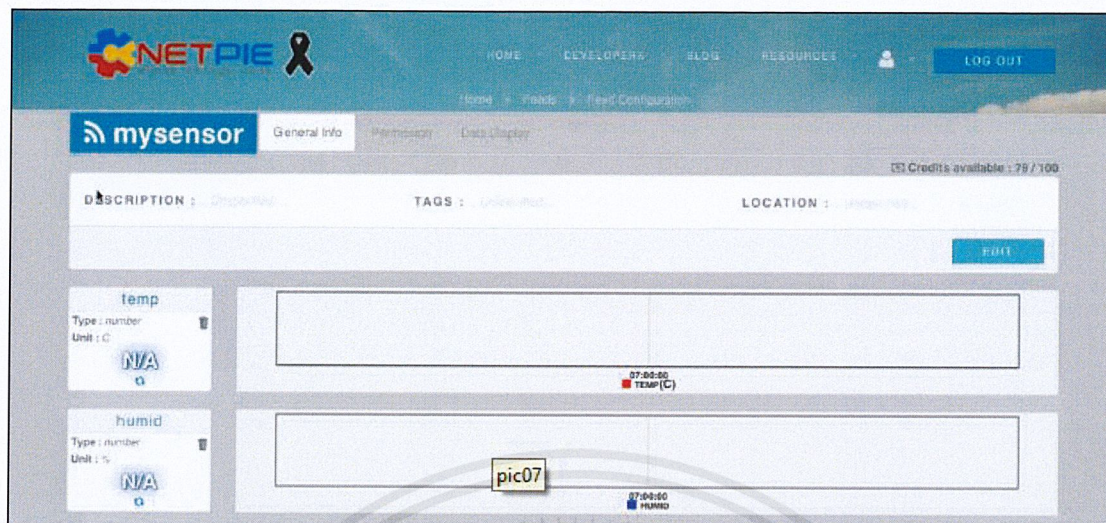
1.4) เมื่อสร้าง Feed สำเร็จ จะเข้าสู่หน้าตั้งค่า Feed ตามภาพข้างล่าง ในตัวอย่างนี้ ได้สร้างสร้าง Feed ที่มีชื่อว่า “mysensor” ซึ่งจะไปปรากฏในหน้ารวม Feed เมื่อเราเข้ามาในครั้งต่อไปเราสามารถกลับมาที่หน้าตั้งค่านี้ได้อีกจากหน้ารวมของ Feed โดยคลิกที่เครื่องหมายรูปประแจด้านขวามือ หลังชื่อ Feed ที่ต้องการ



รูปที่ 2.12 การตั้งชื่อ Feed

1.5) เนื่องจาก Feed ที่สร้างขึ้นใหม่นี้ยังไม่สามารถรับค่าใดๆ เข้ามาได้ จึงต้องสร้าง Field ขึ้นมารับข้อมูล ให้กดปุ่ม + ADD จะปรากฏหน้าต่างให้ตั้งค่าต่างๆ ดังรูปที่ 2.14 ในตัวอย่างนี้ เป็นการสร้าง Field จำนวน 2 Field ที่มีชื่อว่า temp และ humid (หรือจะตั้งเป็นชื่ออะไรก็ได้) หากมีหน่วยก็ระบุไว้เพื่อการแสดงผลต่อไป โดย ณ ขณะนี้ยังรองรับเฉพาะข้อมูลชนิดตัวเลข (Number) เท่านั้น โดยในอนาคตมีอาจมีการพัฒนาเพิ่มเติมให้รองรับข้อมูลชนิดอื่นๆ

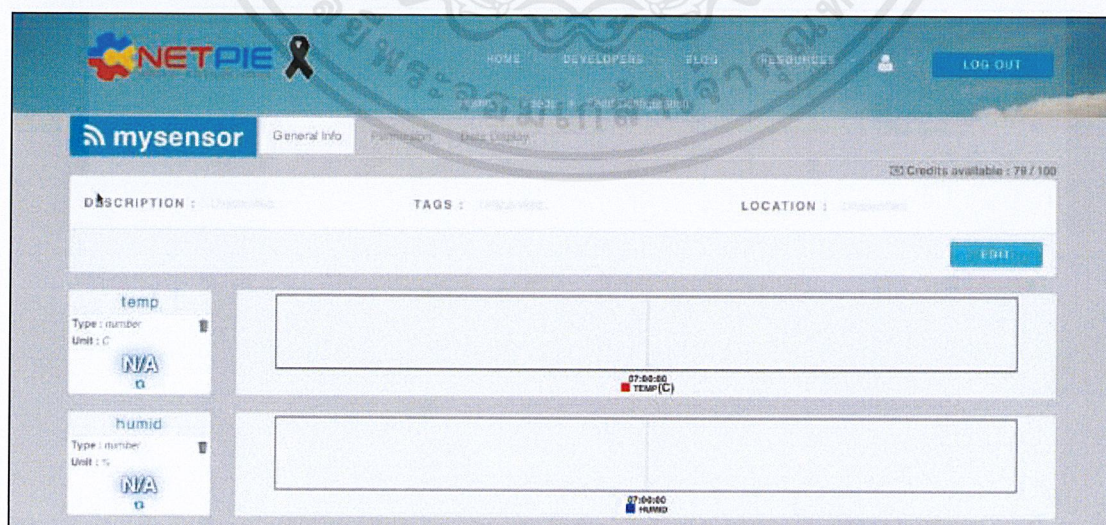
1.6) คลิก SAVE จะได้ Feed ที่พร้อมรับค่ารายละเอียดการปรับแต่งอยู่ในลำดับถัดไป



รูปที่ 2.13 หน้าตั้งค่า Feed



รูปที่ 2.14 การสร้าง Field เพื่อรับข้อมูล Feed



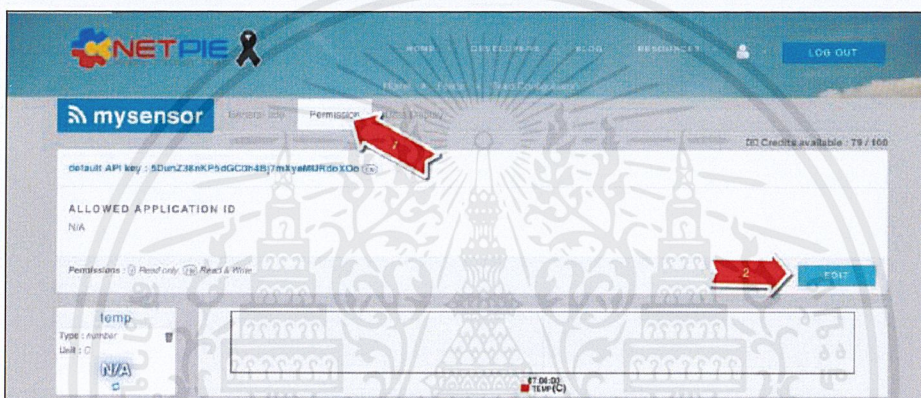
รูปที่ 2.15 ตัวอย่าง Feed ที่สร้างขึ้นด้วย 2 Field

2.3.5 การกำหนดสิทธิ์ในการเข้าถึง FEED

เนื่องจาก Feed แต่ละอันที่สร้างขึ้นมานั้น เป็น Resource อิสระที่ไม่ขึ้นกับ AppID ดังนั้นในการนำไปใช้งานจำเป็นต้องมีเรื่องของการกำหนดสิทธิ์ การให้สิทธิ์กับอุปกรณ์ที่จะเข้ามาอ่านหรือเขียน Feed มีด้วยกัน 2 วิธี ได้แก่

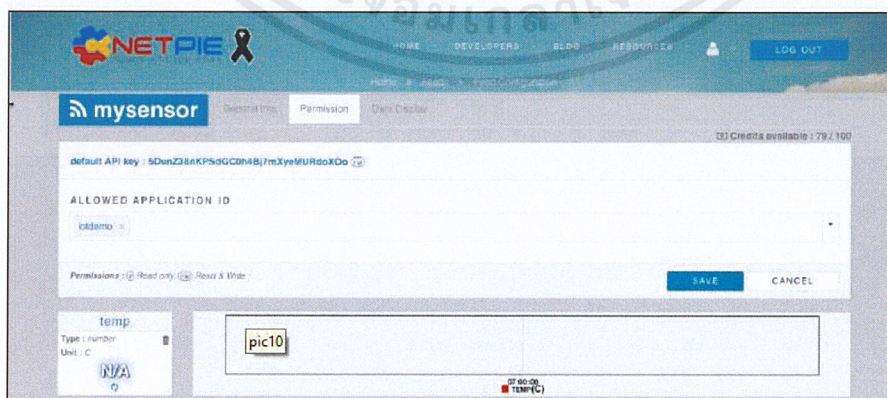
1. การใช้ API Key ที่ปรากฏอยู่ในแท็บ Permission วิธีนี้จะอนุญาตให้ Client ที่มี API key สามารถอ่านเขียน Feed นี้ได้ วิธีการนำ API key ไปใช้จะกล่าวถึงในต่อไป

2. การให้สิทธิ์กับ AppID ใช้ได้กับเฉพาะ AppID ของเจ้าของ Feed เท่านั้นวิธีนี้มีไว้เพื่ออำนวยความสะดวกในขั้นตอนการพัฒนาเนื่องจากการให้สิทธิ์กันผ่านเว็บ จึงไม่ต้องเข้าไปแก้โค้ด โปรแกรมการให้สิทธิ์กับ AppID จะทำให้ทุกอุปกรณ์ใน AppID นั้นมีสิทธิ์อ่านหรือเขียน Feed นี้เหมือนกันหมด การตั้งค่าทำได้โดยคลิกที่แท็บ Permission และคลิกที่ EDIT ตามภาพ



รูปที่ 2.16 การตั้งค่าสิทธิ์ในการเข้าถึง

จากนั้นพิมพ์ AppID ที่ต้องการให้สิทธิ์ หรือเลือกจากเมนู Drop-Down และคลิก SAVE ในตัวอย่างข้างล่าง เป็นการให้สิทธิ์กับ AppID ที่ชื่อ “iotdemo” ดังนั้นทุกอุปกรณ์ภายใต้ AppID นี้ จะสามารถอ่านเขียน Feed ได้โดยอัตโนมัติ การอนุญาตแบบนี้จะเป็นการแจกลิขสิทธิ์ในรูปแบบเดียวกับการนา Default API key ของ Feed ไปใช้



รูปที่ 2.17 การให้สิทธิ์การเข้าถึง Feed กับ AppID

2.4 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ DS18B20

เป็นเซ็นเซอร์วัดค่าอุณหภูมิในน้ำ โดยให้สัญญาณเอาต์พุตเป็นสัญญาณ Digital หรือ ขา Digital ภายในประกอบด้วยหน่วยความจำแบบ SRAM ขนาด 9 ไบต์ เพื่อเก็บค่าอุณหภูมิที่ได้จากการอ่าน และแปลงสัญญาณ Analog เป็น Digital เพื่อแปลงเป็นข้อมูล Digital (Dallas Semiconductor, 2561)

