การพัฒนาระบบการให้อาหารปลาแบบอัตโนมัติสำหรับสมาร์ทฟาร์มเมอร์

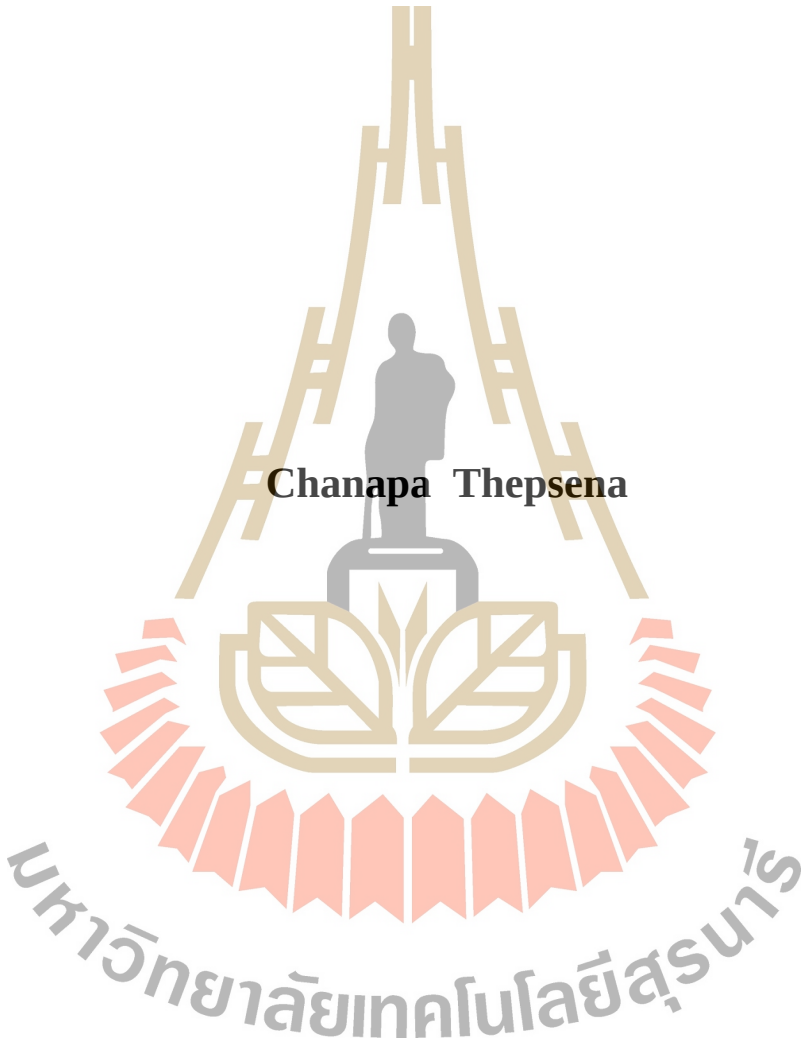
นางสาวชนาภา เทพเสนา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลและระบบกระบวนการ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2562

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATIC FISH FEEDING SYSTEM FOR SMART FARMERS

Chanapa Thepsena



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the

Degree of Master of Engineering in Mechanical

and Process System Engineering

Suranaree University of Technology

Academic Year 2019

การพัฒนาระบบการให้อาหารปลาแบบอัตโนมัติสำหรับสมาร์ทฟาร์มเมอร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(รศ. ดร.บัณฑิต กฤตาคม)
ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร.อาทิตย์ คูณศรีสุข)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(ผศ. ดร.กระวี ตรีอำนรรค)
กรรมการ

(ผศ. ดร.พรรษา ลิบลับ)
กรรมการ

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและพัฒนาความเป็นสากล

(รศ. ดร. พรศิริ จงกล)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ชนาภา เทพเสนา : การพัฒนาระบบการให้อาหารปลาแบบอัตโนมัติสำหรับสมาร์ทฟาร์มเมอร์ (DEVELOPMENT OF AN AUTOMATIC FISH FEEDING SYSTEM FOR SMART FARMERS) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ คูณศรีสุข, 89 หน้า.

ปัจจุบันการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยเฉพาะการเพาะเลี้ยงปลานิล ซึ่งเป็นปลาน้ำจืดเศรษฐกิจอันดับ 1 ของไทย ก่อให้เกิดรายได้เข้าสู่ประเทศเป็นจำนวนมาก แต่ผู้เลี้ยงปลานิลยังคงประสบปัญหาทางด้านต้นทุนค่าอาหาร คิดเป็นร้อยละ 60 – 70 ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด ซึ่งอาจเกิดจากความสูญเสียจากการให้อาหารโดยใช้แรงงานคน ปัญหาค่าแรงขั้นต่ำที่เพิ่มสูงขึ้น การขาดแคลนแรงงานให้อาหารหรือผู้เลี้ยงประกอบอาชีพหลายอย่าง การหาวิธีการให้อาหารรูปแบบอื่นแทนการให้อาหารโดยใช้แรงงานคน สามารถช่วยลดการบริหารจัดการคนได้ งานวิจัยนี้จึงออกแบบและสร้างเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติที่มีระบบแจ้งเตือนข้อความไปยังผู้เลี้ยง และทดลองให้อาหารปลานิลจำนวน 500 ตัว/บ่อ ในกระชังในบ่อดิน ในอัตรา 3% ต่อน้ำหนักตัว วันละ 2 ครั้ง เวลา 9:00 น. และ 16:00 น.ด้วยวิธีการให้อาหารที่แตกต่างกัน 2 วิธี คือ การให้อาหารด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติและการให้อาหารโดยใช้คนให้อาหาร น้ำหนักปลาทดลองเริ่มต้นหนัก 473.64 $\pm$ 8.73 กรัม ให้อาหารเป็นระยะเวลา 4 เดือน จากนั้นประเมินสมรรถนะการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลานิล โดยนำไปวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มการทดลอง ผลที่ได้พบว่า น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Weight gain) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (DGR) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ประสิทธิภาพการใช้อาหาร (FE) และประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (PER) ของปลานิลที่เลี้ยงด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติกับปลานิลที่เลี้ยงโดยใช้คนให้อาหาร ($P>0.01$) และจากการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์พบว่าการให้อาหารด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติสามารถคืนทุนภายในระยะเวลา 9 ปี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา 2562

ลายมือชื่อนักศึกษา ชนาภา เทพเสนา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา อาทิตย์
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

CHANAPA THEPSENA : DEVELOPMENT OF AN AUTOMATIC FISH FEEDING SYSTEM FOR SMART FARMERS. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. ATIT KOONSRISUK, Ph.D., 89 PP.

AUTOMATIC FEEDER/TILAPIA/WARNING SYSTEM

Currently, aquaculture is important to the Thai economy. Especially the tilapia culture, which is the first economic freshwater fish in Thailand generating a lot of income into the country. But Nile tilapia farmers are still facing the problem with the feed costs (60 - 70%) of the total production cost. Which may cause from the loss of feeding by manual labor with the problem of increasing the minimum wage and the shortage of labor or farmers have many occupations. Therefore, finding other methods of feeding instead of labor could be useful for aquaculture business. This research aimed to design and construct automatic fish feeder with a message notification system. Experimental tilapia 500 fish/pond with an average initial weight of 473.64 ± 8.73 g were randomly reared in cage and fed with a rate of 3% body weight/day at 9:00 AM and 4:00 PM. Two different feeding methods, feeding using automatic machine and feeding by labor were investigated. After rearing for 4 months, fish were evaluated for growth performance. The results showed that feeding methods did not affect the growth performances (weight gain, specific growth rate (SGR), daily growth rate (DGR), feed conversion ratio (FCR), feed efficiency (FE) and protein efficiency ratio (PER) ($P>0.01$)).

From economic evaluation, it was found that feeding with automatic fish feeder payback period was met in 9 years.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Mechanical Engineering

Academic Year 2019

Student's Signature Chanapa

Advisor's Signature อาทิตย์

Co-Advisor's Signature Samorn P.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งด้านวิชาการและด้านการดำเนินงานวิจัยจากบุคคลต่าง ๆ ผู้ทำวิจัยขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ คูณศรีสุข อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมร พรชื่นชูวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางสัตว์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้โอกาสทางการศึกษา ให้คำแนะนำปรึกษา ช่วยแก้ปัญหา และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด รวมทั้งช่วยตรวจทาน และแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่มอบทุนการศึกษาสำหรับผู้มีศักยภาพ และขอขอบพระคุณ ทุนสนับสนุนการทำวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช) ผ่านมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ขอขอบพระคุณ คุณศิริพงษ์ ปะวะโก ที่ให้คำแนะนำปรึกษา ให้ความช่วยเหลือด้านระบบ ช่วยแก้ปัญหาในการทำวิจัย จนส่งผลวิทยานิพนธ์สำเร็จอย่างดี

ขอขอบพระคุณ คุณสุนัย พลายมี นักวิชาการเกษตร ประจำฟาร์มประมง คุณธาราทิพย์ พิทักษ์สงค์ ผู้ช่วยสอนและวิจัย ที่ให้คำแนะนำปรึกษาด้านวิชาการ อำนวยความสะดวกทางด้านเครื่องมือ อุปกรณ์และสถานที่ และขอขอบคุณน้อง ๆ กลุ่มวิชาปัญหาพิเศษ สาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางสัตว์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณเกรียงไกร กิ่งโคกกรวด น้าเขย ที่ให้ความช่วยเหลือด้านงานช่าง ช่วยขนย้ายเครื่อง พร้อมทั้งติดตั้งเครื่อง

ขอขอบคุณเพื่อน รุ่นพี่ และรุ่นน้องบัณฑิตศึกษาในกลุ่มวิจัย สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ ให้กำลังใจ ให้การเรียนและการทำวิทยานิพนธ์สำเร็จ

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้กับ คุณสุกานดา เทพเสนา และคุณภาวินี เทพเสนา ซึ่งเป็นมารดาและน้าสาวที่รักยิ่งของข้าพเจ้า ซึ่งอบรมเลี้ยงดูข้าพเจ้าจนเติบใหญ่และประสบความสำเร็จในการศึกษาครั้งนี้

ชนาภา เทพเสนา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก

บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ง

สารบัญ ..... จ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญรูป ..... ฌ

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... ฎ

บทที่

1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2

1.3 สมมติฐานของงานวิจัย 2

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย 2

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 2

2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 ปลานิล 3

2.1.1 อัตราการปล่อยปลาและการให้อาหาร 4

2.1.2 การประเมินสมรรถนะการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร 5

2.2 เครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติ 6

2.2.1 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

3 วิธีการดำเนินการวิจัย 9

3.1 การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบให้อาหารปลาอัตโนมัติ 9

3.1.1 การออกแบบเครื่องต้นแบบให้อาหารปลาอัตโนมัติ 9

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1.2 สร้างเครื่องต้นแบบให้อาหารปลาอัตโนมัติ 16
3.1.3 การออกแบบระบบ Solar cell 19
3.2 การออกแบบระบบควบคุม 21
3.2.1 ภาพรวมของระบบ 21
3.2.2 ระบบแจ้งเตือน 26
3.3 การทดลองให้อาหารปลา 29
3.3.1 การเตรียมปลาทดลองและการให้อาหาร 29
3.3.2 การเตรียมบ่อทดลอง 30
3.3.3 การติดตั้งเครื่องให้อาหารปลาสำหรับการทดลอง 30
3.4 การประเมินสมรรถนะการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร 31
3.5 การประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ 32
4 ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล 33
4.1 ผลของการทำงานของเครื่องให้อาหารปลาแบบอัตโนมัติ 33
4.2 ผลของการใช้เครื่องให้อาหารปลาแบบอัตโนมัติต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลานิล 37
4.3 การประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ 40
5 สรุปงานวิจัยและข้อเสนอแนะ 44
5.1 สรุปผลงานวิจัย 44
5.2 ข้อเสนอแนะ 44
รายการอ้างอิง 46
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก. แบบเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติ 49
ภาคผนวก ข. โค้ดระบบควบคุมเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติ 52
ข.1 โค้ดระบบควบคุมเครื่องให้อาหาร 53

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ข.2 โค้ดระบบแจ้งเตือนไปยัง LINE 77
ภาคผนวก ค. ข้อมูลการสอบเทียบเซ็นเซอร์สำหรับวัดค่า 83
ค.1 การสอบเทียบ DO sensor 84
ค.2 การสอบเทียบ pH sensor 86
ประวัติผู้เขียน 89

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวกับเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติ 7

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ 23

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดในระบบแจ้งเตือน 28

3.3 ช่วงค่าที่เหมาะสมกับการเลี้ยงปลานิล 29

4.1 สมรรถนะการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลานิล ที่ได้รับอาหารที่ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 4 เดือน 39

4.2 ต้นทุนสำหรับโครงการเลี้ยงปลาด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติและ การเลี้ยงปลาโดยใช้คนให้อาหารรายปี 40

4.3 กระแสเงินสดรับของโครงการเลี้ยงปลาด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติและ การเลี้ยงปลาโดยใช้คนให้อาหารรายปี 41

4.4 ผลการคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนของโครงการเลี้ยงปลา ด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ 41

4.5 ผลการคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนของโครงการเลี้ยงปลา โดยใช้แรงงานคน 42

4.6 ผลการคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนของโครงการที่มีการเลี้ยงปลา โดยใช้คนให้อาหารอยู่ แต่เปลี่ยนมาใช้เครื่องให้อาหารอัตโนมัติ 43

ค.1 ค่า DO ที่วัดได้จากการทดสอบด้วย DO sensor และ DO meter 85

ค.2 ค่า pH ที่วัดได้จากการทดสอบด้วย pH sensor 87

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 ลักษณะของปลานิล 3
3.1 ส่วนประกอบของเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติ 10
3.2 hopper ที่ทำการออกแบบ 12
3.3 แผ่นจานหมุนเจาะรู 13
3.4 ท่อทางออกของอาหารภายในเครื่อง 14
3.5 ท่อทางออกของอาหารภายนอกเครื่อง 14
3.6 Stepper motor แบบ DC 12 V 15
3.7 blower แบบ DC 12 V 16
3.8 ชุดต้นแบบเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติที่สร้างเสร็จ 17
3.9 ถังเก็บอาหาร 17
3.10 ส่วนประกอบภายในเครื่องให้อาหารปลา 18
3.11 ขาตั้งของเครื่องให้อาหารปลา 19
3.12 แผนภาพระบบควบคุมให้อาหารปลาอัตโนมัติ 22
3.13 แผนภาพกระบวนการทำงานของระบบให้อาหารปลาอัตโนมัติ 25
3.14 แผนภาพกระบวนการทำงานของระบบแจ้งเตือนน้ำหนักอาหารในถัง 26
3.15 แผนภาพกระบวนการทำงานของระบบแจ้งเตือนค่า DO, ค่า pH และค่าอุณหภูมิในน้ำ 27
3.16 บ่อทดลองให้อาหารปลา 30
3.17 เครื่องให้อาหารปลาสำหรับการทดลอง 31
3.18 การสุ่มปลาชั่งน้ำหนัก 32
4.1 ผลการแจ้งเตือนค่า DO, ค่า pH, ค่าอุณหภูมิในน้ำและค่าน้ำหนักอาหารในถังเก็บอาหาร 33
4.2 การแสดงผลค่าที่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดในระบบควบคุมการแจ้งเตือนบนหน้าจอ LCD 34

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.3 การแสดงผลค่าที่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดในระบบควบคุม การแจ้งเตือนบนหน้าจอ LCD 34

4.4 ระดับ DO ในน้ำของบ่อที่ให้ด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ และบ่อที่ให้ด้วยคน 35

4.5 ระดับ pH ในน้ำของบ่อที่ให้ด้วยเครื่องและบ่อที่ให้ด้วยคน 36

4.6 อุณหภูมิในน้ำของบ่อที่ให้ด้วยเครื่องและบ่อที่ให้ด้วยคน 37

4.7 น้ำหนักเฉลี่ยของปลานิลที่ให้อาหารด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ และปลานิลที่ให้อาหารด้วยคนในแต่ละเดือน 38

ก.1 แบบของถังเก็บอาหารหรือ hopper 50

ก.2 แบบของฝาเครื่อง 50

ก.3 แบบภายนอกเครื่อง 51

ก.4 แบบท่อสวม blower 51

ค.1 เครื่องวัดปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (DO Meter) รุ่น YSI Pro20i 84

ค.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า DO ที่วัดได้จาก DO sensor และค่า DO ที่วัดได้จาก DO meter 85

ค.3 Buffer solution pH 4.01 ± 0.02 86

ค.4 Buffer solution pH 7.00 ± 0.02 86

ค.5 Buffer solution pH 10.01 ± 0.02 87

ค.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH ที่วัดได้จาก pH sensor และค่า pH ของ Buffer solution 88

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

อักษรย่อ

DO	=	Dissolved Oxygen
DGR	=	Daily growth rate
FCR	=	Feed conversion ratio
FE	=	Feed efficiency
PER	=	Protein efficiency ratio
SGR	=	Specific growth rate

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

ปัจจุบันการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเป็นเกษตรกรรมที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะการเพาะเลี้ยงปลานิล ประเทศไทยมีการส่งออกปลานิลในปี พ.ศ. 2561 คิดเป็นมูลค่า 393.3 ล้านบาท ปลานิลจัดเป็นปลาน้ำจืดเศรษฐกิจอันดับ 1 ของไทย และไทยยังสามารถผลิตปลานิลได้เป็นลำดับที่ 4 รองจาก จีน อินโดนีเซีย และฟิลิปปินส์ จัดเป็นแหล่งอาหารประเภทโปรตีนที่สำคัญ สามารถส่งออกและเป็นที่ต้องการของคนทั่วไป โดยผลผลิตปลานิลกว่าร้อยละ 90 ใช้บริโภคภายในประเทศ มีเพียงร้อยละ 10 เท่านั้น ส่งออกไปยังต่างประเทศและปลานิลบางส่วนมีการนำเข้ามาจากต่างประเทศ (เกวลิน หนูฤทธิ์, 2561) ปลานิลจึงเป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญและมีคุณค่าทางเศรษฐกิจของประเทศไทย อย่างไรก็ตาม แม้ว่ารายได้จากการส่งออกปลานิลจะมีมูลค่าสูง แต่ผู้เลี้ยงปลานิลกลับประสบปัญหาด้านค่าอาหาร โดยต้นทุนด้านค่าอาหารคิดเป็นร้อยละ 60 – 70 ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด (Asian Development Bank, 2005) การพิจารณาหาแนวทางลดต้นทุนค่าอาหาร จึงเป็นเรื่องที่ควรให้ความสำคัญ

การจัดการการให้อาหารให้มีประสิทธิภาพ เป็นแนวทางหนึ่งในการลดต้นทุนด้านค่าอาหารลง เนื่องจากการให้อาหารโดยใช้แรงงานคน เป็นการให้อาหารที่นิยมให้ด้วยมือ ทำให้เกิดผลเสีย อาทิ ปริมาณอาหารที่ให้ไม่มีความแม่นยำ ให้อาหารเกินความต้องการของปลา ซึ่งจะส่งผลเสียต่อคุณภาพน้ำและเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายต้นทุนค่าอาหารปลา และเมื่อผู้เลี้ยงจำเป็นต้องไปทำธุระที่อื่นเป็นเวลาหลายวัน อาจทำให้ปลาขาดอาหารหรือเสียชีวิต ส่งผลให้ผลผลิตปลาที่ได้มีขนาดแตกต่างกันและขายได้ในราคาที่ไม่ดี นอกจากนี้ ในปัจจุบันมีปัญหาเรื่องค่าแรงขั้นต่ำที่เพิ่มสูงขึ้น และคนวัยหนุ่มสาวนิยมทำงานในภาคอุตสาหกรรมมากกว่าภาคการเกษตร จึงทำให้มีปัญหาเรื่องการขาดแคลนแรงงาน ดังนั้น การหาวิธีการในการให้อาหารแบบอื่นแทนการให้อาหารโดยใช้แรงงานคนจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจ

ประกอบกับในช่วงระยะสองสามปีที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน ภาครัฐได้มีการสนับสนุนและส่งเสริมเกษตรกรไทยด้วยแนวคิด Smart Farmer เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตในภาคการเกษตรให้มีความแม่นยำสูง การลดต้นทุนในกระบวนการผลิต, การเพิ่มคุณภาพมาตรฐานการผลิตและมาตรฐานสินค้า, การลดความเสี่ยงจากศัตรูพืชและจากภัยธรรมชาติ และการจัดการและส่งผ่านความรู้ที่มุ่งให้

ความสำคัญต่อการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของเกษตรกร (ฤทัยชนก จริงจิตร, 2558) ส่งเสริมให้เกษตรกรนำความรู้ทางด้านเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้กับการเกษตรของตน

งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบให้อาหารปลาอัตโนมัติสำหรับปลานิล เพื่อสนับสนุนการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบให้อาหารปลาอัตโนมัติ มีระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำและปริมาณอาหารและมีระบบแจ้งเตือนไปยังโทรศัพท์มือถือของผู้เลี้ยง

1.3 สมมติฐานของงานวิจัย

การให้อาหารด้วยเครื่องให้อาหารปลาแบบอัตโนมัติ ไม่ส่งผลต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของปลา

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

พัฒนาเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติสำหรับปลานิล และทำการทดสอบให้อาหารปลาในกระชังในบ่อดิน ณ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ได้เครื่องต้นแบบให้อาหารปลาอัตโนมัติที่สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ และมีความเหมาะสมกับการเลี้ยงปลานิล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

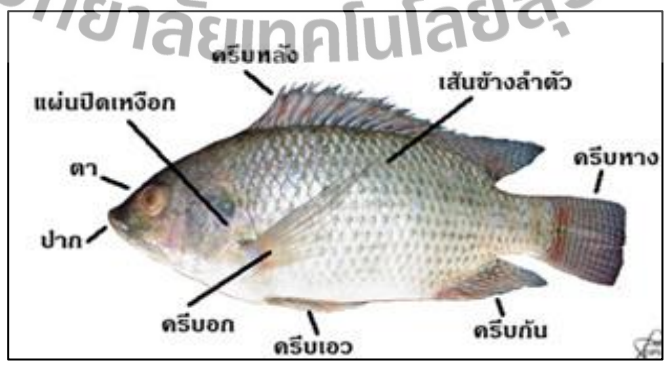
บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีการรวบรวมหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปลานิล และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาและต่อยอดงานวิจัยที่เกิดขึ้นมาก่อนหน้านี้ ซึ่งประกอบไปด้วย 2 หัวข้อหลัก ๆ คือ 1. ปลานิล และ 2. เครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติ

2.1 ปลานิล

ปลานิล เป็นปลาน้ำจืดชนิดหนึ่งอยู่ในตระกูลชิคลิดี (Cichlidae) มีถิ่นกำเนิดเดิมอยู่ในทวีปแอฟริกา พบทั่วไปตามหนอง บึง และทะเลสาบ ในประเทศซูดาน ยูกันดา แทนแกนยีกา โดยที่ปลาชนิดนี้เจริญเติบโตเร็วและเลี้ยงง่ายเหมาะสมที่จะนำมาเพาะเลี้ยงในบ่อได้เป็นอย่างดี จึงได้รับความนิยมและเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายในทวีปเอเชีย รูปร่างลักษณะของปลานิลคล้ายกับปลาหมอเทศ แต่ลักษณะพิเศษของปลานิล คือ ริมฝีปากบนและล่างเสมอกัน โดยที่บริเวณแก้มมีเกล็ด 4 แถว ตามลำตัวมีลายพาดขวางจำนวน 9 - 10 แถบ

นอกจากนี้ ลักษณะทั่วไปของปลานิล มีครีบหลังมีเพียง 1 ครีบ มีเกล็ดตามแนวเส้นข้างตัว 33 เกล็ด ลำตัวมีสีเขียวปนน้ำตาล ตรงกลางเกล็ดมีสีเข้ม ที่กระดูกแก้มมีจุดสีเข้มอยู่จุดหนึ่ง บริเวณส่วนอ่อนของครีบหลัง ครีบก้นและครีบหางมีจุดสีขาวและสีดำตัดขวาง คล้ายลายข้าวตอก (กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด กรมประมง, 2560) ซึ่งส่วนประกอบการต่าง ๆ ของปลานิลแสดงให้เห็นดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ลักษณะของปลานิล (Arphatsara Rassamee, 2560)

ปลานิลมีนิสัยชอบอยู่รวมกันเป็นฝูง ยกเว้นเวลาสืบพันธุ์ มีความอดทนและปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ ปลานิลทนต่อความเค็มได้ถึง 20 ส่วนในพัน ทนต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ได้ดีในช่วง 6.5 – 8.3 และสามารถทนต่ออุณหภูมิได้ถึง 40 องศาเซลเซียส แต่ในอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส ปลานิลปรับตัวและเจริญเติบโตได้ไม่ดี เนื่องจากถิ่นกำเนิดเดิมของปลาชนิดนี้อยู่ในเขตร้อน รูปร่างภายนอกของปลานิลเพศผู้และเพศเมียจะมีลักษณะคล้ายคลึงกันมาก แต่สังเกตลักษณะเพศได้ จากการดูติ่งเพศ (Genital papillae) ที่บริเวณใกล้กับช่องทวาร โดยปลาเพศผู้จะมีติ่งเพศลักษณะเรียวยาวยื่นออกมา ส่วนปลาเพศเมียมีลักษณะติ่งเพศมีลักษณะค่อนข้างใหญ่และกลมมีรูช่วงกลาง ขนาดปลาที่จะแยกเพศได้ชัดเจนต้องเป็นปลาที่มีความยาวตั้งแต่ 10 เซนติเมตรขึ้นไป สำหรับปลาที่มีขนาดโตเต็มที่สามารถสังเกตเพศได้ด้วยการดูสีที่ลำตัว โดยสีบริเวณใต้คางและลำตัวของปลาเพศผู้จะมีสีเข้มกว่าปลาเพศเมีย ซึ่งเมื่อถึงช่วงผสมพันธุ์สีจะยิ่งเข้มยิ่งขึ้น โดยในปลาวัยเดียวกัน ปลานิลเพศผู้จะมีขนาดใหญ่กว่าปลาเพศเมีย

ปลานิลสามารถผสมพันธุ์และวางไข่ได้ตลอดปี โดยใช้เวลา 2 – 3 เดือน/ครั้ง แต่ถ้าอาหารเพียงพอและเหมาะสม ในระยะเวลา 1 ปี จะผสมพันธุ์ได้ 5 – 6 ครั้ง ซึ่งขนาดอายุและช่วงการสืบพันธุ์ของปลาแต่ละตัวจะแตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อม และสภาพทางสรีรวิทยาของปลา โดยเริ่มมีพัฒนาการของไข่และน้ำเชื้อ เมื่อมีความยาวประมาณ 6.5 เซนติเมตร (กองวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ, 2560)

2.1.1 อัตราการปล่อยปลาและการให้อาหาร

อัตราการปล่อยปลาอยู่ภายใต้การตัดสินใจ ควรคำนึงถึงระยะเวลาการเลี้ยงปลานิลในกระชัง การเร่งให้ผลผลิตออกมาในเวลาอันรวดเร็ว และต้องการปลาขนาดใหญ่ จะต้องปล่อยปลาลงเลี้ยงในอัตราความหนาแน่นต่ำ จำเป็นต้องปล่อยลูกปลาขนาดใหญ่ ในทางตรงกันข้าม หากมีความต้องการปลาขนาดเล็ก ผู้เลี้ยงสามารถปล่อยปลาในอัตราความหนาแน่นสูงหรือรุ่นระยะเวลาเลี้ยงให้สั้นลง การเลี้ยงปลาในกระชังเป็นรูปแบบการเลี้ยงปลาแบบพัฒนา (intensive) หรือกึ่งพัฒนา (semi-intensive) เน้นการให้อาหาร เพื่อเร่งผลผลิตและการเจริญเติบโต จึงควรจะใช้อาหารที่มีคุณค่าทางโปรตีนค่อนข้างสูง และเหมาะสมกับความต้องการของปลาแต่ละขนาด ปัจจัยที่สำคัญควรนำมาประกอบการพิจารณาเกี่ยวกับการให้อาหารปลาในกระชัง ได้แก่ ระดับโปรตีนที่เหมาะสม ปริมาณโปรตีนที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของปลานิลที่มีอายุต่างกันจะแตกต่างกัน สำหรับลูกปลาวัยอ่อน (Juvenile) และลูกปลานิ้ว (Fingerling) ต้องการอาหารที่มีระดับโปรตีนประมาณ 30 - 40% แต่ในปลาใหญ่ต้องการอาหารที่มีโปรตีนประมาณ 25 - 30% ส่วนการให้อาหารตามขนาดของปลา สำหรับปลาขนาดเล็กให้อาหาร 20% ของน้ำหนักของปลา สำหรับปลารุ่น อัตราการให้อาหารจะลดลงเหลือประมาณ 6 - 8% ของน้ำหนักของปลา และสำหรับปลาขนาดใหญ่ อัตราการให้อาหารจะเหลือประมาณ 3 - 4%ของน้ำหนักของปลา (สำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการประมง กรม

ประมง, 2557) นอกจากนี้ ในการเลี้ยงปลานิลควรคำนึงถึงคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลานิล น้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลานิลควรมีความเป็นกรด - ด่างอยู่ระหว่าง 6.5 – 8.0 ปริมาณออกซิเจนในน้ำ (Dissolved Oxygen) ไม่ควรต่ำกว่า 4 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณแอมโมเนียไม่ควรมากกว่า 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร (ฝ่ายบริการวิชาการสัตว์น้ำ บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน), 2557)

2.1.2 การประเมินสมรรถนะการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร

เมื่อการเลี้ยงปลาเสร็จสิ้น ทำการวิเคราะห์ผล นำข้อมูลที่บันทึกจากการเลี้ยง มาประเมินสมรรถนะการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร โดยประเมินสมรรถนะต่าง ๆ จากสมการที่ 2.1 – 2.9

$$\text{Final weight (g)} = \frac{\text{น้ำหนักปลาหลังสิ้นสุดการเลี้ยงรวมทั้งหมด}}{\text{จำนวนปลาทั้งหมด}} \quad (2.1)$$

$$\text{Weight gain (g)} = \text{น้ำหนักปลาหลังสิ้นสุดการเลี้ยง} - \text{น้ำหนักปลาเริ่มต้น} \quad (2.2)$$

$$\text{Specific growth rate, SGR (\%/day)} = (\ln W_{t+1} - \ln W_t)/ T \times 100 \quad (2.3)$$