2.5 เซ็นเซอร์ตรวจวัดความเป็นกรด-ด่าง

อุปกรณ์ตรวจวัดความเป็นกรด-ด่าง คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าเคมี (electrochemical) ที่สร้างแรงเคลื่อนไฟฟ้า ซึ่งเป็นสัดส่วนกับค่าความเป็นกรด-ด่าง ของสารละลายที่นำไปวัดคือ ใช้หลักการของการเปรียบเทียบแรงดันระหว่าง 2 หัววัด คือ หัววัดกระเปาะแก้ว (Glass Electrode) กับ หัววัดอ้างอิง (reference Electrode) โดยวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่หัววัดทั้งสองยิ่งค่าความต่างของ pH ระหว่างของเหลวภายในหัววัดและภายนอกหัววัดสูงมาก ตัวเมมเบรนของหัววัดก็จะสร้างแรงดันไฟฟ้าตามค่าความต่างของ pH (เกียรติศักดิ์, 2548) ดังรูปที่ 2.19 โดยทั่วไป หากของเหลวมีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และค่า pH ของน้ำยาในหัววัดกับของเหลวภายนอก ต่างกัน 1 pH ค่าแรงดันไฟฟ้าจะถูกสร้างมาเท่ากับ 60mV โดยทั่วไปของเหลวที่อยู่ในหัววัด ปกติจะมีค่า pH เท่ากับ 7 ดังนั้น ค่าแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่เมมเบรนของหัววัด จึงสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$E_g = E_g^0 + \frac{2.303RT}{F} \log_{10} a$$

เมื่อ	
E_g	คือ ผลรวมของค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากการวัด
E_g^0	คือ ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเมื่อ $a = 1$
a	คือ ผลรวมไอออนของไฮโดรเจน
R	คือ ค่าคงที่ของแก๊ส เท่ากับ 1.986 Calories ต่อ mol degree
T	คือ ค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์ เป็น องศาเคลวิน
F	คือ ค่าคงที่ของฟาราเดย์ (Faraday's constant) มีค่า เท่ากับ 96,500 คูลอมป์
2.303	คือ logarithm conversion factor

ค่าความเป็นกรด-ด่าง จะได้มาจากค่าลบ logarithm ของผลรวมไอออนไฮโดรเจนดังสมการ

$$\text{ความเป็นกรด-ด่าง} = -\log_{10} a$$

Reference Electrode จะมีค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่คงที่โดยไม่ขึ้นกับอุปกรณ์ตัวใด จากรูปโครงสร้างของ Reference type จะประกอบด้วย Mercury (ปรอท) ซึ่งจะสัมผัสอยู่กับ Mercurous

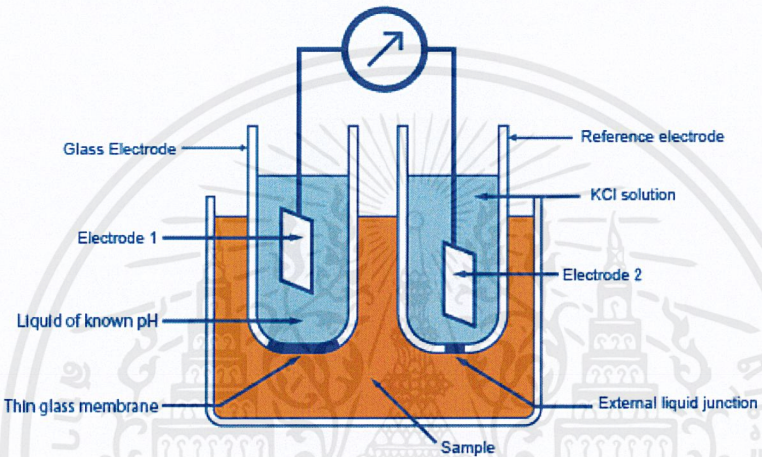
chloride (HG2CL2) และ Potassium chloride (KCL) เมื่อคิดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ Reference Electrode รวมกับค่า ความต่างศักย์ไฟฟ้าสามารถหาค่าได้ตามสมการ

$$E = (E_{ref} + E_j) - (E_g^0 + \frac{2.303RT}{F} pH)$$

เมื่อ

E_{ref} คือ ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า Reference Electrode

E_j คือ ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า Liquid Junction



รูปที่ 2.18 หลักการวัดอุปกรณ์ตรวจวัดความเป็นกรด-ด่าง

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบระหว่างค่าความต่างศักย์ไฟฟ้ากับค่าความเป็นกรด-ด่าง ของอุปกรณ์ตรวจวัดความเป็นกรด-ด่าง

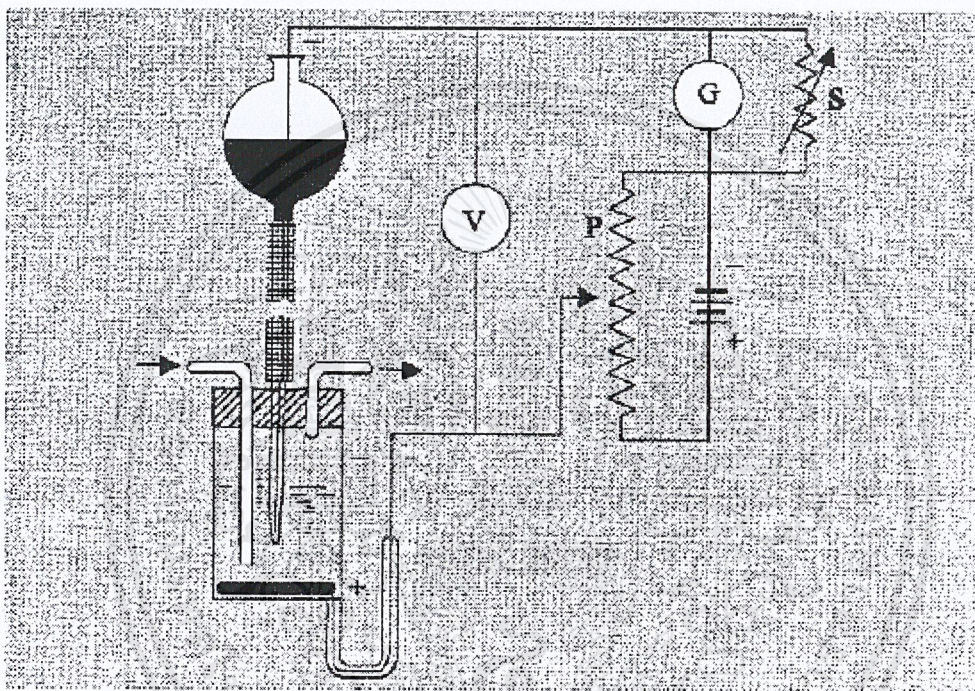
Voltage (mV)	pH value	Voltage (mV)	pH value
414.12	0.00	414.12	14.00
354.96	1.00	354.96	13.00
295.80	2.00	295.80	12.00
236.64	3.00	236.64	11.00
177.48	4.00	177.48	10.00
118.32	5.00	118.32	9.00
59.16	6.00	59.16	8.00
0.00	7.00	0.00	7.00

2.6 เซ็นเซอร์วัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

การวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำด้วยวิธีทางเคมีไฟฟ้า จะวิเคราะห์โดยใช้ Polarographic เป็นหนึ่งในเทคนิคของโวลแทมเมตรีที่ใช้หลักการเดียวกัน โดยเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ด้วยเทคนิคนี้ ประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วน คือ

1) โพลาร์โกราฟิเซลล์ (Polarographic cell) เป็นส่วนที่บรรจุสารละลายตัวอย่างที่ต้องวิเคราะห์ และขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว คือ Dropping Mercury Electrode และ Reference electrode เพื่อใช้ในการตรวจวัด

2) วงจรไฟฟ้าเพื่อทำหน้าที่ให้ศักย์ไฟฟ้าแก่เซลล์ และอ่านกระแสที่เกิดขึ้นจากเซลล์



รูปที่ 2.19 แผนผังของเครื่อง Polarographic

2.6.1 หลักการเบื้องต้นในการวิเคราะห์

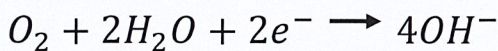
การวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำโดยวิธีเคมีไฟฟ้าจะอาศัยหลักการวัด ศักย์ไฟฟ้าหรือกระแสในเซลล์ Galvanic หรือ Polarographic ในระบบ Galvanic ปฏิกิริยาที่อิเล็กโทรด จะเกิดขึ้นได้เองแบบต่อเนื่อง ส่วนในระบบ Polarographic ปฏิกิริยาที่ขั้วจะเกิดขึ้นจากการให้ศักย์ไฟฟ้า จากภายนอกเข้าไปในระบบ สำหรับหลักการในการวัดปริมาณออกซิเจนนั้นจะใช้หลักการที่ออกซิเจนที่ซึม ผ่านเมมเบรนเข้ามาภายในเซลล์ เซ็นเซอร์จะเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ องค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้าที่ใช้วัด ออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีดังนี้

- 1) เมมเบรน เป็นส่วนที่หุ้มอยู่ด้านนอกและเป็นช่องทาง ที่จะให้โมเลกุลออกซิเจนแพร่ ผ่านเข้ามา ภายใน เมมเบรนที่ใช้กันส่วนใหญ่จะเป็น polyethylene หรือ fluorocarbon membranes
- 2) ขั้วแคโทด ส่วนใหญ่ทำด้วยโลหะมีสกุล (noble metal) เช่น เงิน ทอง เป็นต้น

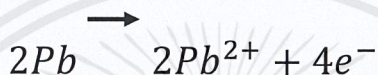
3) ขั้วแอโนด ส่วนใหญ่ทำด้วย Base Metal เช่น ตะกั่ว เป็นต้น

4) สารละลายอิเล็กโทรไลต์ เป็นสารละลายที่ขั้วแคโทด และแอโนดจุ่มอยู่

ขั้วแคโทดและแอโนดจะต่ออยู่กับวงจรไฟฟ้าเพื่อให้ไฟฟ้าครบวงจรและสามารถตรวจวัดกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นได้ เมื่อมีออกซิเจนแพร่ผ่านเมมเบรนเข้ามาภายในเซลล์เซ็นเซอร์ ซึ่งมีอิเล็กโทรไลต์ที่เป็นเบส (alkali electrolyte) อยู่ ออกซิเจนจะเกิดปฏิกิริยารีดักชันที่ขั้วแคโทดซึ่งทำด้วยโลหะเงิน จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร ดังสมการ



ส่วนที่ขั้วแอโนดจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของตะกั่ว ดังสมการ



กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนี้จะเป็นสัดส่วนกับปริมาณออกซิเจนที่แพร่ผ่านเมมเบรนเข้ามาภายในเซลล์เซ็นเซอร์ ปริมาณออกซิเจนที่แพร่ผ่านเมมเบรนเข้ามาจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างความดันภายในเซลล์และความดันสัมบูรณ์ในน้ำ และเนื่องจากออกซิเจนจะถูกรีดิวซ์ที่ขั้วแคโทดอย่างรวดเร็ว ดังนั้นถือว่าความดันออกซิเจนภายในเซลล์เซ็นเซอร์มีค่าเป็นศูนย์ ฉะนั้นปริมาณออกซิเจนที่แพร่ผ่านเข้ามา ภายในเซลล์เซ็นเซอร์ จึงเป็นสัดส่วนกับความดันสัมบูรณ์ของออกซิเจนในน้ำภายนอก ปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่ของออกซิเจนผ่านเมมเบรน

อุณหภูมิจะมีผลต่อสมบัติการแพร่ผ่านของออกซิเจน ซึ่งวัดได้ในจากความไวของเซ็นเซอร์ ตามสมการ

$$\log \Phi = 0.43mt + b$$

เมื่อ

m คือ ค่าคงที่ขึ้นกับชนิดเมมเบรน

b คือ ค่าคงที่ขึ้นกับความหนาของเมมเบรน

t คือ อุณหภูมิ องศาเซลวิน

Φ คือ ความไวของเซ็นเซอร์ ($\mu A/mg/L$)