เมื่อ W_{t+1} คือ น้ำหนักปลาหลังสิ้นสุดการเลี้ยง

W_t คือ น้ำหนักปลาเริ่มต้น

T คือ ระยะเวลาการเลี้ยง (วัน)

$$\text{Daily growth rate, DGR (g/day)} = \frac{\text{น้ำหนักปลาหลังสิ้นสุดการเลี้ยง} - \text{น้ำหนักปลาเริ่มต้น}}{\text{ระยะเวลาการเลี้ยง}} \quad (2.4)$$

$$\text{Survival rate (\%)} = \frac{\text{จำนวนปลาหลังสิ้นสุดการเลี้ยง}}{\text{จำนวนปลาที่ปล่อยเริ่มต้น}} \times 100 \quad (2.5)$$

$$\text{Feed conversion ratio, FCR} = \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ให้}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}} \quad (2.6)$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

$$\text{Feed efficiency, FE (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}{\text{น้ำหนักอาหารที่ให้}} \times 100 \quad (2.7)$$

$$\text{Protein efficiency ratio, PER} = \frac{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}{\text{น้ำหนักของโปรตีนในอาหารที่ปลาได้รับ}} \quad (2.8)$$

$$\text{Feed cost per kg FCR (Baht/kg)} = \text{ต้นทุนค่าอาหาร 1 กิโลกรัม} \times \text{FCR} \quad (2.9)$$

2.2 เครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติ

2.2.1 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันเกษตรกรหันมาประกอบอาชีพเลี้ยงปลาเพื่อจำหน่ายกันมากขึ้น จึงเริ่มมีการศึกษาเกี่ยวกับการเลี้ยงปลามากขึ้นตาม จากการศึกษาพบว่าในการเลี้ยงปลา มีค่าใช้จ่ายด้านอาหารปลาสูงที่สุด โดยต้นทุนด้านค่าอาหารคิดเป็น 60 - 70% ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด (Asian Development Bank, 2005) จึงทำให้การจัดการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการให้อาหารปลา เพื่อลดการสูญเสีย เป็นเรื่องที่นักวิจัยทั่วโลกต่างให้ความสนใจ

จากการศึกษางานวิจัยต่าง ๆ พบว่ามีการทำวิจัยเกี่ยวกับการให้อาหารปลาหลากหลายรูปแบบ ซึ่งในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา งานวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปที่การออกแบบระบบการให้อาหารปลา และสร้างเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติที่สามารถให้อาหารปลาได้ตามเวลาที่ต้องการ ซึ่งเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ โดยทั่วไปถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก ๆ ได้แก่ เครื่องให้อาหารแบบอยู่กับที่ (Fixed feeder) และเครื่องให้อาหารแบบเคลื่อนที่ (Mobile feeder) (Zulkefly, 2010)

จากการศึกษางานวิจัยต่าง ๆ พบว่าโดยส่วนใหญ่ทำการออกแบบเครื่องให้อาหารอัตโนมัติแบบอยู่กับที่มากกว่าแบบเคลื่อนที่ โดยพบการออกแบบแบบเคลื่อนที่ในงานของ Shaari et al. (2011) ซึ่งอาจมีค่าใช้จ่ายสูงสำหรับการนำสายเคเบิลมาใช้ และมีความยุ่งยากซับซ้อน งานวิจัยนี้จึงสนใจออกแบบและสร้างเครื่องให้อาหารปลาแบบอยู่กับที่ เนื่องจากมีต้นทุนต่ำกว่าและสะดวกสำหรับการซ่อมบำรุง และการเติมอาหาร

ส่วนข้อมูลอื่น ๆ ซึ่งได้จากงานวิจัยต่าง ๆ ที่ทำเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติ นอกเหนือจากที่กล่าวมาข้างต้น ถูกนำมาจัดเป็นหมวดหมู่ เพื่อจำแนกให้เห็นสิ่งที่เหมือนหรือแตกต่างกันของแต่ละงานวิจัย โดยแสดงให้เห็นดังตารางที่ 2.1 เพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการทำงานวิจัย

ตารางที่ 2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวกับเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติ

Researcher	Method	Type of fish	Controller	Dispenser	Power supply	Additional equipment
Shima et al. (2001)	Testing and Performance evaluation	Rainbow trout fry fish	N/A	N/A	N/A	highly sensitive micro-switch
Chang et al. (2005)	Design and Testing	Eel	PLC	AC motor	electricity supply	photoelectric sensor
Shaari et al. (2011)	Design and Testing	N/A	PLC	DC motor	electricity supply	transmitter
Noor et al. (2012)	Design and Testing	N/A	microcontroller and timer	DC motor	electricity supply	N/A
Ozigbo et al. (2013)	Design and Performance evaluation	N/A	microcontroller and timer	DC motor	electricity supply	N/A
Ogunlela and Adebayo (2016)	Testing and Performance evaluation	Juvenile cat fish	Timer	bi-directional motor	electricity supply	N/A
Premalatha et al. (2017)	Design and Simulation	N/A	microcontroller and timer	DC motor	electricity supply	ultrasonic sensor and GSM modem
Wei et al. (2017)	Design and Testing	N/A	PLC	DC motor	N/A	blower

จากตารางที่ 2.1 แสดงให้เห็นว่า ถึงแม้ว่างานต่าง ๆ จะมีเป้าหมายในการออกแบบเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติเหมือนกัน แต่มีการใช้อุปกรณ์ควบคุมระบบให้อาหารปลาที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ใช้ microcontroller กับ timer และกลุ่มที่ใช้ Programmable logic Control (PLC) เป็นตัวควบคุมระบบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Chang et al. (2005), Shaari et al. (2011) และ Wei et al. (2017) เลือกใช้ PLC ควบคุมการทำงานของระบบ โดยเขียนโปรแกรมคำสั่งผ่าน ladder diagram ใส่เครื่อง PLC เพื่อกำหนดเวลาจ่ายอาหาร ซึ่งข้อดีของ PLC เมื่อเปรียบเทียบกับ microcontroller คือ เขียนได้ง่ายกว่า ไม่ซับซ้อน เป็นที่นิยมใช้สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม แต่มีราคาแพง (ศิวะพงษ์, 2555)

แต่ในทางตรงกันข้าม งานวิจัยอีกจำนวนหนึ่งใช้ microcontroller กับ timer เป็นตัวควบคุมการทำงานของระบบให้อาหารปลา ซึ่งได้แก่ Noor et al. (2012), Ozigbo et al. (2013) และ Premalatha et al. (2017) โดย microcontroller เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก ราคาไม่แพง microcontroller คือ controller ที่ประกอบไปด้วยฟังก์ชันที่ใช้ในการประมวลผลและหน่วยความจำ ซึ่งมีหลายขนาดให้เลือกใช้ (ศิวะพงษ์,2555) งานวิจัยนี้จึงสนใจเลือกใช้ microcontroller เป็นตัวควบคุมระบบให้อาหารปลา

นอกจากนี้ จากตารางที่ 2.1 มีงานวิจัยกลุ่มหนึ่งที่ไม่ได้ทำแค่การออกแบบเพียงอย่างเดียว แต่มีการประเมินสมรรถนะการเจริญเติบโตของปลา (Performance evaluation) ร่วมด้วย โดย Ozigbo et al. (2013) นำเสนอการประเมินสมรรถนะ โดยการหา efficiency จากปริมาณอาหารที่ออกมาจากเครื่องต่อปริมาณอาหารที่ใส่เข้าไปในเครื่อง และ Ogunlela and Adebayo (2016) ออกแบบเครื่องให้อาหารอัตโนมัติและประเมินสมรรถนะการเจริญเติบโตของปลาจากการให้อาหารด้วยคนและการให้อาหารด้วยเครื่องจาก Feed conversion ratio (FCR) และ Feeding efficiency (FE)

Noor et al. (2012) เสนอเทคนิค Pulse Width Modulation (PWM) ที่สามารถใช้ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ต้องการ และสามารถปรับความเร็วของการจ่ายอาหารได้ จากการทดสอบพวกเขาพบว่าเมื่อปรับ %PWM เพิ่มขึ้นส่งผลให้ระยะทางที่อาหารกระจายไปได้เพิ่มขึ้นตาม นอกจากนี้ การเลือกใช้ blower ตามงานวิจัยของ Wei et al. (2017) เป็นอุปกรณ์ช่วยในการกระจายอาหารลงสู่น้ำ ซึ่งช่วยให้อาหารไปได้ไกล และไม่แตกเป็นอนุภาคเล็ก ๆ ส่วน Premalatha et al. (2017) ออกแบบระบบการให้อาหารปลาอัตโนมัติสำหรับการประยุกต์ใช้กับการเลี้ยงในอะควอเรียม มีการจำลองการต่อชิ้นส่วนต่าง ๆ ก่อนการสร้างเครื่องจริงโดยใช้โปรแกรม Proteus ซึ่งแตกต่างจากงานอื่น มีความพิเศษตรงที่สามารถสร้างระบบให้สามารถส่ง SMS แจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลผ่านอุปกรณ์ GSM Modem

จากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้น งานวิจัยนี้จึงสนใจพัฒนาระบบการให้อาหารปลาอัตโนมัติสำหรับสมาร์ทฟาร์มเมอร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบให้อาหารปลาอัตโนมัติ โดยเลือกใช้ microcontroller เป็นตัวควบคุมระบบให้อาหารปลา เลือกใช้ Stepper motor แบบ DC และ blower แบบ DC เป็นตัวควบคุมสั่งการในส่วนการจ่ายอาหาร โดยมีการประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์เข้ามาร่วมด้วย

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการพัฒนาระบบการให้อาหารปลาอัตโนมัติสำหรับสมาร์ทฟาร์มเมอร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบให้อาหารปลาอัตโนมัติ โดยเปรียบเทียบสมรรถนะการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลานิลระหว่างการให้ด้วยคนกับการให้ด้วยเครื่องอัตโนมัติ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย แบ่งออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้

3.1 การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบให้อาหารปลาอัตโนมัติ

3.2 การออกแบบระบบควบคุม

3.3 การทดลองให้อาหารปลา

3.4 การประเมินสมรรถนะการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร

3.5 การประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์

3.1 การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบให้อาหารปลาอัตโนมัติ

3.1.1 การออกแบบเครื่องต้นแบบให้อาหารปลาอัตโนมัติ

ออกแบบเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติ โดยใช้โปรแกรม SolidWorks ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบ ดังนี้ คือ 1. ฝาถังเก็บอาหาร

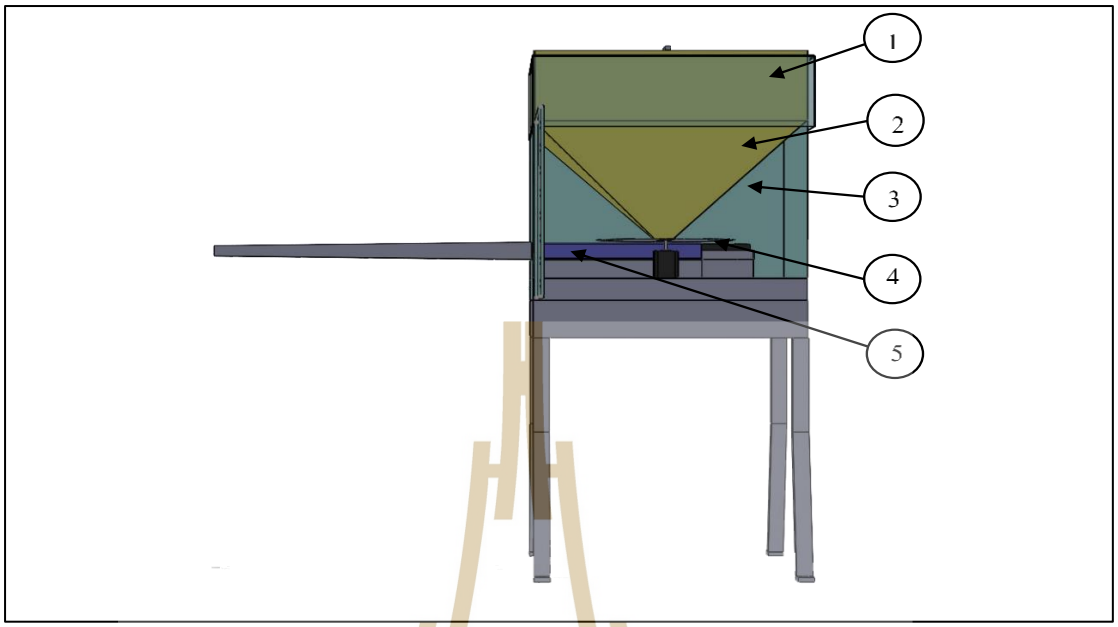
2. ถังเก็บอาหาร (hopper)

3. ตู้ครอบถังเก็บอาหาร

4. แผ่นจานหมุนเจาะรู ที่ต่อกับมอเตอร์

5. ท่อทางออกของอาหารที่ต่อกับ blower ดังแสดงในรูปที่ 3.1

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบของเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติ

หลักการทำงานของเครื่องให้อาหารปลาที่ทำการออกแบบ ทำงานโดยอาหารเม็ดที่บรรจุอยู่ภายในถังเก็บอาหาร (hopper) ไหลตามแรงโน้มถ่วงผ่านรูทางออกของถังเก็บอาหาร ซึ่งเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาด 3 cm x 3 cm โดยมีแผ่นจานหมุนเจาะรูที่ต่อกับมอเตอร์ ทำหน้าที่ในการควบคุมการเปิดปิดจ่ายอาหาร โดยแผ่นจานหมุนเจาะรูสี่เหลี่ยมขนาดเท่ากับ รูทางออกของถังเก็บอาหาร ทั้งหมด 4 รู ห่าง 90 องศาเท่า ๆ กัน เมื่อเครื่องทำงาน มอเตอร์หมุนรูเจาะของจาน มาตรงกับทางออกของถังเก็บอาหาร ทำให้อาหารไหลลงท่อทางออกที่ต่อกับ blower และ blower ทำหน้าที่เป่าให้อาหารออกไปจากท่อ

3.1.1.1 ถังเก็บอาหาร (hopper)

ออกแบบถังเก็บอาหาร (hopper) ให้เป็นรูปทรงแบบ Rectangular Hopper ที่สามารถบรรจุอาหารปลาหนัก 20 kg ได้ โดยเริ่มต้นหาปริมาตรของอาหารแบบกอง (bulk volume) จากการนำอาหารเม็ดที่จะนำมาใช้ในการเลี้ยงปลามาใส่ภาชนะทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก โดยนำอาหารปลาหนัก 1 kg ใส่ภาชนะ และปาดอาหารให้มีระดับเดียวกัน นำเวอร์เนียคาลิปเปอร์มาวัดขนาดภายในของกล่อง และความสูงของระดับอาหารเป็นจำนวน 3 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ยของขนาด ได้ว่าขนาดกว้าง 8.4 cm ยาว 14 cm และสูง 20 cm นำขนาดที่ได้ ไปคำนวณหาปริมาตรของอาหารหนัก 1 kg จากสมการที่ 3.1

ปริมาตรทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก = กว้าง x ยาว x สูง (3.1)

จาก ปริมาตรของอาหารหนัก 1 kg = กว้าง x ยาว x สูง

ปริมาตรของอาหารหนัก 1 kg = 8.4 x 14 x 20 cm^3

ปริมาตรของอาหารหนัก 1 kg = 2,352 x 10^{-6} m^3

ดังนั้น ปริมาตรของอาหารหนัก 1 kg = 0.002352 m^3

หาปริมาตรของอาหารหนัก 20 kg

ปริมาตรของอาหารหนัก 20 kg = 0.002352 m^3 x 20 kg

ปริมาตรของอาหารหนัก 20 kg = 0.04704 m^3

ดังนั้น ปริมาตรของ Rectangular Hopper ที่สามารถบรรจุอาหารปลาหนัก 20 kg จะต้องมีปริมาตรมากกว่าหรือเท่ากับ 0.04704 m^3

โดยสูตรคำนวณหาปริมาตรของ Rectangular Hopper (Taylor, n.d.) คำนวณได้จากสมการที่ 3.2

$$V = (H/3) [(X^2Y - x^2y) / (X - x)] \quad (3.2)$$

เมื่อ V = Volume

H = Height between Bases

X = Length of Upper Rectangular Base

Y = Width of Upper Rectangular Base

x = Length of Lower Rectangular Base

y = Width of Lower Rectangular Base

จากนั้น หาปริมาตรของ hopper ที่ต้องการสร้าง ซึ่งประกอบด้วยปริมาตรทรงกรวยและปริมาตรทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก โดยการกำหนดค่าขึ้นมาและลองคำนวณปริมาตร

<u>หาปริมาตรส่วนที่ 1 : ปริมาตรกรวย</u>

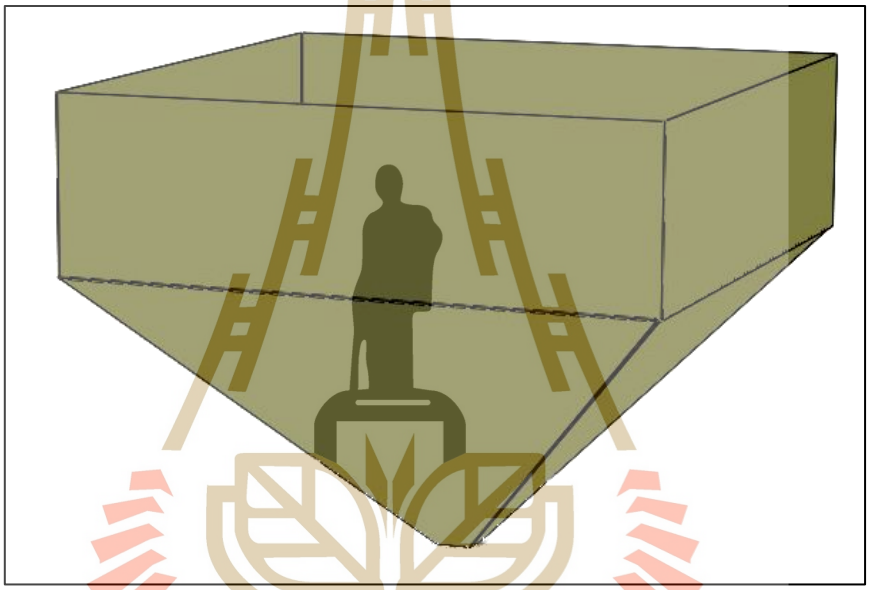
กำหนดให้ขนาดของทรงกรวยมี X = 0.50 m Y = 0.50 m x = 0.03 m y = 0.03 m และ H = 0.25 m เมื่อนำไปคำนวณดังสมการที่ 3.2 ได้ว่า ปริมาตรทรงกรวยเท่ากับ 0.02216 m^3

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หาปริมาตรส่วนที่ 2 : ปริมาตรทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก

กำหนดให้ขนาดของทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากมีขนาดกว้าง 0.5 m ยาว 0.5 m และสูง 0.15 m เมื่อนำไปคำนวณดังสมการที่ 3.1 ได้ว่า ปริมาตรทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากเท่ากับ 0.03750 m^3

ปริมาตรของ hopper ที่ต้องการ ประกอบด้วยปริมาตรทรงกรวยและปริมาตรทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก มีปริมาตรรวมกันเท่ากับ 0.05966 m^3 ซึ่งมากกว่าปริมาตรของ hopper ที่สามารถบรรจุอาหารปลาหนัก 20 kg ได้ คือ มากกว่า 0.04704 m^3 อยู่ 26.83% ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำค่าขนาดเหล่านี้ไปออกแบบ ได้ลักษณะดังรูปที่ 3.2

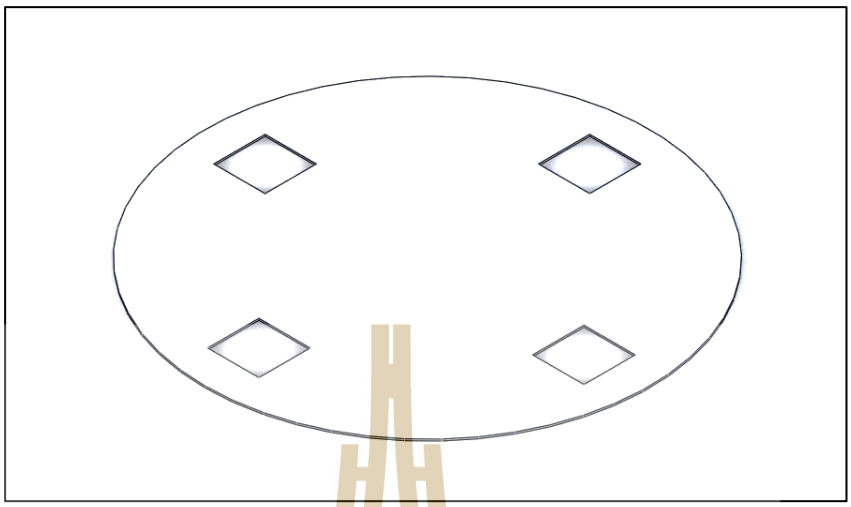


รูปที่ 3.2 hopper ที่ทำการออกแบบ

3.1.1.2 แผ่นจานหมุนเจาะรู

ออกแบบแผ่นจานหมุนเจาะรูที่ต่อกับมอเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่ในการควบคุมการเปิดปิดจ่ายอาหาร โดยกำหนดให้แผ่นจานหมุน เจาะรูสี่เหลี่ยมขนาดเท่ากับรูทางออกของถังเก็บอาหาร ซึ่งเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาด 3 cm x 3 cm ทั้งหมด 4 รู ห่าง 90 องศาเท่า ๆ กัน เพื่อลดระยะเวลาการจ่ายอาหาร จากเริ่มแรกที่ออกแบบให้เจาะรูเพียง 1 รู เมื่อนำจานหมุนไปทดสอบพบว่า ต้องรอเวลานาน กว่ารูที่เจาะจะมาตรงกับปากทางออกของ hopper ทำให้จ่ายอาหารได้ช้า โดยแผ่นจานหมุนเจาะรูที่ออกแบบ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางยาว 26 cm แสดงดังรูปที่ 3.3

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

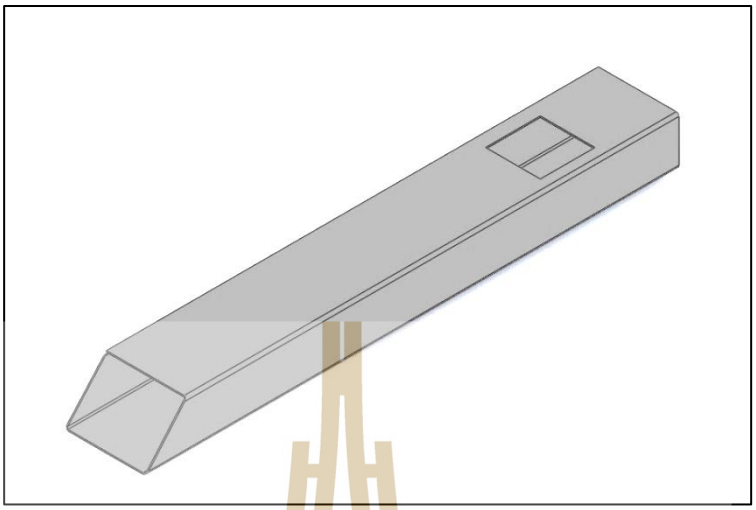


รูปที่ 3.3 แผ่นจานหมุนเจาะรู

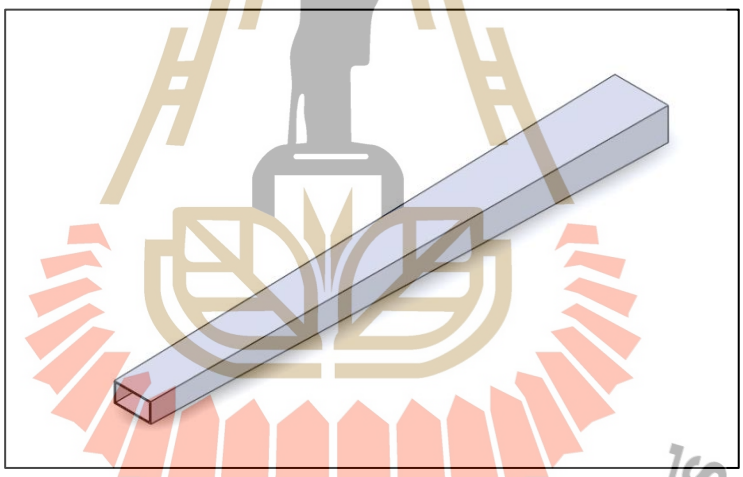
3.1.1.3 ท่อทางออกของอาหาร

ออกแบบท่อทางออกของอาหารที่ต่อกับ blower ซึ่งประกอบด้วยท่อที่อยู่ภายในเครื่องและท่อที่อยู่ภายนอกเครื่อง ท่อภายในเครื่องออกแบบให้สามารถสวมเข้ากับ blower ที่เลือกใช้ได้พอดี โดยเจาะรูสี่เหลี่ยมที่มีขนาดกว้างกว่ารูทางออกของ hopper และรูบนจานหมุนเล็กน้อย โดยรูที่เจาะมีขนาด 4 cm x 4 cm เพื่อให้อาหารลงสู่ท่อได้สะดวก ท่อทางออกของอาหารภายในเครื่อง แสดงดังรูปที่ 3.4 ท่อภายนอกเครื่องออกแบบให้สามารถสวมเข้ากับท่อภายในเครื่องได้พอดี โดยออกแบบให้ท่อมีลักษณะเรียวลง เพื่อให้อาหารออกจากท่อได้ไกลขึ้น เนื่องจากมีการลดขนาดหน้าตัดทางออกของท่อ โดยให้ทางออกของท่อมีขนาด 2 cm x 4 cm ท่อทางออกของอาหารภายนอกเครื่อง แสดงดังรูปที่ 3.5

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.4 ท่อทางออกของอาหารภายในเครื่อง



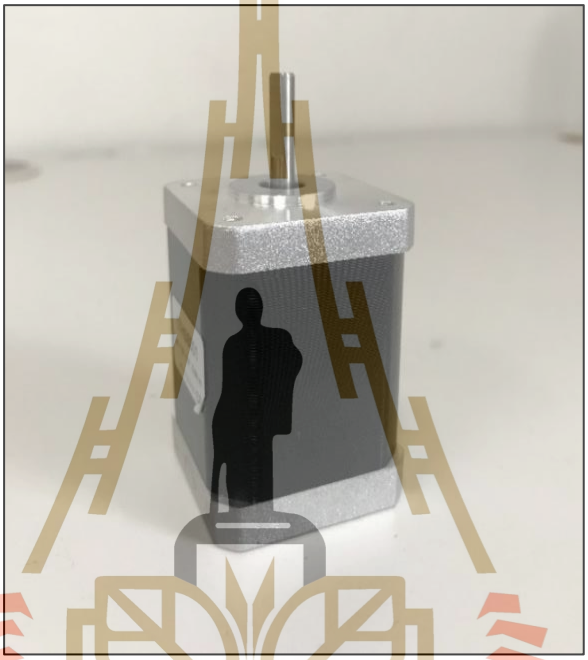
รูปที่ 3.5 ท่อทางออกของอาหารภายนอกเครื่อง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.1.1.4 มอเตอร์ที่เลือกใช้

เลือกใช้ Stepper motor แบบ DC 12 V จำนวน 1 ตัว ต่อกับแผ่นจานหมุนเจาะรู เพื่อทำหน้าที่ควบคุมจานหมุนให้เปิดปิดจ่ายอาหาร โดยเลือกใช้ Stepper Motor 12 V 1.5 A มี Step Angle เท่ากับ 1.8 องศา (Arduinoall, ม.ป.ป.) แสดงดังรูปที่ 3.6 สาเหตุที่เลือกใช้ เนื่องจาก มอเตอร์ประเภทนี้ สามารถกำหนดตำแหน่งของการหมุนได้อย่างแม่นยำ ด้วยตัวเลขขององศาหรือระยะทาง ทำให้จานหมุนมีความแม่นยำในการหยุดตามตำแหน่งที่ต้องการ กล่าวคือ หยุดตรงตำแหน่งที่ไม่

ทำให้จานหมุนมีความแม่นยำในการหยุดตามตำแหน่งที่ต้องการ กล่าวคือ หยุดตรงตำแหน่งที่ไม่เจาะรู Stepper motor หรือ Stepping Motor เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าที่ขับเคลื่อนด้วยพัลส์ มีลักษณะการขับเคลื่อนโดยการหมุนรอบแกน 360 องศา แต่ไม่ต่อเนื่องจะเคลื่อนไปเป็นสเต็ป ซึ่งต่างจากมอเตอร์ทั่วไปที่จะหมุนทันทีและตลอดเวลา โดยการทำงานของมอเตอร์ใช้อุปกรณ์ช่วยในการขับเคลื่อน คือ Stepping Motor Drive และตัว Controller (Factomart Admin, 2016)

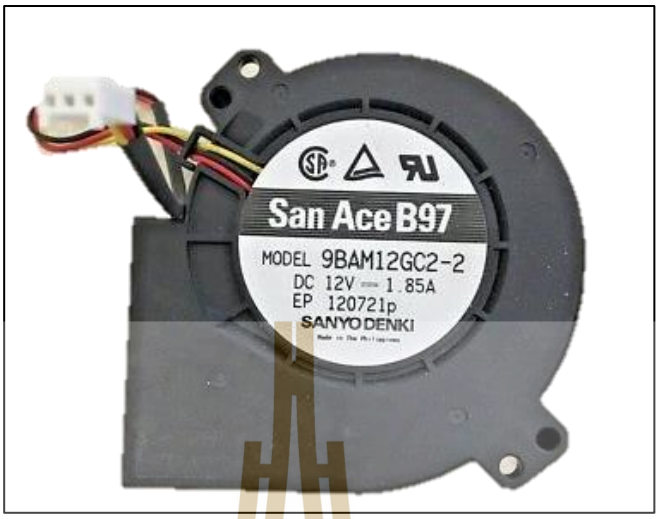


รูปที่ 3.6 Stepper motor แบบ DC 12 V

3.1.1.5 Blower ที่เลือกใช้

เลือกใช้ blower ในการควบคุมจ่ายอาหาร เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่เป่าให้อาหารลงสู่น้ำ โดย เลือกใช้ blower แบรนด์ SANYO DENKI SAN ACE แรงดันไฟฟ้า: 12 V 1.85 A ความเร็วรอบ: 5,800 RPM (YD cooling fan Store, ม.ป.ป.) แสดงดังรูปที่ 3.7