ถ้าเราทราบค่าสภาพไวของเซ็นเซอร์ที่อุณหภูมิหนึ่งแล้วเราก็จะหาสภาพไวของเซ็นเซอร์ที่อุณหภูมิอื่นได้ จากสมการ

$$\log \Phi = \log \Phi_0 + 0.43m(t - t_0)$$

ในปัจจุบันนี้ส่วนใหญ่เครื่องมือที่ใช้วัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะมีวิธีการแก้ไขปรับค่าอุณหภูมิเรียบร้อยแล้วในตัวเครื่อง โดยการใช้เทอร์มิสเตอร์ (thermistor) ใส่ไว้ในวงจรของเซลล์ที่ใช้วัดหาปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ



บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 ศึกษาปัญหาเพื่อทำโครงการ

ศึกษาข้อมูลและเอกสารอ้างอิงที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของปลาดุก และสำรวจความต้องการของเกษตรกรฟาร์มปลา เพื่อนำมาพัฒนาเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลา ร่วมกับเทคโนโลยี IoT

3.2 กำหนดแผนการดำเนินงาน

เพื่อให้การดำเนินงานโครงการมีความครบถ้วนสมบูรณ์และได้ผลตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ จึงได้กำหนดแผนการดำเนินงานดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินงาน

แผนการดำเนินงาน	2562															
	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ศึกษาปัญหาหัวข้อโครงการ																
กำหนดขอบเขตและการดำเนินงาน																
ออกแบบระบบเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำ																
สั่งซื้ออุปกรณ์																
ติดตั้งและทดสอบเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำ																
ทดสอบการเก็บข้อมูลในบ่อเลี้ยงปลาของเกษตรกร																
สรุปผลการทดลองและทำเล่มโครงการ																

3.3 ศึกษาปัญหา ที่มาของโครงการ และขอบเขตงานวิจัย

จากการที่ได้ศึกษาปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของลูกปลาดุก จะมีปัจจัยหลักอยู่ 3 อย่าง ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ความเป็นด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และอุณหภูมิของน้ำ เป็นคุณสมบัติของน้ำที่มีความสำคัญต่อการเพาะเลี้ยงปลามากที่สุด จำเป็นต้องมีการวัดและติดตามค่าที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้เกษตรกรสามารถรับทราบความผิดปกติและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ทันเวลา การพัฒนาระบบเซนเซอร์ร่วมกับเทคโนโลยี IoT จะช่วยให้สามารถเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำได้แบบเรียลไทม์

นอกจากนี้ เนื่องจากคุณภาพของน้ำในแต่ละจุดของบ่อปลาอาจมีความแตกต่างกัน จำเป็นต้องมีการวัดหลายจุด หากต้องมีการวัดคุณภาพน้ำแบบต่อเนื่องระบบจะมีราคาสูงเนื่องจากต้องใช้เครื่องมือวัดเป็นจำนวนมาก โครงการนี้จึงมีแนวคิดในการศึกษาแนวทางในการลดจำนวนเซนเซอร์ที่ใช้เพื่อลดต้นทุนของระบบ

3.4. ศึกษาข้อมูลเพื่อพัฒนาเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำ

3.4.1 ลักษณะของบ่อปลา

โดยทำการติดตั้งเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำที่ ลีรุ่งเรืองฟาร์ม ตำบลบางซ้าย อำเภอบางซ้าย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ขนาดของบ่อปลาที่จะนำไปติดตั้งมีขนาด กว้าง 40 เมตร ยาว 50 เมตร และความลึกของน้ำโดยประมาณอยู่ที่ 70-100 เซนติเมตร (รูปที่ 3.1) จากการสำรวจ พบว่าบริเวณเกิดการ

เปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติน้ำมากที่สุด คือ บริเวณขอบของบ่อเลี้ยงปลา ซึ่งในบริเวณนั้นได้มีเศษซากของ หอยเชอรี่เป็นจำนวนมาก และน้ำมีสีที่เข้มมากกว่าบริเวณอื่นๆ จึงได้ทำการเลือกจุดติดตั้งเครื่องตรวจวัด คุณภาพน้ำไว้บริเวณที่มีปัญหามากที่สุด เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติต่าง ๆ จุดที่ทำการ ตรวจวัด และใช้เป็นตัวอย่างในการเก็บข้อมูล เพื่อพัฒนาเครื่องตรวจวัดต่อไป รูปที่ 3.1 แสดงบริเวณที่มี ปัญหาคุณภาพน้ำมากที่สุดของบ่อที่ทำการทดสอบ เกษตรกรจึงได้ติดตั้งเครื่องตีน้ำเพื่อเพิ่มปริมาณ ออกซิเจน อย่างไรก็ตาม ตลอดระยะเวลาในการทดสอบนี้ เกษตรกรไม่ได้เปิดใช้งานเครื่องตีน้ำ เพื่อให้ ศึกษาธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงค่า DO ได้



รูปที่ 3.1 บ่อเลี้ยงปลา ลี รุ่งเรือง ฟาร์ม

3.4.2 การพัฒนาโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์

โครงการนี้เลือกใช้ Arduino UNO เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์หลักในการพัฒนาระบบ และใช้ภาษา C บน Arduino IDE ในการพัฒนาโปรแกรม Arduino เป็นที่นิยมเนื่องจากมีไลบรารีที่ หลากหลาย สามารถรองรับการใช้งานเซ็นเซอร์หลากหลายชนิด และการเชื่อมโยงกับระบบ Internet of Things เช่น การสื่อสารผ่านระบบ 3G เพื่อส่งข้อมูลไปยัง Cloud server

3.4.3 ระบบ Cloud ที่เลือกใช้

ระบบ Cloud ที่เลือกใช้คือ NETPIE สามารถแสดงผลของค่าคุณสมบัติต่างๆผ่าน Web server และยังมี Mobile application เพื่อสะดวกต่อเกษตรกรผู้ใช้งาน สามารถแสดงผลได้ตลอดเวลา โดยจะส่งข้อมูลทุกๆ 1 นาที ไปยัง FEED ของ NETPIE เพื่อแสดงค่าในรูปแบบของกราฟเส้น เพื่อที่ผู้พัฒนา สามารถนำข้อมูลจาก FEED มาวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อพัฒนาคุณภาพของเครื่องมือตรวจวัด

3.5 อุปกรณ์

3.5.1 เซ็นเซอร์ที่เลือกใช้

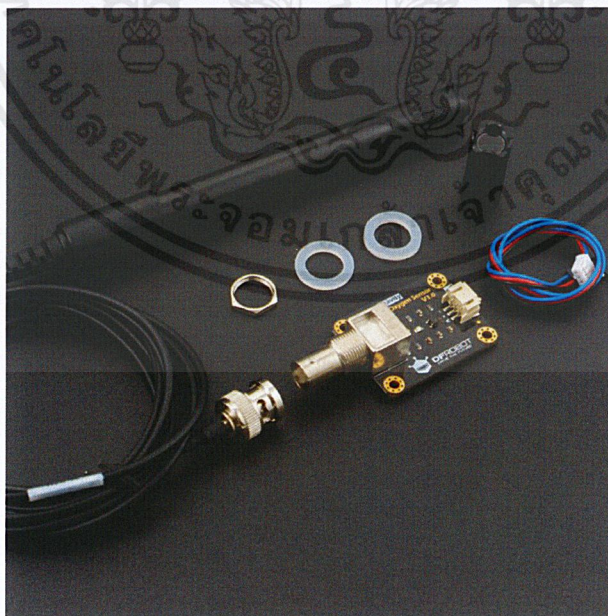
เซ็นเซอร์ที่ใช้งานกับเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำมีทั้งหมด 3 อย่าง ได้แก่

1) Analog pH sensor (Gravity, DFRobot Inc., China) เป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการวัดค่าความเป็นกรด ความเป็นด่าง ในน้ำ สามารถนำเซ็นเซอร์ลงน้ำได้ทั้งตัวของเซ็นเซอร์ ซึ่งมีค่า Accuracy ± 0.1 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



รูปที่ 3.2 Gravity : pH analog sensor

2) Analog dissolved oxygen sensor (Gravity, DFRobot Inc., China) เป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการวัดค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ สามารถตรวจวัดค่า DO ได้ในช่วง 0 ถึง 20 mg/L และสามารถทนแรงดันได้สูงสุด 6.89 kpa



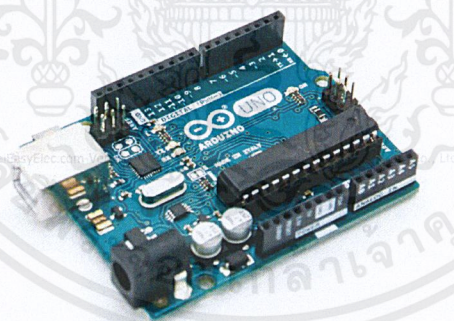
รูปที่ 3.3 Gravity : Analog dissolved oxygen sensor

3) Waterproof DS18B20 Digital Temperature sensor เป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้สำหรับการวัดอุณหภูมิในน้ำโดยเฉพาะ เป็นการส่งข้อมูลแบบดิจิทัล ที่มีการรบกวนของสัญญาณน้อย มีค่า Accuracy ± 0.5 ที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส ถึง อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส



รูปที่ 3.4 Waterproof DS18B20 Digital Temperature sensor

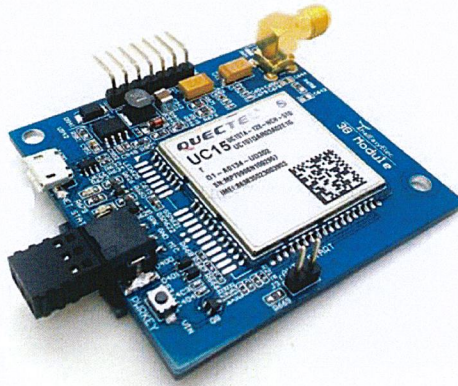
3.5.2 บอร์ด Arduino uno r3 โดยเลือกใช้บอร์ด Arduino uno r3 เนื่องจากมีราคาที่ถูกและเพียงพอต่อการใช้งาน และเพื่อนำมาใช้คู่กับ 3G Module เพราะทางฟาร์มที่ได้ทำการสำรวจ มีความเหมาะสมในการใช้การส่งข้อมูลแบบ 3G มากที่สุด



รูปที่ 3.5 บอร์ด Arduino uno r3

3.5.3 3G Module

เป็น 3G Module ที่ใช้สำหรับบอร์ด Arduino uno r3 โดยเฉพาะ ซึ่ง 3G Module จะต้องทำการใส่ซิมการ์ดเพื่อเลือกเครือข่ายโทรศัพท์ในการส่งข้อมูล โดยเราจะต้องสมัครแพ็คเกจอินเทอร์เน็ตให้สำหรับซิมการ์ด เพื่อที่จะส่งข้อมูลไปยัง ระบบ cloud ของ NETPIE