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.7 blower แบบ DC 12 V

3.1.2 สร้างเครื่องต้นแบบให้อาหารปลาอัตโนมัติ

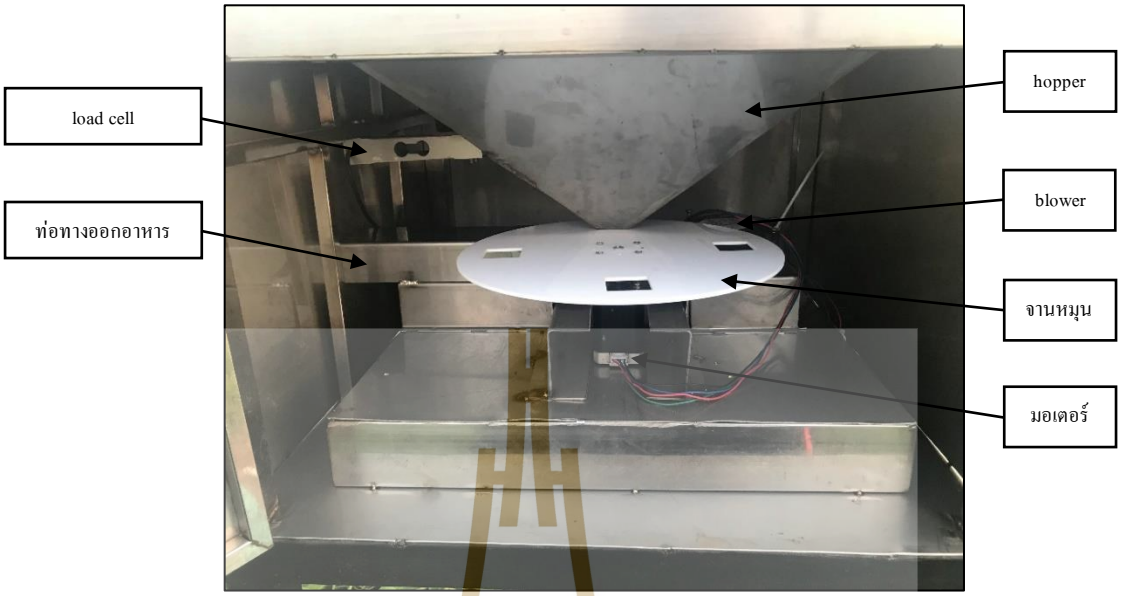
ผู้วิจัยดำเนินการจ้างผู้รับเหมาประกอบชุดต้นแบบเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติ โดยตัวเครื่องและส่วนประกอบภายในเครื่องใช้วัสดุสแตนเลสเกรด 304 เนื่องจากเป็นส่วนที่ต้องสัมผัสกับอาหารปลา จึงต้องเลือกใช้วัสดุที่ไม่ขึ้นสนิมง่ายและไม่มีการปนเปื้อนในอาหาร ซึ่งอาจส่งผลต่อการเจริญเติบโตของปลา และส่วนขาตั้งของเครื่องใช้วัสดุเป็นเหล็กทาสีกันสนิม เพื่อลดต้นทุนในการสร้าง ซึ่งชุดต้นแบบเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติที่สร้างเสร็จ ถังเก็บอาหาร และส่วนประกอบภายในเครื่องให้อาหารปลา แสดงให้เห็นดังรูปที่ 3.8, 3.9 และ 3.10 ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 3.8 ชุดต้นแบบเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติที่สร้างเสร็จ

รูปที่ 3.9 ถังเก็บอาหาร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.10 ส่วนประกอบภายในเครื่องให้อาหารปลา

โดยขาตั้งของเครื่องสร้างแบบให้สามารถปรับระดับได้ทั้ง 4 ขา โดยมีเหล็กสวมและที่ขันยึดแบบ 6 เหลี่ยม และบริเวณปลายขาตั้งมีลักษณะแบน ๆ มีรูสำหรับใส่เหล็กเส้นตอกยึดกับพื้นดินเพื่อป้องกันเครื่องล้ม โดยขาตั้งเครื่องแสดงดังรูปที่ 3.11

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 3.11 ขาตั้งของเครื่องให้อาหารปลา

3.1.3 การออกแบบระบบ Solar cell

การออกแบบระบบ Solar cell เพื่อเป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้แก่เครื่องให้อาหารปลา ในกรณีที่ไฟฟ้าเข้าไม่ถึงหรือแหล่งจ่ายไฟอยู่ห่างไกลจากบริเวณบ่อเลี้ยงปลา ประกอบด้วย 3 อุปกรณ์หลักที่สำคัญ ดังนี้

1. แผงโซลาร์เซลล์ (Solar Cell Panel) ทำหน้าที่ เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้ากระแสตรง

2. แบตเตอรี่ (Battery) ทำหน้าที่ เก็บกระแสไฟฟ้าที่โซลาร์เซลล์ผลิตได้ไว้

3. เครื่องควบคุม (Solar Charge Controller) ทำหน้าที่ ควบคุมการชาร์จไฟจากแผงโซลาร์เซลล์ลงแบตเตอรี่และควบคุมการจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ไปเครื่องใช้ไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิธีการคำนวณระบบ Solar cell

กำหนดให้คำนวณหาที่ภาระโหลดของน้ำหนักอาหารสูงสุดที่เครื่องให้อาหารสามารถให้ได้ต่อวัน คือ 20 kg/วัน

จากการทดสอบให้อาหารปลาด้วยแผ่นจานหมุนเจาะรูขนาด 3 cm x 3 cm จำนวน 4 รู พบว่าให้อาหารน้ำหนัก 1 kg เป็นเวลาเฉลี่ยเท่ากับ 105 วินาที โดยให้เป็นเวลา 2 ครั้ง/วัน ให้ครั้งละ 10 kg

ดังนั้น เวลาการให้อาหารที่ภาระโหลดสูงสุด = 10 kg/ครั้ง x 105 วินาที/kg x 1 นาที/60 วินาที x 1 ชั่วโมง/60 นาที

= 0.292 ชั่วโมง/ครั้ง

เมื่อได้เวลาการให้อาหารที่ภาระโหลดสูงสุดแล้ว นำเวลาที่ได้ไปคำนวณหาขนาดของอุปกรณ์ ที่จะนำมาใช้ระบบ Solar cell

1. หาขนาดของแผง Solar cell

ขนาดของแผง Solar cell = ค่าการใช้พลังงานรวมทั้งหมด / 5 ชั่วโมง (ปริมาณแสงอาทิตย์ที่น่าจะได้ใน 1 วัน)

= (พลังงานขณะให้อาหาร + พลังงานตอนไม่ให้อาหาร)/5 ชั่วโมง

= {(12 V X 2.4 A X 0.292 ชั่วโมง X 2 ครั้ง) + (12 V X 0.3 A X (24–0.584 ชั่วโมง))} / 5 h

= (16.8192 + 84.2976) Wh / 5 h

= 101.1168 Wh / 5 h

= 20.22 W

ดังนั้น ขนาดของแผง Solar cell ที่ใช้ คือ ขนาด 12 V 20 W

2. แบตเตอรี่ (Battery)

ขนาดของแบตเตอรี่ (Ah)= ค่าพลังงานรวม / (แรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่ X 0.6 (% การใช้งานกระแสไฟฟ้าที่อยู่ในแบตเตอรี่))

= 101.1168 Wh / (12 V X 0.6)

= 14.044 Ah

ดังนั้น ขนาดของแบตเตอรี่ที่ใช้เป็นขนาด 12 โวลต์ 14.044 Ah หรือมากกว่า

ดังนั้น เลือกขนาดของแบตเตอรี่เป็นขนาด 12 โวลต์ 20 Ah

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3. เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้า (Charge Controller)

ทำหน้าที่ควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าลงในแบตเตอรี่ หากต้องการยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ ขนาดของเครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้า ควรมีขนาดเกินกระแสไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์

ดังนั้น เลือกใช้เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้า ขนาด 10 A

สรุป เลือกใช้อุปกรณ์ระบบโซล่าเซลล์ คือ

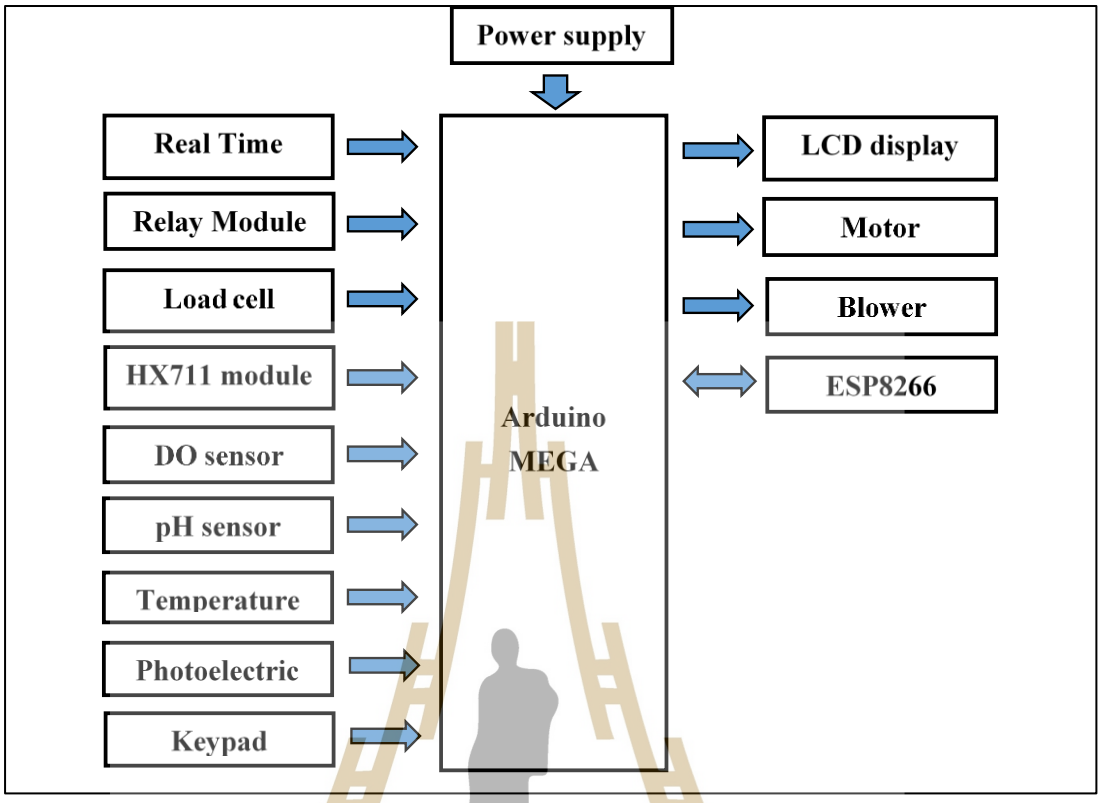
1. แผงโซลาร์เซลล์ (Solar Cell Panel) ขนาด 12 V 20 W
2. แบตเตอรี่ (Battery) ขนาด 12 V 20 Ah
3. เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้า (Solar Charge Controller) ขนาด 10 A

3.2 การออกแบบระบบควบคุม

3.2.1 ภาพรวมของระบบ

ออกแบบระบบควบคุมให้อาหารปลาอัตโนมัติ โดยเลือกใช้ microcontroller เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของระบบร่วมกับ Real Time Clock ในการตั้งค่าเวลาปิดเปิดจ่ายอาหาร โดย microcontroller ที่นำมาใช้ คือ บอร์ด Arduino MEGA และเขียนโปรแกรมควบคุมบอร์ด ผู้วิจัยได้ออกแบบระบบควบคุมให้อาหารปลาอัตโนมัติ โดยมีแผนภาพอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบ แสดงดังรูปที่ 3.12

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.12 แผนภาพระบบควบคุมให้อาหารปลาอัตโนมัติ

จากรูปที่ 3.12 ระบบควบคุมให้อาหารปลาอัตโนมัติ มีอุปกรณ์หลักที่สำคัญ คือ Arduino Mega เป็นหน่วยประมวลผลกลางของระบบ ทำหน้าที่ควบคุม สั่งการ และรับส่งข้อมูลให้กับอุปกรณ์อื่น ๆ มี Real Time Clock (RTC) ทำหน้าที่ควบคุมการให้อาหารตามเวลาที่กำหนด โดยใช้แหล่งจ่ายพลังงาน เป็นแผง Solar cells สะสมพลังงานจากแสงอาทิตย์เก็บไว้ใน Battery โดยมี Step Down Regulator ทำหน้าที่ในการแปลงแรงดัน 12 V จากแบตเตอรี่ เป็นแรงดันต่ำประมาณ 5 V เพื่อจ่ายพลังงานให้กับบอร์ด ถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของแหล่งจ่ายพลังงาน และมี Relay Module ทำหน้าที่ตัดต่อวงจรในระบบ

โดยอุปกรณ์ที่เป็น input ให้กับระบบ ได้แก่ Real Time clock, Relay Module, Load cell sensor, HX711 module DO sensor, pH sensor, Temperature sensor, Photoelectric sensor และ Keypad หรือปุ่มกด ส่วนอุปกรณ์ที่เป็น output ของระบบ ได้แก่ LCD display, Motor และ blower และอุปกรณ์ที่เป็นทั้ง input และ output ของระบบ คือ ESP8266 module ซึ่งเป็นโมดูล Wi-Fi ช่วยให้อุปกรณ์อื่น ๆ สามารถเชื่อมต่อเข้ากับ internet ได้

นอกจากนี้ มีการเลือกใช้อุปกรณ์ Photoelectric sensor มาทำหน้าที่ เป็นตัวช่วยให้จานหมุนปิดรูถังอาหารสนิทหรือหยุดตรงบริเวณที่ไม่เจาะรู โดยทำการบากร่องของจานหมุนประมาณ 2 mm

ทำมุม 45 องศากับรูเจาะบนจานทั้ง 4 รู เพื่อให้เซ็นเซอร์ตรวจจับบริเวณเนื้อชิ้นส่วนของจานหมุนที่หายไป และเมื่อเซ็นเซอร์ตรวจจับ ระบบจะสั่งให้มอเตอร์หยุดหมุน จานหมุนจะหยุดตรงบริเวณที่ไม่เจาะรูพอดี โดยเลือกใช้เป็น Counter module motor speed sensor ซึ่งจัดเป็น Photoelectric sensor ประเภทหนึ่ง รายละเอียดอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ

ลำดับ	อุปกรณ์ที่ใช้	หน้าที่	Specification
1	Arduino Mega	หน่วยประมวลผลกลางของระบบ, ควบคุมการทำงานของระบบ	Operating Voltage 5 V Input Voltage 7 – 12 V Digital I/O Pins 54 Analog Input Pins 16 DC Current for 3.3V Pin 50 mA (Gravitech, n.d.)
2	Real Time Clock (RTC)	อุปกรณ์ที่ให้ค่าเวลาตามจริง	Accuracy ±2ppm from 0°C to 40°C 3.3 V Operation (Arduitronics, 2557)
3	Step down Regulator Module	แปลงแรงดันไฟฟ้า	แปลงแรงดัน 4 – 40 V เป็น 1.25 - 30 V ให้กระแสสูงสุด 3 A มีจอแสดงผล (Myarduino, 2559)

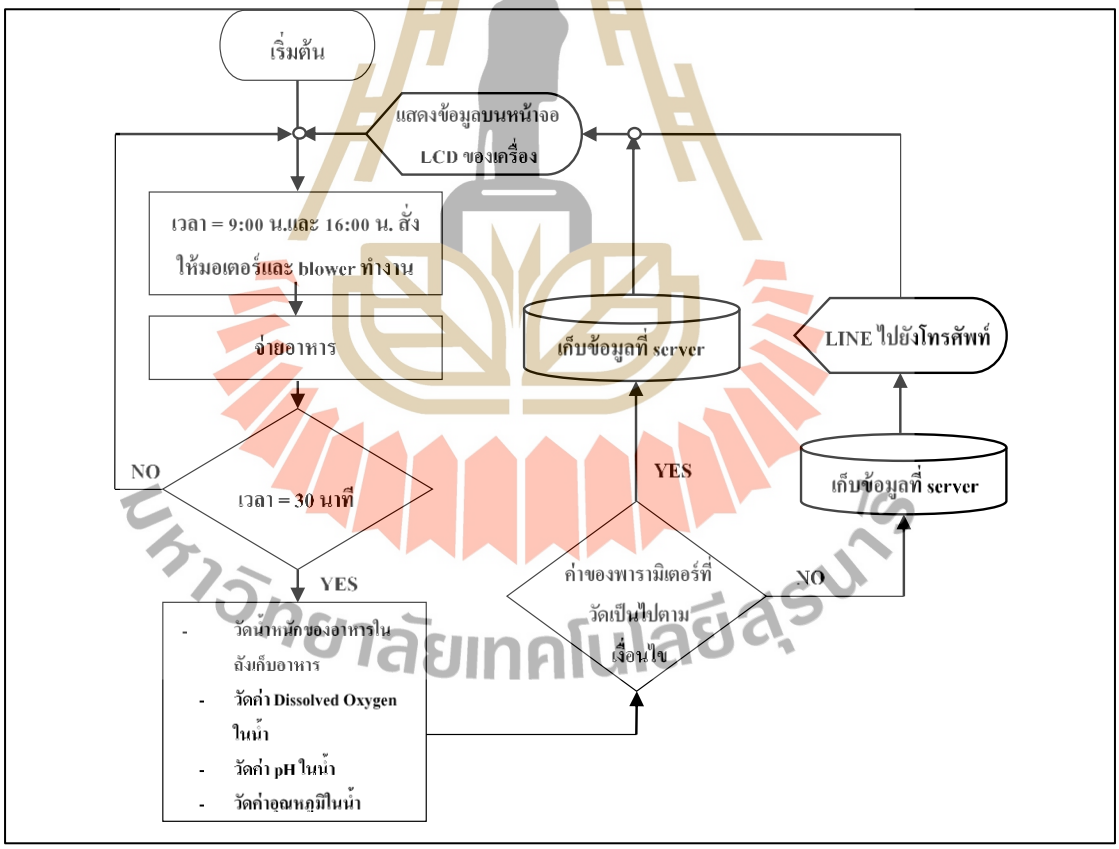
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ (ต่อ)

ลำดับ	อุปกรณ์ที่ใช้	หน้าที่	Specification
4	Relay Module	ตัดต่อวงจร	โมดูลรีเลย์ 4 ช่อง 5 V ควบคุมโหลดแรงดันไฟฟ้า DC และ AC Maximum Load AC 250 V/10 A, DC 30 V/10 A กระแสขับรีเลย์ 15 - 20 mA มี LED แสดงสถานะ (Mltelectronic, ม.ป.ป.).
5	ESP8266	ติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์อื่นผ่าน Wi-Fi	แรงดันไฟฟ้า 3.0 - 3.6 V กระแสเฉลี่ย 80 mA รองรับคำสั่ง deep sleep ภายในมี Low power MCU 32bit มีวงจร analog digital converter ทำงานได้ที่อุณหภูมิ -40°C - 125°C (Arduinoall, 2561a)
6	LCD Display	แสดงผลข้อมูล	จอ LCD ขนาด 16 ตัวอักษร 4 บรรทัด สีเหลือง แรงดันไฟฟ้า 5 V
7	Photoelectric sensor	ตรวจจับวัตถุ	ให้สัญญาณ Digital Output และ Analog Output เมื่อมีวัตถุมาบังที่ร่องตรวจนับ ให้สัญญาณเป็น 1 ออกไป แรงดันไฟฟ้า 5 V มีหลอดไฟ LED แสดงการทำงาน (Arduinoall, 2561b)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กระบวนการทำงานของระบบให้อาหารปลาอัตโนมัติ แสดงให้เห็นเป็นแผนภาพ ดังรูปที่ 3.13 โดยระบบให้อาหารตามเวลา คือ เวลา 9:00 น.และ 16:00 น. มอเตอร์และ blower จะทำงานและจ่ายอาหารออกมา โดยทุก ๆ 30 นาที ระบบจะดำเนินการตรวจสอบและวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตามลำดับ ซึ่งการทำงานของ Arduino เป็นการตรวจวัดที่ใช้ระยะเวลารวดเร็วมาก จึงทำให้มีลักษณะคล้ายกับทำงานไปพร้อม ๆ กัน ประกอบด้วย การตรวจวัดน้ำหนักของอาหารในถังเก็บอาหาร การวัดค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen, DO) ค่า pH ในน้ำ และค่าอุณหภูมิในน้ำ เพื่อเปรียบเทียบกับค่าเงื่อนไขที่ตั้งค่าไว้ เมื่อค่าที่วัดเป็นไปตามเงื่อนไขหรือค่าดังกล่าวอยู่ในช่วงที่กำหนด ระบบจะส่งข้อมูลค่าที่วัดได้ไปเก็บไว้ที่ server หรือ cloud และแสดงข้อมูลค่าที่วัดได้บนหน้าจอ LCD ของเครื่องให้อาหารปลา แต่หากไม่เป็นไปตามเงื่อนไข ระบบจะส่งข้อมูลค่าที่วัดได้ไปเก็บไว้ที่ server จากนั้นจะส่งข้อมูลแจ้งเตือนผ่าน LINE ไปยังโทรศัพท์ของผู้เลี้ยง และแสดงข้อมูลค่าที่วัดได้บนหน้าจอ LCD

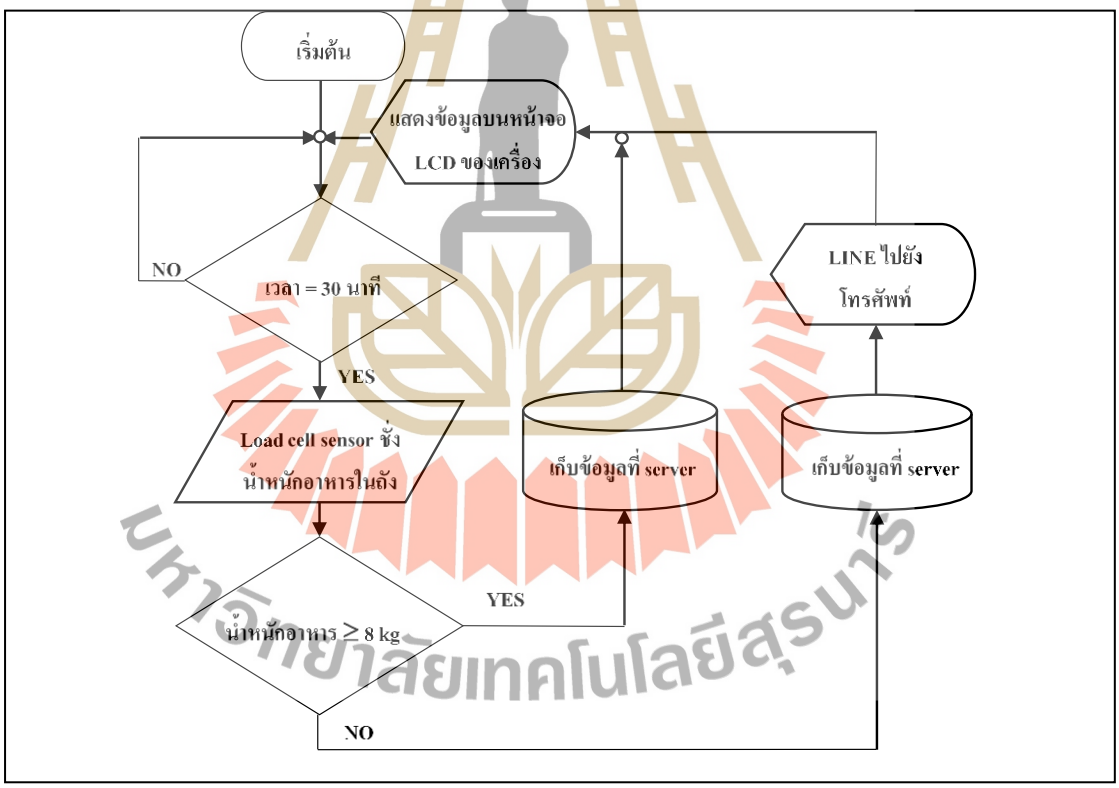


รูปที่ 3.13 แผนภาพกระบวนการทำงานของระบบให้อาหารปลาอัตโนมัติ

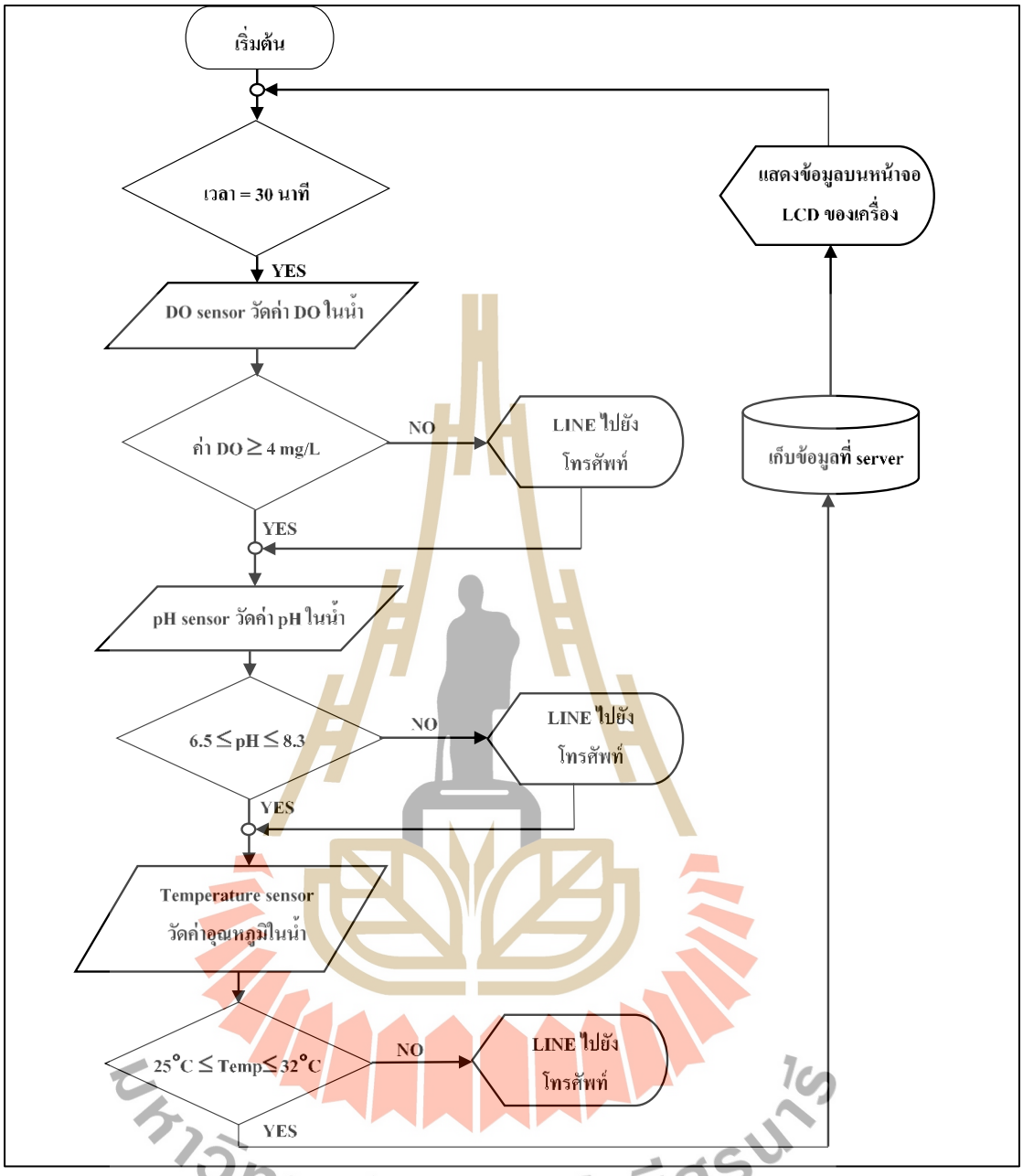
3.2.2 ระบบแจ้งเตือน

การตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของระบบแจ้งเตือน จะใช้ค่าที่วัดจาก sensors เฉพาะ และมีเงื่อนไขหรือช่วงค่าที่ใช้สำหรับการตรวจสอบแตกต่างกัน โดยกำหนดให้ระบบทำการตรวจสอบทุก ๆ 30 นาที และข้อมูลจะถูกส่งไปเก็บที่ server ทุกครั้ง แต่หากมีการตรวจพบค่าพารามิเตอร์ที่อยู่นอกช่วงที่กำหนด ระบบจะแจ้งเตือนผู้ใช้ผ่านทาง LINE โดยขั้นตอนการควบคุมของแต่ละระบบแจ้งเตือนมี flowchart การทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 3.14 และ 3.15 ซึ่งประกอบด้วย

การตรวจวัดน้ำหนักของอาหารในถังเก็บอาหาร ใช้ Load cell sensor ทำหน้าที่ชั่งน้ำหนักอาหารภายในถัง และการวัดค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ค่า pH และอุณหภูมิของน้ำ ใช้ DO sensor, pH sensor และ Temperature sensor ทำหน้าที่ในการวัด ตามลำดับ



รูปที่ 3.14 แผนภาพกระบวนการทำงานของระบบแจ้งเตือนน้ำหนักอาหารในถัง



รูปที่ 3.15 แผนภาพกระบวนการทำงานของระบบแจ้งเตือนค่า DO, ค่า pH และค่าอุณหภูมิในน้ำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.2.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัด

การตรวจวัดน้ำหนักของอาหารในถังเก็บอาหาร การตรวจวัดค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ค่า pH ในน้ำ และค่าอุณหภูมิในน้ำ ใช้อุปกรณ์ในการตรวจวัด แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดในระบบแจ้งเตือน

ลำดับ	อุปกรณ์ที่ใช้	แบรนด์/รุ่น	หน้าที่	Specification
1	Load cell sensor	Load cell sensor 50 kg	ชั่งน้ำหนักอาหารในถัง	Capacity: 50 kg, Error ± 0.03 (Myarduino, 2560)
2	HX711 module	HX711 module	ขยายสัญญาณจาก Load cell sensor	ขยายสัญญาณเป็นสัญญาณดิจิตอล ใช้แรงดันไฟฟ้า 2.6 - 5.5 V (Mosfex, 2017)
3	DO sensor	Atlas-Scientific	วัดค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ	Measuring Range: 0 - 20 mg/L Max Temperature: 50°C Measuring Precision: ±0.01 mg/L Accuracy within two significant (XX.XX mg/L) Response Time: ≤ 2 min
4	pH sensor	DFROBOT รุ่น SEN0169	วัดค่า pH ในน้ำ	ใช้แรงดันไฟฟ้า 5 V Measuring Range: 0 – 14 pH Measuring Precision: ≤ 0.02 pH Measuring Temperature: 0 - 60°C Response Time: ≤ 1 min
5	Temperature sensor	DS18B20	วัดค่าอุณหภูมิในน้ำ	ใช้แรงดันไฟฟ้า 3 – 5 V Measuring Temperature: -55 - 125°C

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การตรวจวัดค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ค่า pH ในน้ำ และค่าอุณหภูมิในน้ำ เป็นพารามิเตอร์ที่ใช้วัดคุณภาพน้ำ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการเพาะเลี้ยงปลานิล และส่งผลต่อการเจริญเติบโตของปลา การกำหนดเงื่อนไขในการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ จึงจำเป็นต้องกำหนดให้มีช่วงค่าที่เหมาะสมกับการเพาะเลี้ยงปลานิล ซึ่งแสดงให้เห็นดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ช่วงค่าที่เหมาะสมกับการเลี้ยงปลานิล

พารามิเตอร์	ช่วงค่าที่เหมาะสม
ค่า Dissolved Oxygen	$\geq$ 4 mg/L (ฝ่ายบริการวิชาการสัตว์น้ำ บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน), 2557)
ค่า pH	6.5 – 8.3 (กองวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ, 2560)
ค่าอุณหภูมิ	25°C - 32°C (กองวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ, 2560)

3.3 การทดลองให้อาหารปลา

3.3.1 การเตรียมปลาทดลองและการให้อาหาร

นำลูกปลานิลแปลงเพศขนาดน้ำหนักเริ่มต้น 473.64 $\pm$ 8.73 กรัม มาทำการเลี้ยงในกระชังที่อยู่ในบ่อดิน เลี้ยงด้วยอาหารปลาที่มีโปรตีน 32 เปอร์เซ็นต์ โดยเลี้ยงปลาจำนวน 500 ตัว/บ่อ ทำการทดลองให้อาหารปลา โดย