รูปที่ 3.6 3G Module

3.5.4 กล่องกันน้ำ

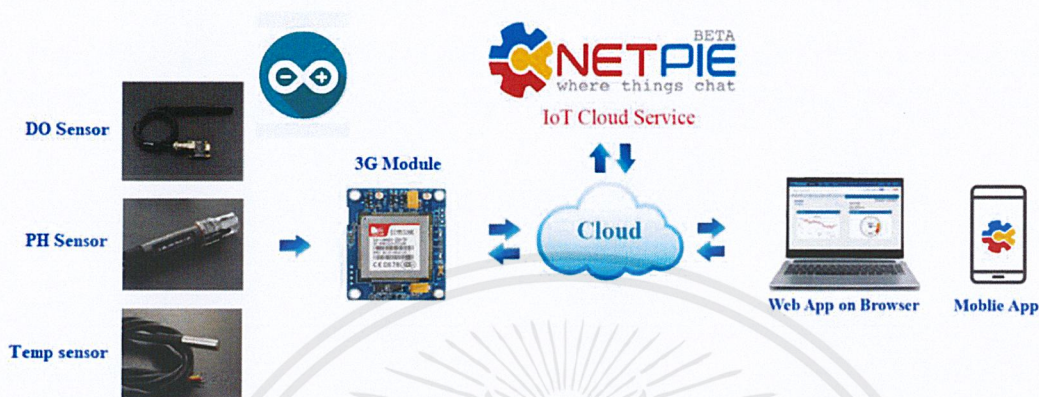
เนื่องจาก เครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำในต้องทำการติดตั้งภายนอก จึงจำเป็นต้องใช้กล่องสำหรับใส่อุปกรณ์ จำเป็นที่ต้องมีความคงทนสูง และทนต่อสภาพอากาศต่างๆได้ดี เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาน้ำรั่วซึมเข้ากล่อง ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่จะทำให้อุปกรณ์และวงจรภายในเสียหาย โดยเลือกใช้กล่อง ยี่ห้อ PRI ที่มีขนาด กว้าง 180 มิลลิเมตร สูง 300 มิลลิเมตร ลึก 130 มิลลิเมตร เป็นกล่องสำหรับใช้งานภายนอก โดยได้ทำการทดสอบโดยการนำสายยางมาฉีดใส่กล่องเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของกล่อง และเพื่อเพิ่มความปลอดภัย ได้ทำการทากาวซิลิโคนตามแนวต่างๆ เพื่อป้องกันปัญหาน้ำเข้าได้มากยิ่งขึ้น



รูปที่ 3.7 กล่องกันน้ำ ยี่ห้อ PRI

3.6 หลักการทำงานของเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลา

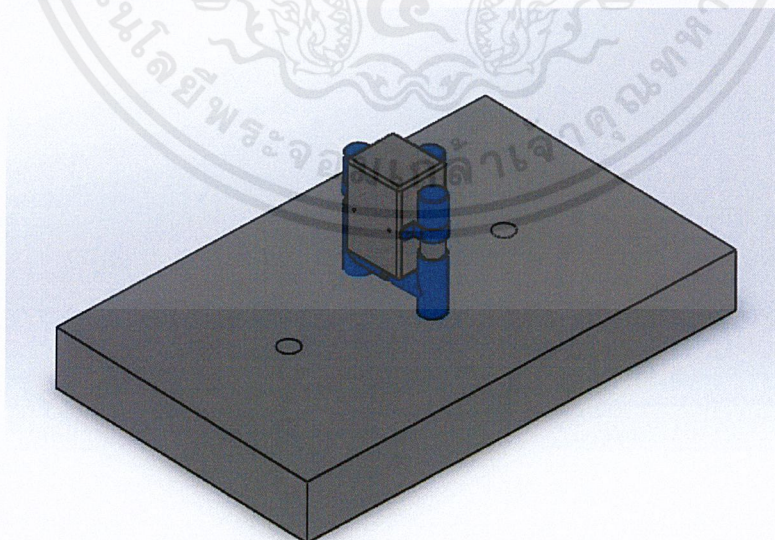
หลักการทำงานของเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลา จะนำค่าคุณสมบัติต่างๆที่อ่านจากเซ็นเซอร์ทั้ง 3 ส่งข้อมูลไปยัง NETPIE โดยใช้สัญญาณ 3G ในการส่ง เพื่อแสดงค่าไปยัง FEED ของ NETPIE และ Mobile application



รูปที่ 3.8 หลักการทำงานของเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำ

3.7 ออกแบบการติดตั้งและเขียนโปรแกรมสำหรับเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำ

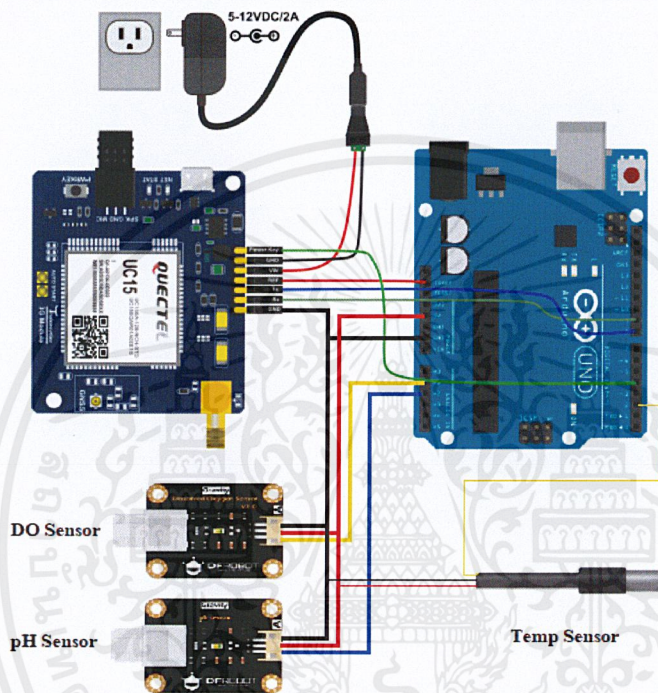
3.7.1 ออกแบบการติดตั้งเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำ เนื่องจากเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำนั้นต้องทำการติดตั้งบนพื้นผิวน้ำ จึงได้ทำการออกแบบให้เครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำให้อยู่บนทุ่นลอยน้ำ โดยการใช้โฟมเป็นทุ่นลอยน้ำ และได้ทำการเจาะโฟมเพื่อใช้สำหรับการยึดทุ่นลอยน้ำไม่ให้ลอยไปตามกระแสของน้ำ ซึ่งขนาดของทุ่นลอยอยู่ที่ ยาว 75 เซนติเมตร กว้าง 50 เซนติเมตร หนา 4 นิ้ว ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แบบเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลา

3.7.2 ออกแบบวงจรควบคุมของเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลา

ปัจจัยหลักที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบวงจรควบคุม คือ แหล่งจ่ายไฟ ต้องให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่ใช้ ถ้าแหล่งจ่ายไฟมีกระแสไฟฟ้าน้อยเกินไป จะทำให้บอร์ด 3G module ไม่ทำงาน ซึ่งเป็นปัญหาหลักในการส่งข้อมูลไปยังระบบ Cloud โดยได้ทำการเลือกใช้แหล่งจ่ายที่มีกระแสไฟฟ้า 2 แอมแปร์ เพื่อให้เพียงพอต่อการใช้งานเซ็นเซอร์ทั้ง 3 ชนิด และเพื่อให้ 3G module สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ดังรูปที่ 3.10

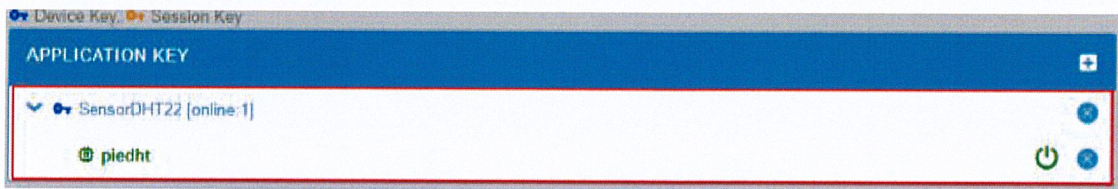


รูปที่ 3.10 วงจรควบคุมเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลา

3.7.3 การเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์

อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้นั้น จะมีคู่มือการใช้ และไลบรารีในการใช้งาน เพื่อสะดวกต่อผู้พัฒนา โดยเราสามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ของอุปกรณ์ต่างๆ ที่เลือกใช้ และนำมาทดสอบการทำงานของตัวอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อนำมาปรับใช้ในเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำ

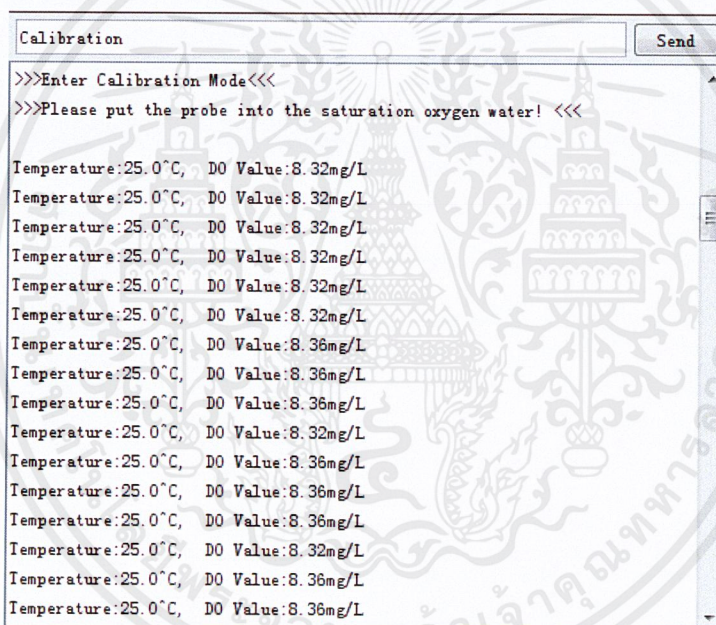
1) ทดสอบการใช้งาน 3G module โดยใช้ไลบรารีที่ทาง arduino นั้นมี เพื่อทดสอบการเชื่อมต่อระหว่างบอร์ดโปรแกรมกับ NETPIE เมื่อเชื่อมต่อสำเร็จ บนหน้าเว็บ NETPIE ตรงส่วนของ Application key จะแสดงสถานะ online ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 การแสดงสถานะ online ของอุปกรณ์บน NETPIE

2) ทดสอบการทำงานของ DO sensor โดยการนำตัวอย่าง Code ของเซ็นเซอร์มาทำการ Calibration โดยมีขั้นตอนดังนี้

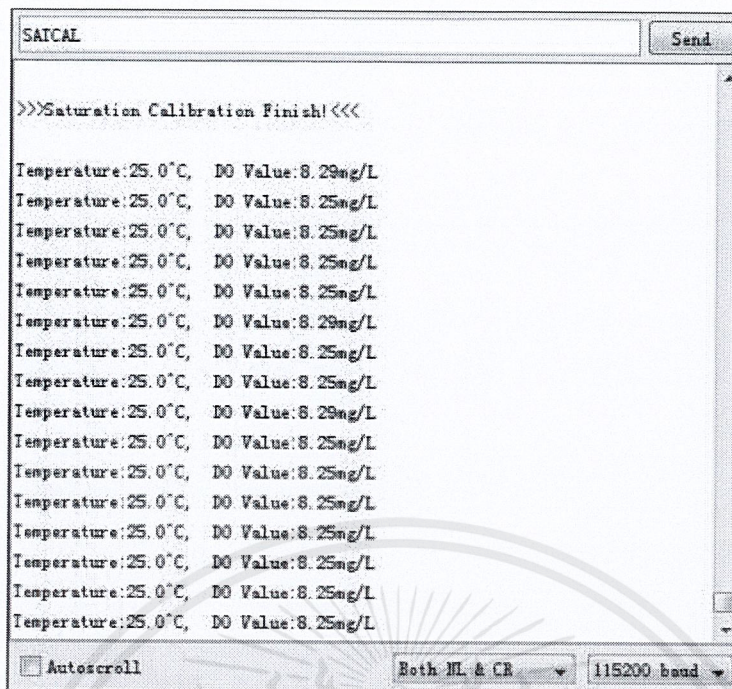
- 2.1) ทำการ upload code ตัวอย่าง และเปิด serial monitor ของ arduino
- 2.2) นำหัว probe จุ่มลงในน้ำ เพื่อให้เซ็นเซอร์อ่านค่า DO ของน้ำที่นำมาทดสอบ
- 2.3) รอให้เซ็นเซอร์อ่านค่า DO เพื่อแสดงผลผ่าน serial monitor เมื่อค่าแสดงผลออกมาแล้ว ให้ทำการพิมพ์คำสั่ง Calibration เพื่อเข้า Calibration mode