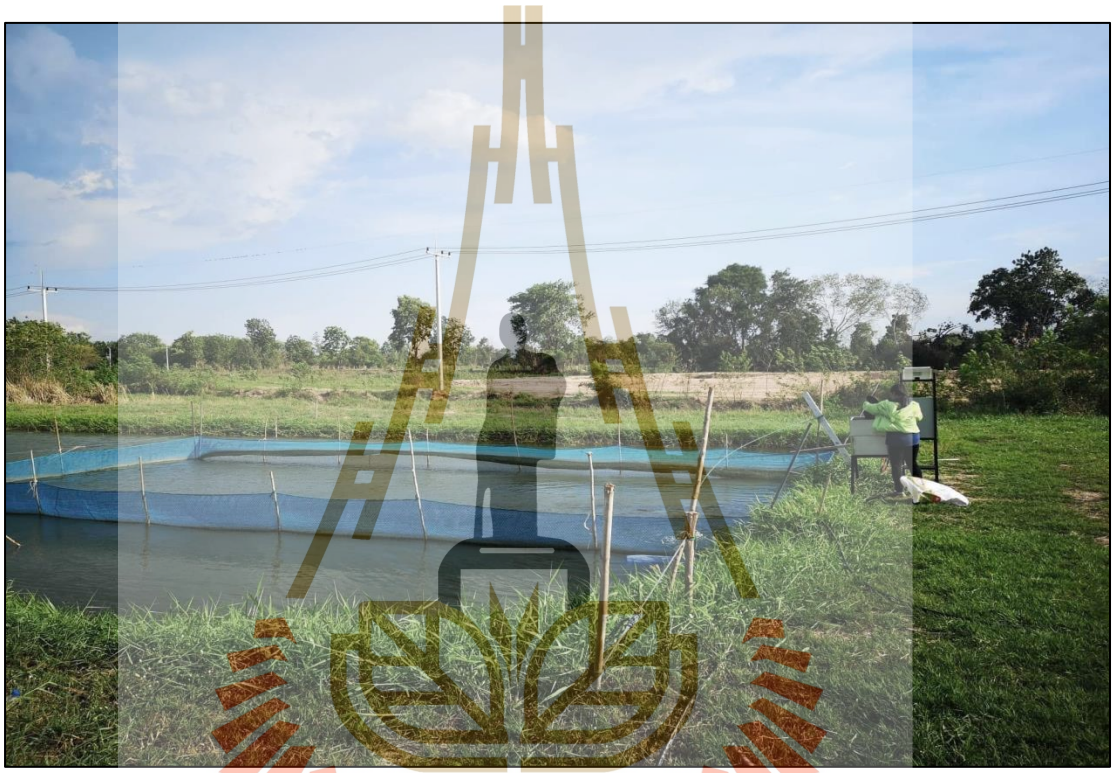
บ่อที่ 1 : ให้อาหารด้วยเครื่องอัตโนมัติ

บ่อที่ 2 : ให้อาหารด้วยแรงงานคน

- ก่อนเริ่มให้อาหารทำการสุ่มปลาทดลองมาชั่งน้ำหนักจำนวน 20% ของจำนวนปลาทั้งหมด หรือปลาจำนวน 100 ตัว เพื่อบันทึกค่าน้ำหนักปลาเริ่มต้นของทั้งสองบ่อ
- ให้อาหารเม็ดปลาดุกสูตรทางการค้าที่มีโปรตีน 32 เปอร์เซ็นต์ และให้อาหารในอัตรา 3% ต่อน้ำหนักตัว ให้วันละ 2 ครั้ง เวลา 09:00 น. และ 16:00 น. เป็นระยะเวลา 4 เดือน
- สุ่มปลาจำนวน 20% ของจำนวนปลาทั้งหมด หรือปลาจำนวน 100 ตัว มาชั่งน้ำหนักและบันทึกค่าน้ำหนัก 1 ครั้ง/เดือน

3.3.2 การเตรียมบ่อทดลอง

บ่อทดลองใช้บ่อดินที่มีขนาดกว้าง 15 เมตร ยาว 50 เมตร ลึก 1.5 เมตร ใส่น้ำลึก 1.2 เมตร จำนวน 2 บ่อ และใช้กระชังขนาดกว้าง 8 เมตร ยาว 15 เมตร ติดตั้งลงในบ่อดินจำนวน 1 กระชัง/บ่อ โดยทำการทดลอง ณ ฟาร์มประมงมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ภาพบ่อทดลองให้อาหารปลา ดังแสดงในรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 บ่อทดลองให้อาหารปลา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.3.3 การติดตั้งเครื่องให้อาหารปลาสำหรับการทดลอง

ติดตั้งเครื่องให้อาหารปลาสำหรับการทดลอง พร้อมตู้ควบคุมและแหล่งจ่ายพลังงาน Solar cell ที่บ่อทดลอง 1 บ่อ บริเวณกึ่งกลางกระชังริมบ่อเลี้ยงปลา เครื่องให้อาหารปลาสำหรับการทดลอง แสดงให้เห็นดังรูปที่ 3. 17

รูปที่ 3.17 เครื่องให้อาหารปลาสำหรับการทดลอง

3.4 การประเมินสมรรถนะการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร

หลังจากการเลี้ยงปลานิลด้วยวิธีการให้อาหารที่แตกต่างกัน 2 วิธี คือ การให้อาหารด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ และการให้อาหารด้วยคน เป็นระยะเวลา 4 เดือน ทำการประเมินสรรถนะการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลานิลที่ให้อาหารด้วยเครื่องอัตโนมัติและให้อาหารด้วยคน โดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลของการให้อาหารแต่ละวิธีต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร ดังสมการที่ 2.1 – 2.9 และนำไปวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มการทดลองด้วยวิธี T-test ที่ระดับนัยสำคัญ $P<0.01$ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Statistics 17.0 การสุ่มปลาชั่งน้ำหนัก แสดงให้เห็นดังรูปที่ 3.18

รูปที่ 3.18 การสุ่มปลาชั่งน้ำหนัก

3.5 การประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์

คำนวณหาระยะเวลาการคืนทุน (Payback period) สำหรับการสร้างเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติ ซึ่งระยะเวลาการคืนทุน คือ การหาระยะเวลาที่จะ ได้เงินสดรับเท่ากับเงินลงทุน (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2560) โดยระยะเวลาคืนทุนสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.3

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินลงทุนเริ่มแรก}}{\text{กระแสเงินสดรับเฉลี่ยต่อปี}} \qquad (3.3)$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล

จากการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบให้อาหารปลาอัตโนมัติ โดยเปรียบเทียบสมรรถนะการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลานิลระหว่างการให้ด้วยคนกับการให้ด้วยเครื่องอัตโนมัติ ผลการศึกษาที่ได้ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้ คือ

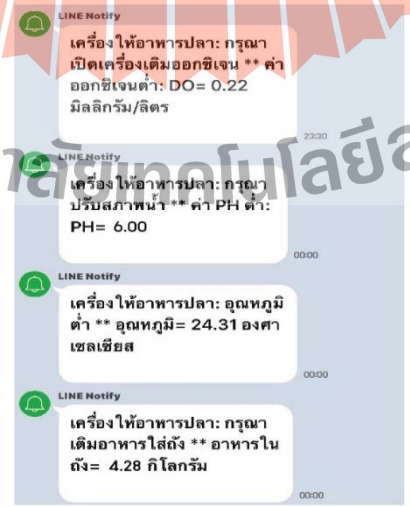
4.1 ผลของการทำงานของเครื่องให้อาหารปลาแบบอัตโนมัติ

4.2 ผลของการใช้เครื่องให้อาหารปลาแบบอัตโนมัติต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลานิล

4.3 การประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์

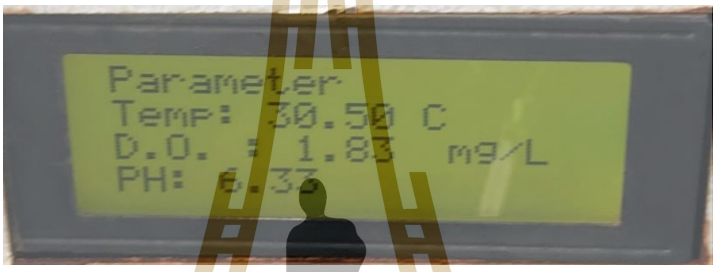
4.1 ผลของการทำงานของเครื่องให้อาหารปลาแบบอัตโนมัติ

เมื่อเซ็นเซอร์ตรวจวัดค่าน้ำหนักอาหารในถังเก็บอาหาร ตรวจวัดค่า DO ค่า pH และค่าอุณหภูมิในน้ำ และพบว่าค่าที่วัดไม่อยู่ในช่วงค่าที่กำหนด หรือไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด ระบบควบคุมจะมีการแจ้งเตือน โดยระบบจะส่งข้อความแจ้งเตือนผ่าน LINE ไปยังโทรศัพท์ของผู้ใช้ โดยผลการแจ้งเตือนค่า DO, ค่า pH, ค่าอุณหภูมิในน้ำ และค่าน้ำหนักอาหารในถังเก็บอาหาร แสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ผลการแจ้งเตือนค่า DO, ค่า pH, ค่าอุณหภูมิในน้ำ และค่าน้ำหนักอาหารในถังเก็บอาหาร

นอกจากการส่งข้อความแจ้งเตือนผ่าน LINE แล้ว ระบบยังมีการแสดงผลค่าต่าง ๆ ที่ถูกวัดด้วยเซ็นเซอร์บนหน้าจอ LCD ของเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ ซึ่งแสดงให้เห็นทั้งค่าที่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดในระบบควบคุมการแจ้งเตือน (ระบบมีการแจ้งเตือนข้อความ) และค่าที่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดในระบบควบคุมการแจ้งเตือน (ระบบไม่มีการแจ้งเตือนข้อความ) การแสดงผลค่าที่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดในระบบควบคุมการแจ้งเตือนบนหน้าจอ LCD ผลที่ได้เป็นดังรูปที่ 4.2 และการแสดงผลค่าที่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดในระบบควบคุมการแจ้งเตือนบนหน้าจอ LCD ผลที่ได้เป็นดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.2 การแสดงผลค่าที่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดในระบบควบคุมการแจ้งเตือนบนหน้าจอ LCD

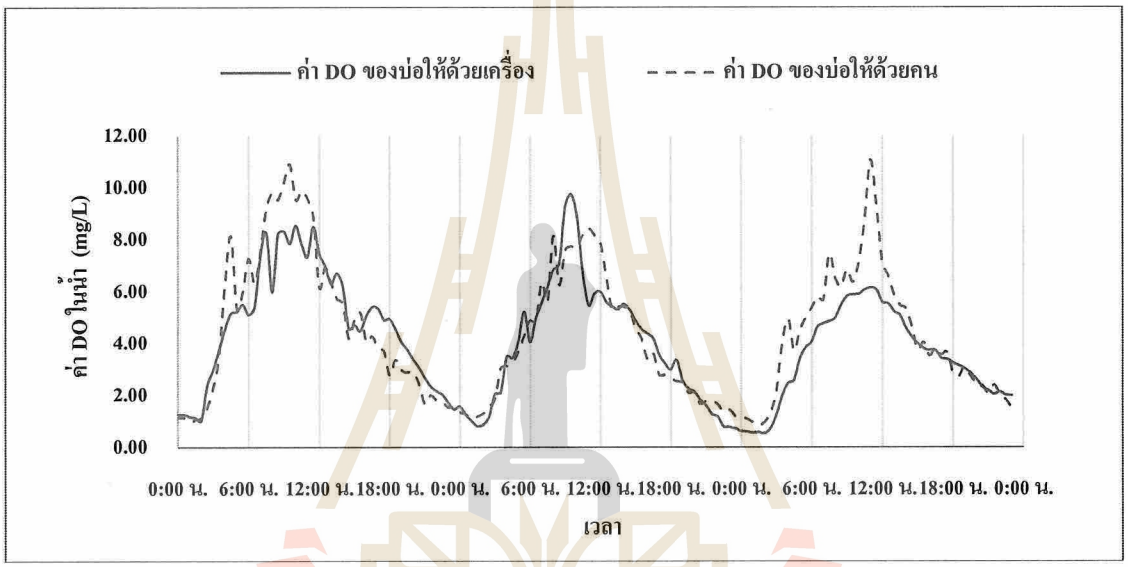
รูปที่ 4.3 การแสดงผลค่าที่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดในระบบควบคุมการแจ้งเตือนบนหน้าจอ LCD

จากรูปที่ 4.2 และรูปที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่า การแสดงผลบนหน้าจอ LCD จะไม่มีการแจ้งเตือนว่ามีค่าผิดปกติ ผู้ใช้งานจำเป็นต้องวิเคราะห์ค่าด้วยตนเอง ในขณะที่การแจ้งเตือนไปยังโทรศัพท์มือถือจะรายงานเมื่อมีการผิดปกติเกิดขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของผู้วิจัยที่ต้องการพัฒนาเครื่องให้อาหารปลาแก่ผู้เลี้ยงปลานิลที่ต้องการใช้เวลาเพื่อทำธุรกิจอื่นร่วมด้วย โดยอาจไม่มี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

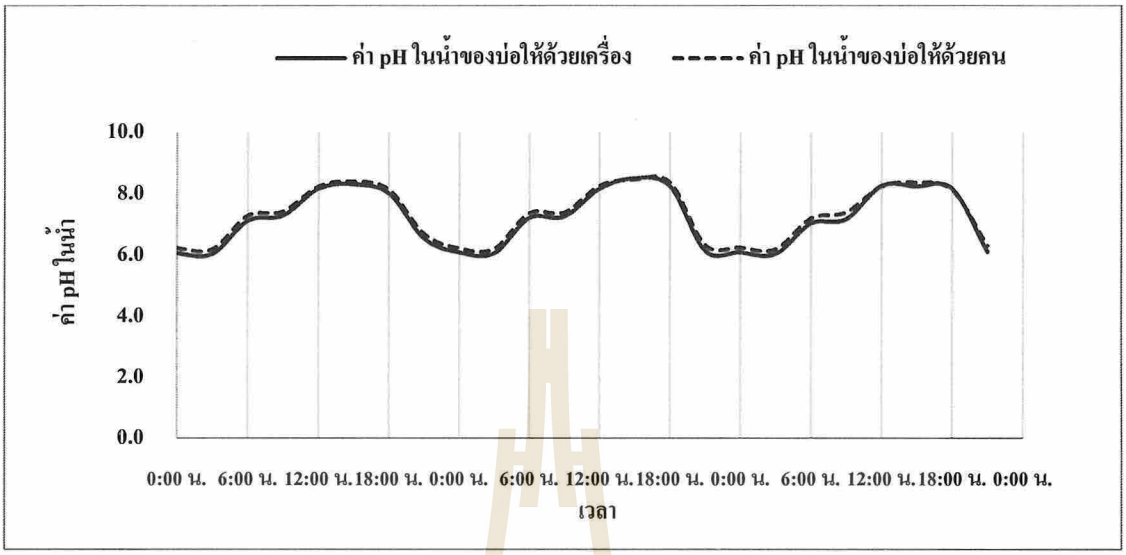
ความรู้เกี่ยวกับเครื่องมือวัดและค่าที่วัดได้ แต่ต้องการทราบความผิดปกติเกิดขึ้น เพื่อที่จะได้ดำเนินการแก้ไขหรือแจ้งช่างให้มาตรวจสอบได้ทัน