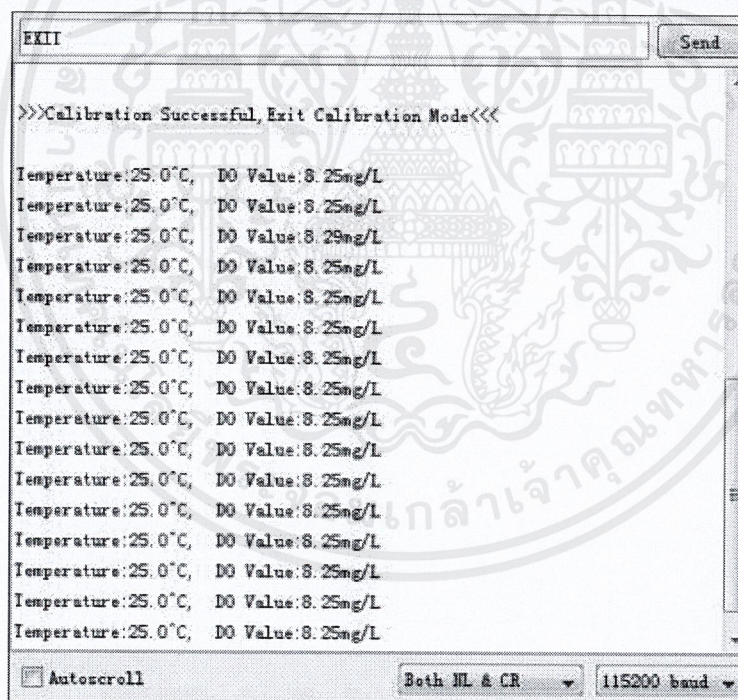
รูปที่ 3.12 การพิมพ์คำสั่ง Calibration บน Serial monitor

2.4) ทำการป้อนคำสั่ง SATCAL โปรแกรมจะพิมพ์ว่า การ Caribration สำเร็จหรือไม่ ดังรูปที่ 3.13

2.5) เมื่อทำการ Caribration สำเร็จ ให้พิมพ์คำสั่ง EXIT เพื่อออกจาก Calibration mode ดังรูปที่ 3.14



รูปที่3.13 การพิมพ์คำสั่ง SATCAL บน Serial monitor



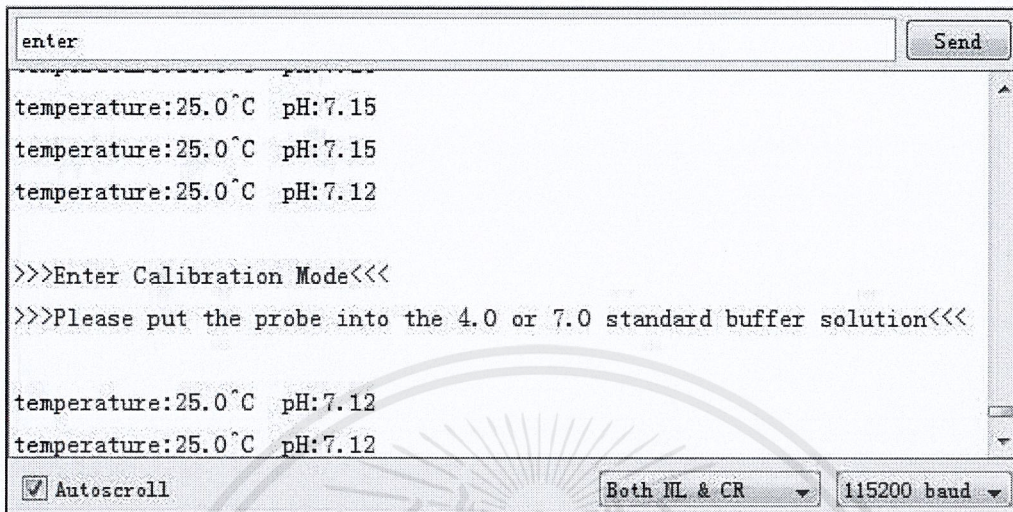
รูปที่3.14 การพิมพ์คำสั่ง EXIT บน Serial monitor

3) ทดสอบการทำงานของ pH sensor โดยการนำตัวอย่าง Code ของเซ็นเซอร์มาทำการ Calibration โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.1) ทำการ upload code ตัวอย่าง และเปิด serial monitor ของ arduino

3.2) ล้างหัว probe ด้วยน้ำกลั่นจากนั้นนำกระตางมาซับให้แห้ง รุ่มหัว probe ลงในสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน 7.0 จากนั้นคนเบาๆ รอจนกระทั่งค่าคงที่

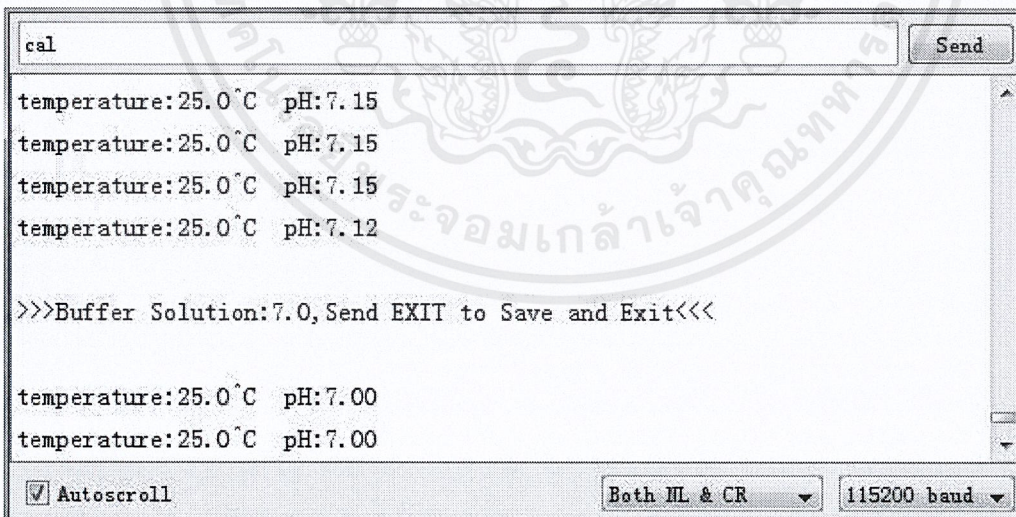
3.3) เมื่อค่าคงที่แล้ว ให้พิมพ์คำสั่ง enter เพื่อเข้า Calibration mode



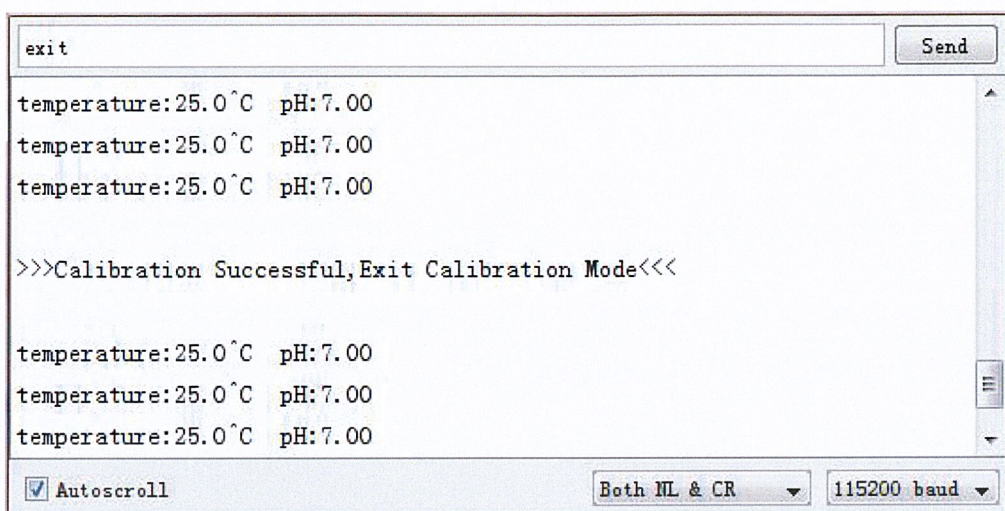
รูปที่3.15 การพิมพ์คำสั่ง enter บน Serial monitor

3.4) ทำการป้อนคำสั่ง CAL ใน serial monitor เพื่อเริ่มการ Calibration โปรแกรมจะทำการ Calibration ให้อัตโนมัติ โดยเริ่มจากการรุ่มหัว probe สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน 4.0 และ 7.0 ตามลำดับ ดังรูป 3.16

3.5) เมื่อทำการ Caribration สำเร็จ ให้พิมพ์คำสั่ง exit เพื่อออกจาก Calibration mode ดังรูป 3.17

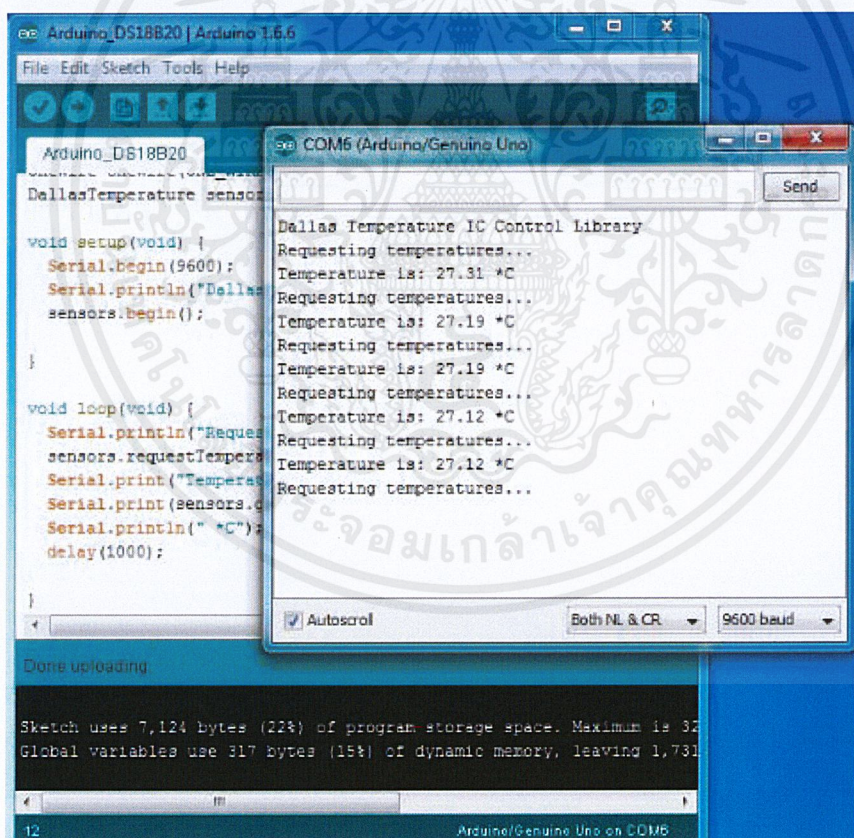


รูปที่3.16 การพิมพ์คำสั่ง cal บน Serial monitor



รูปที่3.17 การพิมพ์คำสั่ง exit บน Serial monitor

4) ทดสอบการทำงาน Temperature sensor โดยการนำตัวอย่าง Code มาทำการ Upload เพื่อแสดงค่าอุณหภูมิในน้ำ ดังรูป 3.18

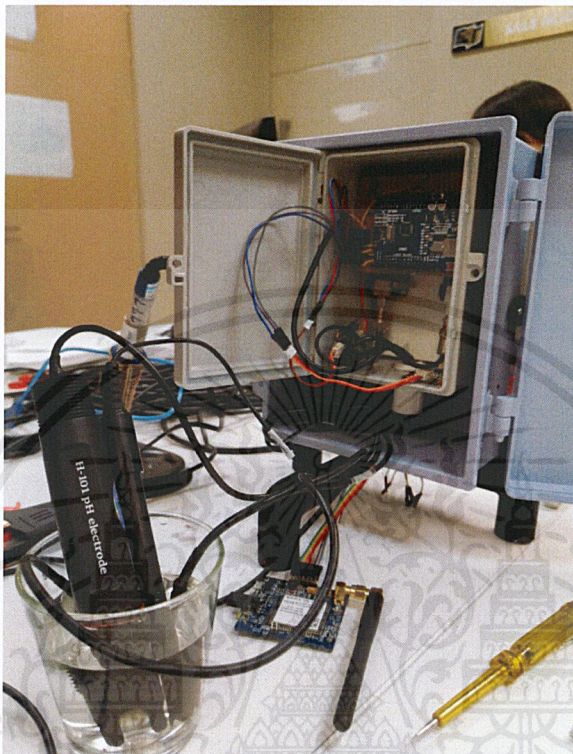


รูปที่ 3.18 การแสดงค่า อุณหภูมิของ Waterproof DS18B20 Digital Temperature sensor

3.8 การทดสอบและติดตั้งเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลา

3.8.1 ทดสอบการทำงานของเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำและการประกอบกล่องควบคุมระบบ

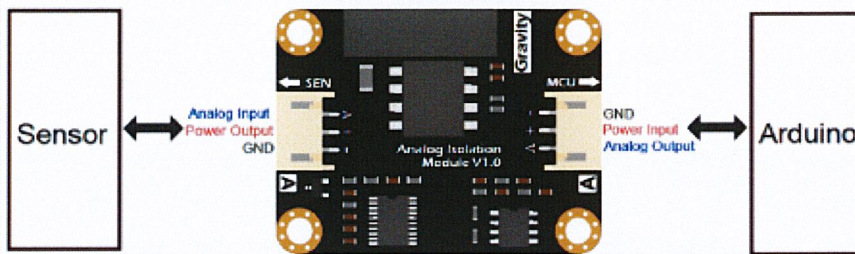
ดำเนินการต่อเซ็นเซอร์ต่าง ๆ เข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทดสอบการทำงานของระบบ ดังรูปที่ 3.19



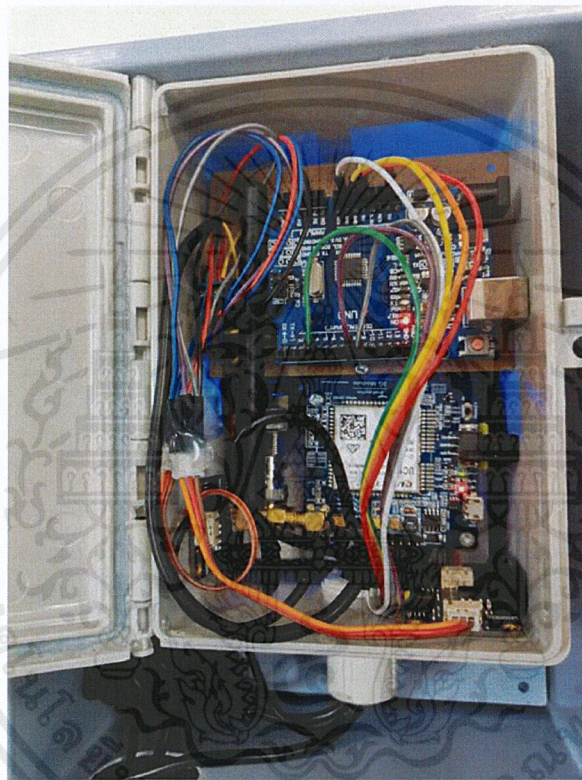
รูปที่ 3.19 ทดสอบการทำงานของระบบที่พัฒนา

หลังจากทำการทดสอบการทำงานของระบบ เมื่อนำหัววัดคุณภาพน้ำจุ่มลงในน้ำที่ทำการทดลอง พบว่า เซ็นเซอร์ DO และ pH เกิดการรบกวนของสัญญาณ ซึ่งทำให้ไม่สามารถอ่านค่าคุณสมบัติได้ จึงได้ทำการศึกษาข้อมูล เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

จากการศึกษาข้อมูล พบว่า เมื่อนำหัววัดทั้งสอง จุ่มในพร้อมกัน ทำให้เกิดการรบกวนของสัญญาณ Analog ไม่สามารถใช้ GND ร่วมกันได้ จำเป็นต้องมีตัวแยกสัญญาณสำหรับเซ็นเซอร์ทั้งสอง โดยได้นำ Analog Isolator (Gravity, DFRobot Inc., China) เพื่อแยกสัญญาณ Analog ส่งผลให้เซ็นเซอร์สามารถอ่านค่าได้ตามปกติ โดยสามารถเชื่อมต่อวงจร Analog Isolator ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 การเชื่อมต่อวงจร Analog Isolator



รูปที่ 3.21 วงจรควบคุมของเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำ

3.8.2 ติดตั้งเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำที่ ลี รุ่งเรือง ฟาร์ม

ทำการติดตั้งเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลา โดยได้เลือกจุดที่อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติของน้ำอย่างรวดเร็ว ดังแสดงในรูปที่ 3.22 เพื่อตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติภายในน้ำในบริเวณนั้น หลังจากทำการติดตั้งเครื่องตรวจวัด ได้นำเครื่องตรวจวัดมาตรฐานทั้ง 3 ค่าคุณสมบัติ เพื่อให้เครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำที่พัฒนาขึ้น ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง



รูปที่ 3.22 จุดติดตั้งเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลา

3.9 การหาค่าความสัมพันธ์คุณสมบัติภายในน้ำ

การดึงข้อมูลบน Cloud ของ NETPIE จะเป็นการดึงชุดข้อมูล 7 วัน ของข้อมูลที่มีทั้งหมด โดยการนำข้อมูลที่เก็บไว้บน Cloud เพื่อนำค่า ความเป็นกรด-ความเป็นด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และอุณหภูมิ นำมาหาค่าความสัมพันธ์ โดยใช้วิธี Multiple linear regression โดยการดึงข้อมูลจาก FEED ของ NETPIE จาก API ผ่าน Method GET ได้ ในรูปแบบดังนี้

`https://api.netpie.io/feed/<FEEDID>?apikey=<APIKEY>&granularity=<GRANULARITY>&since=<SINCE>&format=<FORMAT>`

GRANULARITY คือ ระดับความละเอียดของข้อมูล เช่น ต้องการดึงข้อมูลบน Cloud ทุก ๆ 1 นาที ให้ทำการพิมพ์ 1minutes เป็นต้น

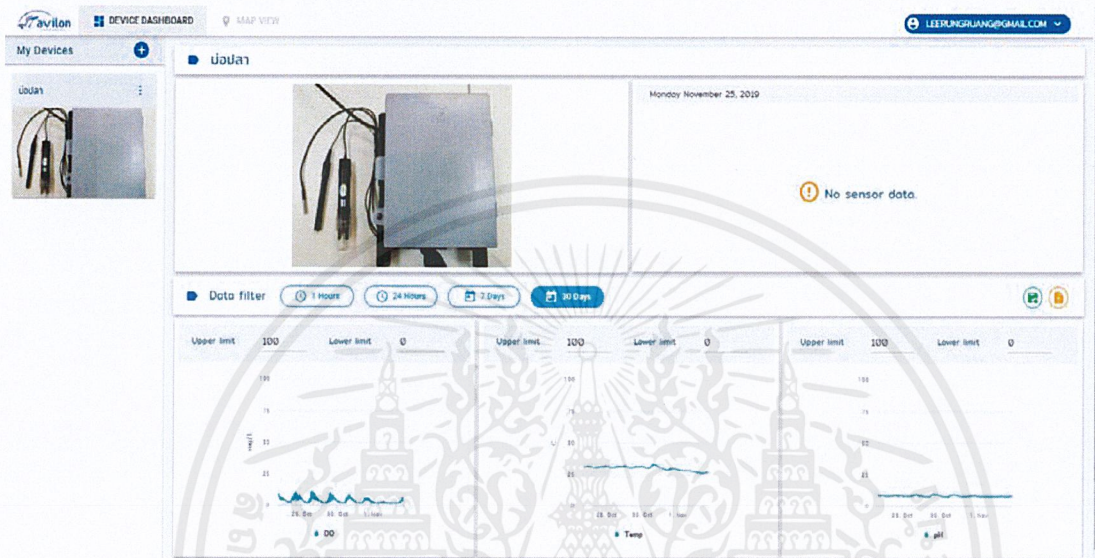
SINCE คือ ระยะเวลาย้อนหลังที่ต้องการดึงข้อมูลออกมา รูปแบบการเขียนเหมือนกับ Granularity ทุกอย่าง แต่อยู่ในรูปแบบจำนวนของวัน เช่น ต้องการดึงข้อมูลย้อนหลัง 45 วัน ให้ทำการพิมพ์ 45days เป็นต้น

Format คือ การดึงข้อมูลของ FEED ให้อยู่ในรูปแบบที่เราต้องการ เช่น .csv .xlsx เป็นต้น

บทที่ 4

ผลการวิจัย

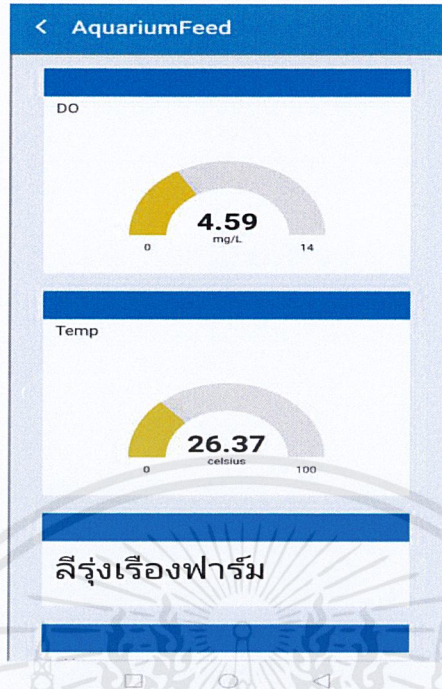
เครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำที่พัฒนาขึ้นร่วมกับเทคโนโลยี IoT สามารถตรวจวัดคุณภาพของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาที่ทำการศึกษ สามารถเก็บข้อมูลและแสดงค่าคุณสมบัติน้ำแบบเรียลไทม์ ผ่านทาง Web server ของทางบริษัท ดังแสดงในรูปที่ 4.1 เพื่อติดตามการทำงานของเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำและการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำในบ่อเลี้ยงปลา



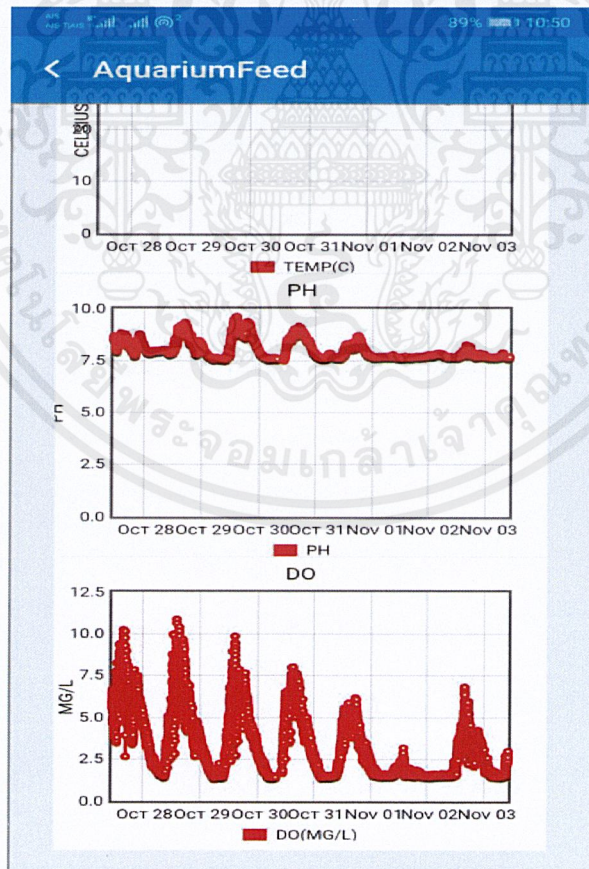
รูปที่ 4.1 การแสดงค่าบน Web server ของบริษัท

เครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำที่พัฒนาขึ้น ยังสามารถแสดงค่าคุณภาพน้ำผ่าน Mobile application ของ NETPIE ดังแสดงรูปที่ 4.2 และ 4.3 เพื่อผู้ประกอบการฟาร์มปลาสามารถติดตามคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาได้อย่างต่อเนื่อง และสามารถทราบการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติน้ำภายในบ่อเลี้ยงปลา เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำได้ทันเวลา

จากรูปที่ 4.3 พบว่า ในการอ่านค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำของเซ็นเซอร์ ยังมีการคลาดเคลื่อนของข้อมูลเป็นบางช่วงเวลา เมื่อเทียบกับเครื่องตรวจวัดค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมาตรฐาน ซึ่งอาจเกิดจากการถูกรบกวนของสัญญาณไฟฟ้า

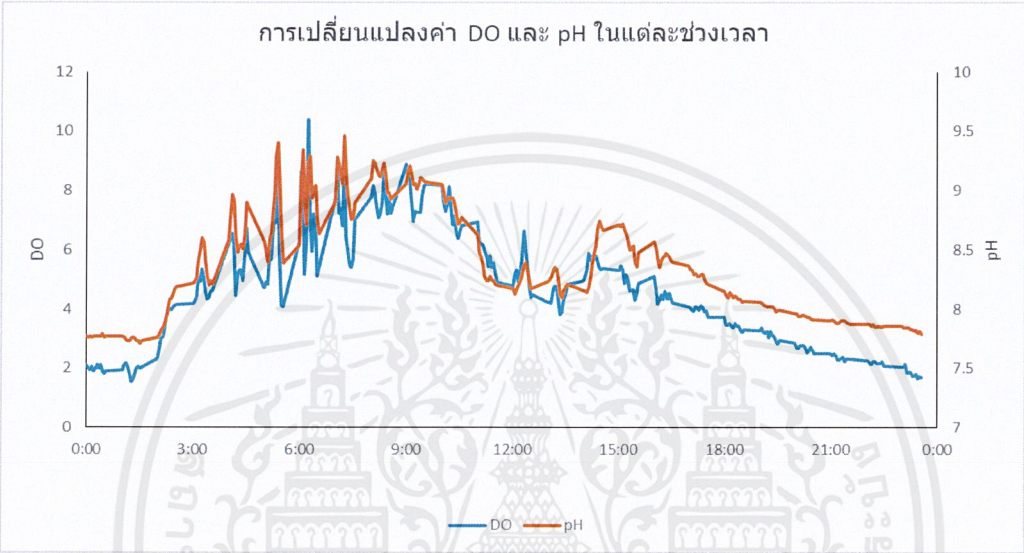


รูปที่ 4.2 การแสดงค่าผ่าน NETPIE application รูปแบบ Gauge



รูปที่ 4.3 การแสดงค่าผ่าน NETPIE application รูปแบบกราฟ

จากข้อมูลที่บันทึกได้ พบว่า ค่า DO และ pH ในแต่ละช่วงเวลาของวัน มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.3 จึงทำการศึกษาความสัมพันธ์ตัวแปร โดยใช้วิธี Multiple Linear Regression (MLR) โดยใช้ข้อมูล pH และ อุณหภูมิ ทำนายค่า DO เพื่อหาค่าสูงสุด ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และ Standard deviation ของตัวแปร ดังแสดงตารางที่ 4.1 และสมการ Regression ในการทำนาย ดังแสดงตารางที่ 4.2 เมื่อทราบสมการในการทำนาย จึงนำข้อมูลมาเปรียบเทียบระหว่างค่า DO ที่วัดได้จากเครื่องตรวจวัด คุณภาพน้ำกับค่า DO ที่ได้จากการทำนาย ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงค่า DO และ pH ในแต่ละช่วงเวลาของวัน

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าสูงสุด ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และ Standard deviation ของตัวแปร

	MAX	MIN	MEAN	Std.Deviation
DO	10.4	1.44	3.75	1.99
Temp	32.47	27	30.06	1.15
pH	9.59	7.56	8.13	0.48

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ค่าสูงสุดของ DO pH และอุณหภูมิ มีค่าเท่ากับ 10.4 mg/L, 32.47 °C และ 9.59 ตามลำดับ มีค่าต่ำสุด มีค่าเท่ากับ 1.44 mg/L, 27 °C และ 7.56 ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.75 mg/L, 30.06 °C และ 8.13 ตามลำดับ และจากตารางที่ 4.1 มีการแสดงค่า Standard Deviation โดยค่า DO มีค่าเท่ากับ ± 1.99 อุณหภูมิ มีค่าเท่ากับ ± 1.15 และ pH มีค่าเท่ากับ ± 0.48

ตารางที่ 4.2 แสดงผลของ Coefficients

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients
		B	Std. Error	Beta
1	(Constant)	-30.144	.487	
	Temp	.186	.020	.108
	pH	3.479	.047	.843

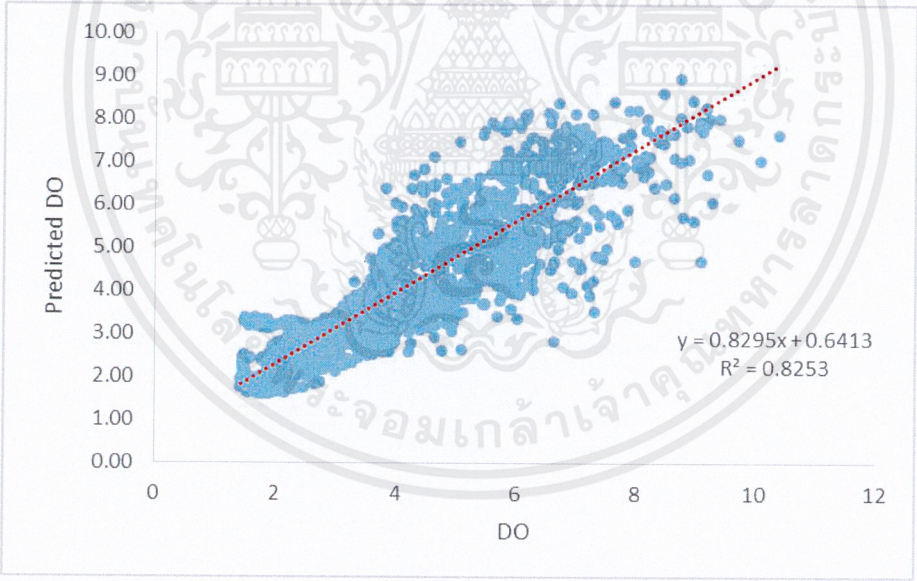
ในการทำนายค่า DO จาก อุณหภูมิและ pH สามารถทำนายจากสมการ Regression ดังนี้

$$y = B_1x_1 + B_2x_2 + Constant$$

จากตารางที่ 4.1 แสดงค่า Constant เท่ากับ -30.144 อุณหภูมิ (B₁) เท่ากับ 0.186 และ pH (B₂) เท่ากับ 3.479 โดยที่ x₁ และ x₂ คือค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและ pH ตามลำดับ ดังนั้น สมการในการทำนายค่า DO คือ

$$DO = 0.186x_1 + 3.479x_2 - 30.144$$

จากการศึกษาความสัมพันธ์ตัวแปร โดยใช้วิธี Multiple Linear Regression (MLR) จะพบว่า ในการทำนายค่า DO จากตัวแปรทั้งสอง มีค่า R square สูง โดยมีค่า R square เท่ากับ 0.827



รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบค่า DO ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์กับค่า DO ที่ได้จากการทำนาย

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

โครงการนี้เป็นการพัฒนาเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาร่วมกับเทคโนโลยี Internet of Things เข้ามามีส่วนช่วยในการเก็บข้อมูลไว้บน Cloud และแสดงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาแบบเรียลไทม์ผ่านทาง Mobile application และเพื่อศึกษาสัมพันธ์ค่าคุณสมบัติที่อยู่ภายในน้ำ (ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และอุณหภูมิในน้ำ) เพื่อศึกษาแนวทางในการลดต้นทุนของเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลา

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของค่าคุณสมบัติภายในน้ำในบ่อเลี้ยงปลา ค่า DO และ pH ในแต่ละช่วงเวลาของวัน มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน และเมื่อนำมาศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปร โดยใช้วิธี Multiple Linear Regression (MLR) พบว่า ในการทำนายค่า DO จากค่า pH และ อุณหภูมิ มีค่า R square เท่ากับ 0.827 มีแนวโน้มที่จะใช้ข้อมูลจากเซ็นเซอร์ pH และอุณหภูมิ เพื่อทำนายค่า DO ได้ ซึ่งจะช่วยให้อาจลดต้นทุนของระบบได้ แต่ค่าที่ทำนายได้มีแนวโน้มต่ำกว่าค่า DO ที่วัดได้จริง จึงต้องมาการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

- 1.ค่า R square อาจมีการเปลี่ยนแปลง ถ้าการรับค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำของเซ็นเซอร์มีความเสถียร
- 2.สัญญาณทางไฟฟ้าเป็นปัจจัยหลักในการอ่านค่าเซ็นเซอร์ ซึ่งในการออกแบบวงจรไฟฟ้าต้องมั่นใจว่า จะไม่เกิดข้อผิดพลาดในภายหลัง
3. หากต้องการเพิ่มความแม่นยำในการทำนายค่า DO อาจจำเป็นต้องศึกษาปัจจัยอื่นๆเพิ่มเติม เช่น ความเข้มของแสง ความเค็มของน้ำ และความขุ่นของน้ำ
4. ควรศึกษาการใช้งาน การดูแลรักษา อายุการใช้งาน และความเหมาะสมในการใช้งานเซ็นเซอร์ ก่อนการผลิตจริงในเชิงการค้า

บรรณานุกรม

- [1] ชนิศนันท์ สุงาม และ อัจฉนา วงศ์ชัยสุวัฒน์. 2557. เซนเซอร์สำหรับวัดออกซิเจนที่ละลายน้ำได้. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- [2] นิติพงษ์ สมไชยวงศ์ ธนพล อินตายวง อนุรักษ์ เผ่ากา และอิศเรศน์ นาเมือง. 2558. การออกแบบและสร้างระบบควบคุมความเป็นกรด-ด่าง และออกซิเจนละลายในน้ำ ในบ่อเลี้ยงปลาแพนซีคาร์ฟ. วารสารการวิจัย กาสะลองคำ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
- [3] พนิดา พงษ์ไพบูลย์ ชาวีร์ อีสริย์ภัทร์ กุลชาติ มีทรัพย์หลาก เอ็มอัชนา นิรันตสุขรัตน์ เปรมฤดี เอี่ยมสุภัคกุล อนันท์ ปัญญา และชัยวิทย์ แสนทวีสุข. 2560. คู่มือการใช้NETPIE. ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
- [4] มลวิภา ลือชัย. การปรับปรุงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลานิล ด้วยระบบถังกรองทรายแบบไหลไม่ต่อเนื่อง. 2540. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- [5] ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ. 2528. คุณสมบัติของน้ำและวิธีการวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง. ฝ่ายวิจัยสิ่งแวดล้อมสัตว์น้ำ สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ
- [6] ไมตรี ดวงสวัสดิ์. 2526. คุณสมบัติของน้ำกับการเลี้ยงปลา. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลทางสถิติที่ได้จากการหาความสัมพันธ์ด้วยวิธี Multiple linear regression

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
DO	3.7527	1.98697	1982
Temp	30.0627	1.15143	1982
pH	8.1349	.48171	1982

Correlations

		DO	Temp	pH
Pearson Correlation	DO	1.000	.590	.905
	Temp	.590	1.000	.572
	pH	.905	.572	1.000
Sig. (1-tailed)	DO	.	.000	.000
	Temp	.000	.	.000
	pH	.000	.000	.
N	DO	1982	1982	1982
	Temp	1982	1982	1982
	pH	1982	1982	1982

รูปที่ ก.1 แสดงตาราง Descriptive Statistics และ Correlations

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.909 ^a	.827	.827	.82699

a. Predictors: (Constant), pH, Temp

b. Dependent Variable: DO

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	6467.660	2	3233.830	4.728E3	.000 ^a
	Residual	1353.463	1979	.684		
	Total	7821.123	1981			

a. Predictors: (Constant), pH, Temp

b. Dependent Variable: DO

รูปที่ ก.2 แสดงตาราง Model summary และ ANOVA ที่ได้จากการหาความสัมพันธ์ตัวแปร

Coefficients ^a									
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95% Confidence Interval for B		Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound	Tolerance	VIF
1 (Constant)	-30.144	.487		-61.835	.000	-31.100	-29.188		
Temp	.186	.020	.108	9.468	.000	.148	.225	.673	1.486
pH	3.479	.047	.843	73.982	.000	3.386	3.571	.673	1.486

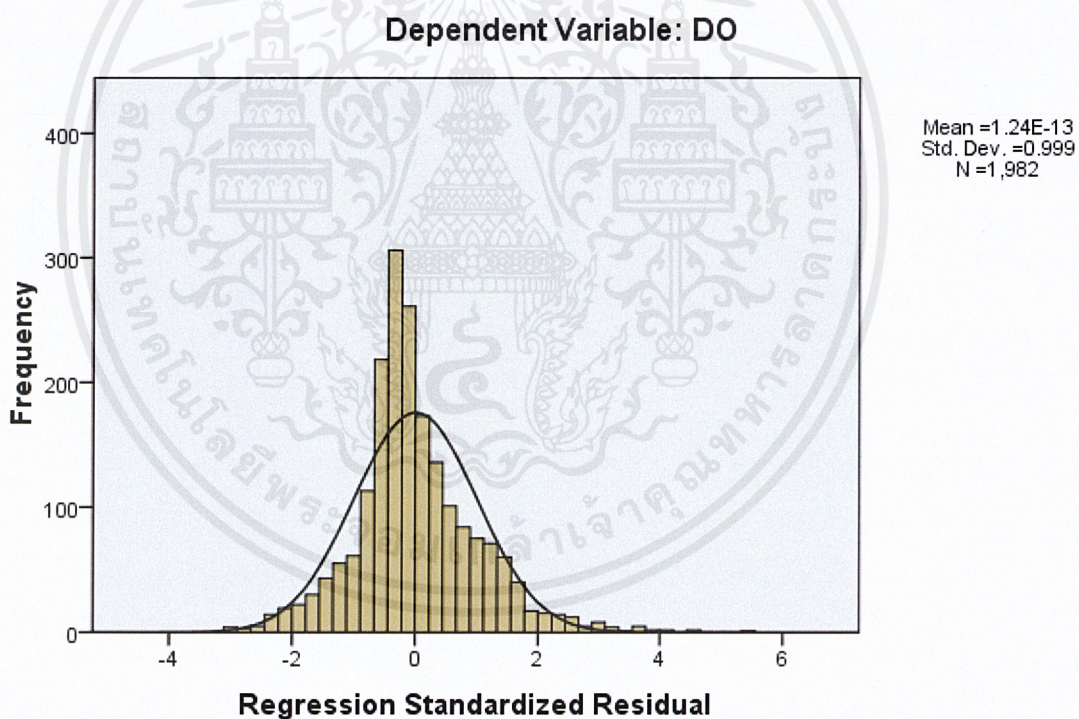
a. Dependent Variable: DO

รูปที่ ก.3 แสดงตาราง Coefficients

Residuals Statistics ^a					
	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	1.6210	9.3661	3.7527	1.80689	1982
Residual	-2.54258	4.41761	.00000	.82657	1982
Std. Predicted Value	-1.180	3.107	.000	1.000	1982
Std. Residual	-3.074	5.342	.000	.999	1982

a. Dependent Variable: DO

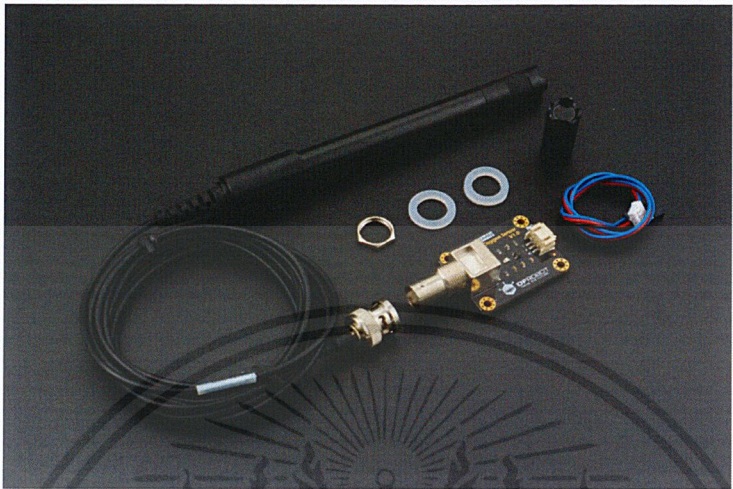
รูปที่ ก.4 แสดงตาราง Residuals Statistics



รูปที่ ก.5 แสดงกราฟ Histogram

ภาคผนวก ข

อุปกรณ์สำหรับการพัฒนา ระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับการตรวจวัดคุณภาพน้ำ
ในบ่อเลี้ยงปลา



รูปที่ ข.1 Gravity: Analog Dissolved Oxygen Sensor

รายละเอียด

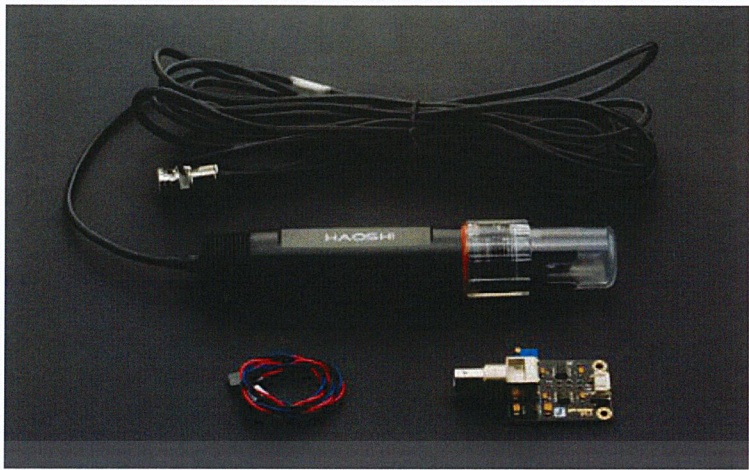
Source	https://www.dfrobot.com/product-1628.html?search=do%20sensor&description=true
Supply Voltage	3.3~5.5V
Output Signal	0~3.0V
Type	Galvanic Probe
Detection Range	0~20 mg/L
Temperature Range	0~40 °C
Response Time	1 minute
Pressure Range	0~50 PSI



รูปที่ ข.2 DS18B20 Digital Temperature Sensor

รายละเอียด 2

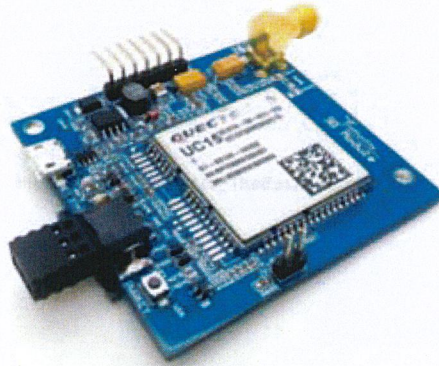
Source	https://www.dfrobot.com/product-689.html?search=Temp%20sensor&description=true&page=
Usable power/data	3.0V to 5.5V
Accuracy	±0.5°C from -10°C to +85°C
temperature range	-55 to 125°C (-67°F to +257°F)
Query time	less than 750ms



รูปที่ ข.3 Gravity: Analog pH Sensor

รายละเอียด

Source	https://www.dfrobot.com/product-1110.html?search=pH%20sensor&description=true
Module Power	5.00 V
Measuring Range	0-14 pH
Measuring Temperature	0-60 °C
Accuracy	± 0.1pH (25 °C)
Response Time	≤ 1min



รูปที่ ข.4 3G Module (UC15-T)

รายละเอียด

Source	https://www.thaieasyelec.com/3g-module-uc15-t.html
รองรับความถี่	850/2100 MHz ในระบบ UMTS 3G
รองรับความถี่	850/900/1800/1900 MHz
รองรับความเร็วในการสื่อสาร HSPDA	ในระบบ GSM 2G สูงสุดที่ 3.6 Mbps Downlink และ 384 Kbps Uplink
รองรับ GPRS	Multi-slot class 12
รองรับคำสั่ง	AT Command 3GPP TS27.007 กับ 3GPP TS27.005 และ enhanced AT command ของ Quectel
รองรับโปรโตคอลต่างๆ	PPP / TCP / UDP / FTP / HTTP / FILE / MMS / SMTP / SSL
เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทาง	Serial UART