นอกจากนี้ ระบบมีการเก็บข้อมูลค่า DO ค่า pH และค่าอุณหภูมิในน้ำ ของบ่อที่ให้ด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติและบ่อที่ให้ด้วยคน เก็บข้อมูลต่อเนื่องเป็นเวลา 3 วัน คือวันที่ 7 ถึง 9 มิถุนายน 2562 นำผลการวัดค่า DO ค่า pH และค่าอุณหภูมิในน้ำมาพล็อตเป็นกราฟ แสดงให้เห็นแนวโน้มที่เกิดขึ้นในรอบวัน ดังรูปที่ 4.4, 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ



รูปที่ 4.4 ระดับ DO ในน้ำของบ่อที่ให้ด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติและบ่อที่ให้ด้วยคน

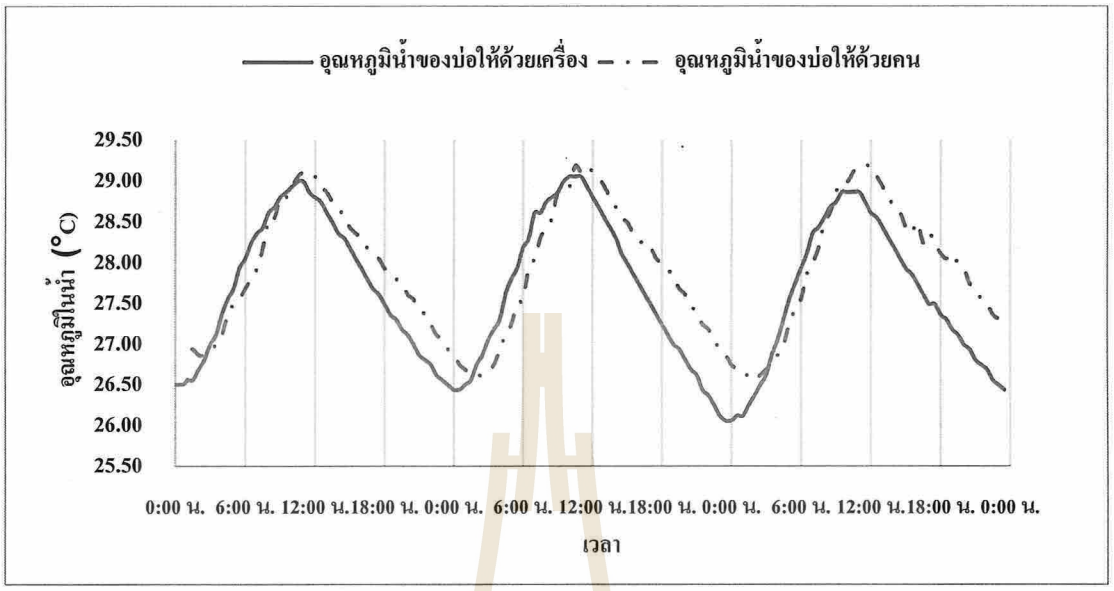
จากรูปที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่า ระดับ DO ในน้ำเพิ่มขึ้นในช่วงเวลากลางวันและลดลงในช่วงเวลากลางคืน เนื่องจาก ช่วงเวลากลางวันมีแสงแดด ทำให้พืชน้ำและแพลงก์ตอนพืชที่อยู่ในน้ำเกิดการสังเคราะห์แสง ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนในช่วงกลางวันมากกว่าช่วงเวลากลางคืน ซึ่งเป็นเวลาที่พืชไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ ทำให้ระดับ DO ในน้ำลดต่ำลงในช่วงเวลากลางคืน และพบว่า ในช่วงเวลากลางวันระดับ DO ในน้ำของบ่อให้ด้วยคนสูงกว่าบ่อที่ให้ด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ



รูปที่ 4.5 ระดับ pH ในน้ำของบ่อที่ให้ด้วยเครื่องและบ่อที่ให้ด้วยคน

จากรูปที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่า ระดับ pH ในน้ำเพิ่มขึ้นในช่วงเวลากลางวันและลดลงในช่วงเวลากลางคืน เนื่องจาก ช่วงเวลากลางวันมีแสงแดด ทำให้พืชน้ำและแพลงก์ตอนพืชที่อยู่ในน้ำเกิดการสังเคราะห์แสง ซึ่งใช้คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในการสังเคราะห์แสง พืชน้ำและแพลงก์ตอนพืชจะกำจัดความเข้มข้นของ CO_2 ในน้ำ (Stone and Thomforde, 2004) ส่งผลให้ปริมาณ Hydrogen ไอออนในน้ำสูง ทำให้ระดับ pH สูง และในช่วงเวลากลางคืน pH จะลดลงตามการสะสมของคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น โดยระดับ pH ในน้ำของบ่อที่ให้ด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติอยู่ในช่วงค่า 6.03 –8.49 และบ่อที่ให้ด้วยคนอยู่ในช่วงค่า 6.18 – 8.45

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

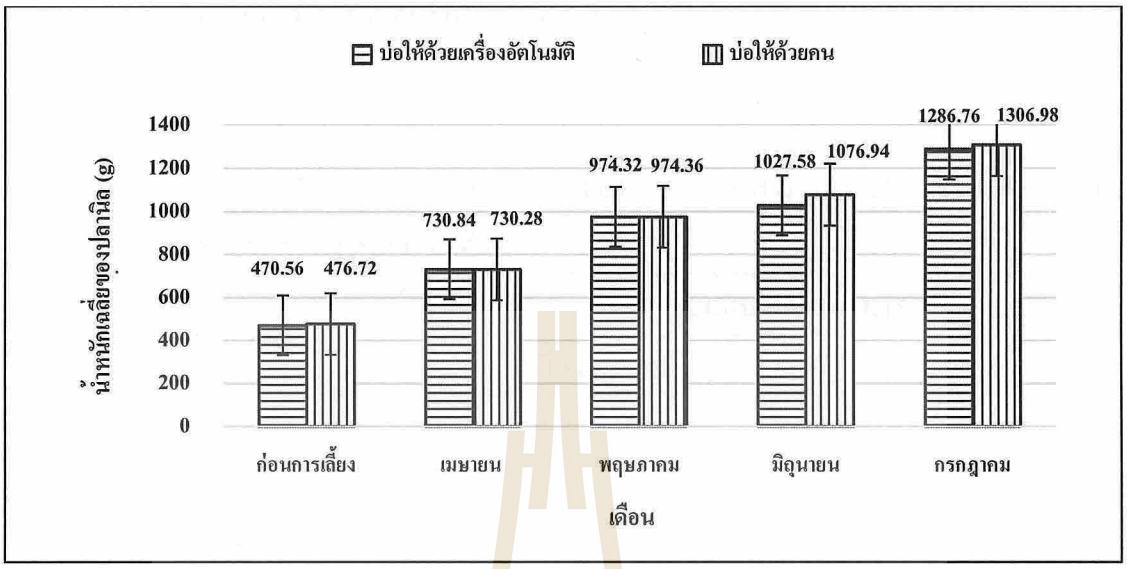


รูปที่ 4.6 อุณหภูมิในน้ำของบ่อที่ให้ด้วยเครื่องและบ่อที่ให้ด้วยคน

จากรูปที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิในน้ำเพิ่มขึ้นในช่วงเวลากลางวันและลดลงในช่วงเวลากลางคืนเช่นกัน โดยพบว่าอุณหภูมิในน้ำของบ่อที่ให้ด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติต่ำกว่าบ่อที่ให้ด้วยคนเล็กน้อย อุณหภูมิในน้ำของบ่อที่ให้ด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ อยู่ในช่วงค่า 26.06°C – 29.06°C และบ่อที่ให้ด้วยคนอยู่ในช่วงค่า 26.56°C – 29.19°C

4.2 ผลของการใช้เครื่องให้อาหารปลาแบบอัตโนมัติต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลานิล

จากการทดลองให้อาหารปลานิล 2 กลุ่มการทดลอง คือ การให้อาหารด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติและการให้อาหารด้วยคน จำนวน 2 ครั้ง/วัน ให้เวลา 09:00 น. และ 16:00 น. เป็นระยะเวลา 4 เดือน โดยสุ่มปลาจำนวน 20% ของจำนวนปลาทั้งหมดมาชั่งน้ำหนักและบันทึกค่าน้ำหนัก 1 ครั้ง/เดือน น้ำหนักเฉลี่ยของปลานิลที่ให้อาหารด้วยเครื่องอัตโนมัติและปลานิลที่ให้อาหารด้วยคนในแต่ละเดือน แสดงดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 น้ำหนักเฉลี่ยของปลานิลที่ให้อาหารด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติและปลานิลที่ให้อาหารด้วยคนในแต่ละเดือน

จากรูปที่ 4.7 แสดงให้เห็นว่า น้ำหนักเฉลี่ยของปลานิลที่ให้อาหารด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติและปลานิลที่ให้อาหารด้วยคน มีค่าใกล้เคียงกันในทุกเดือน แต่พบว่าในเดือนมิถุนายนถึงเดือนกรกฎาคม ปลานิลที่ให้อาหารด้วยคนมีน้ำหนักเฉลี่ยมากกว่าปลานิลที่ให้อาหารด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ ประมาณ 20.22 – 49.36 กรัม อาจมีสาเหตุมาจาก ลักษณะการให้อาหารของเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ ซึ่งมีการให้อาหารแบบค่อย ๆ ให้ ทำให้อาหารที่ออกมาตกกระทบบนผิวน้ำเกิดการสั่นสะเทือนน้อยกว่าการให้อาหารด้วยคนที่สาดอาหารให้ปลา ทำให้ผิวน้ำเกิดการสั่นสะเทือนมากกว่า เป็นการกระตุ้นให้ปลารับรู้และมากินอาหารได้มากกว่า โดยจากการสังเกตพฤติกรรมการกินอาหารของปลาพบว่า ปลานิลในบ่อที่ให้อาหารด้วยคน ว่ายมากินอาหารจำนวนมากกว่าปลานิลในบ่อที่ให้อาหารด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ

หลังจากการเลี้ยงปลานิลด้วยวิธีการให้อาหารที่แตกต่างกัน 2 วิธี คือ การให้อาหารด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติและการให้อาหารด้วยคน เป็นระยะเวลา 4 เดือน ทำการประเมินผลของการใช้เครื่องให้อาหารปลาแบบอัตโนมัติต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลานิล โดยวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มการทดลองด้วยวิธี T-test ที่ระดับนัยสำคัญ $P<0.01$ พบว่า น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Weight gain) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (DGR) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ประสิทธิภาพการใช้อาหาร (FE) และประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (PER) ของปลานิลที่ให้อาหารด้วยเครื่องให้อาหาร

อัตโนมัติ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติกับปลานิลที่ให้อาหารด้วยคน (P>0.01) ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สมรรถนะการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลานิลที่ได้รับอาหารที่ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 4 เดือน

พารามิเตอร์	รูปแบบการให้อาหาร	
	เครื่องอัตโนมัติ	แรงงานคน
Initial weight (g)	470.56 ± 13.69	476.72 ± 11.08
Final weight (g)	1286.76 ± 12.10	1306.98 ± 14.42*
Weight gain (g)	816.2 ± 3.73	830.26 ± 7.35
Specific growth rate, SGR (%/day)	0.74 ± 0.01	0.74 ± 0.00
Daily growth rate, DGR (g/day)	5.96 ± 0.03	6.06 ± 0.05
Feed conversion ratio, FCR	1.64 ± 0.01	1.62 ± 0.01
Feed efficiency, FE (%)	61.10 ± 0.28	62.16 ± 0.55
Protein efficiency ratio, PER	2.04 ± 0.01	2.07 ± 0.02
Survival rate (%)	95.00	97.60
Cost per kg feed (Baht/kg)	25.00	25.00
Feed cost per kg FCR (Baht/kg)	41.00	40.50

หมายเหตุ : * หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

อย่างไรก็ตาม พบว่าปลานิลที่เลี้ยงด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ มีน้ำหนักสุดท้าย (Final weight) แตกต่างจากปลานิลที่เลี้ยงด้วยคนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) โดยปลานิลที่เลี้ยงด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสุดท้ายน้อยกว่าปลานิลที่เลี้ยงด้วยคนเท่ากับ 20.22 กรัม ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากความแตกต่างของลักษณะการให้อาหารของเครื่องให้อาหารอัตโนมัติกับการให้อาหารด้วยคน ลักษณะการให้อาหารของเครื่องให้อาหารอัตโนมัติมีการปล่อยอาหารออกมาเพียงบริเวณเดียว จึงทำให้การกระจายตัวของอาหารไปสู่ปลานิลได้น้อย ทำให้ปลานิลตัวที่มาถึงก่อนได้กินอาหารมากกว่าตัวที่ไกล ส่งผลให้ปลานิลตัวที่ไกลมีน้ำหนักตัวน้อยกว่า ในขณะที่การให้อาหารด้วยคน จากการสังเกตพบว่าเมื่อคนทำการสาดอาหารลงบ่อ เม็ดอาหารจะมีการกระจายเป็นวงกว้างมากกว่าเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ

4.3 การประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์

ในหัวข้อนี้กล่าวถึงการประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของโครงการ 3 โครงการ คือ โครงการเลี้ยงปลาด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ โครงการเลี้ยงปลาโดยใช้คนให้อาหาร และโครงการที่มีการเลี้ยงปลาโดยใช้คนให้อาหารอยู่ แต่เปลี่ยนมาใช้เครื่องให้อาหารอัตโนมัติ ซึ่งประเมินจากการคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) โดยทำต้นทุนสำหรับโครงการเลี้ยงปลาด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติและการเลี้ยงปลาโดยใช้คนให้อาหาร ที่มีระยะเวลาของโครงการ 4 เดือนให้เป็นระยะเวลา 1 ปี โดยคิดให้เป็นการเลี้ยงจำนวน 2 ครั้ง/ปี เพื่อนำไปคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน โดยต้นทุน และกระแสเงินสดรับของโครงการเลี้ยงปลาด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติและการเลี้ยงปลาโดยใช้คนให้อาหาร แสดงให้เห็นดังตารางที่ 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 ต้นทุนสำหรับโครงการเลี้ยงปลาด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติและการเลี้ยงปลาโดยใช้คนให้อาหารรายปี

รายการ	การเลี้ยงปลาด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ (บาท/ปี)	การเลี้ยงปลาโดยใช้คนให้อาหาร (บาท/ปี)
1. ต้นทุนคงที่	**133,280**	**60,000**
ค่าจ้างเหมาทำชุดต้นแบบเครื่องให้อาหารปลา	33,000	0
ค่าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ มอเตอร์ blower และเซ็นเซอร์	37,500	0
ค่าอุปกรณ์ Solar cell	2,780	0
ค่าขุดบ่อและเตรียมบ่อ	56,000	56,000
ค่ากระชังและอุปกรณ์	4,000	4,000
2. ต้นทุนผันแปร	**43,350**	**43,850**
ค่าจ้างแรงงานให้อาหารปลา (0.5 บาท/กก.)	0	500
ค่าพันธุ์ปลา (10 บาท/ตัว)	10,000	10,000
ค่าอาหารปลาที่ให้ทั้งหมด (25 บาท/กก.)	33,350	33,350
รวมทั้งสิ้น	**176,630**	**103,850**

หมายเหตุ : ค่าจ้างแรงงานให้อาหารปลาเป็นค่าจ้างแรงงานแบบชั่วคราว เป็นค่าจ้างแบบเหมาจ่ายในอัตรา 0.5 บาท/กก. โดยนำน้ำหนักปลาสุดท้ายที่ได้ทั้งหมดเมื่อการเลี้ยงเสร็จสิ้นมาคำนวณ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.3 กระแสเงินสดรับของโครงการเลี้ยงปลาด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติและการเลี้ยงปลาโดยใช้คนให้อาหารรายปี

รายการ	**การเลี้ยงปลาด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ (บาท/ปี)**	**การเลี้ยงปลาโดยใช้คนให้อาหาร (บาท/ปี)**
ต้นทุนผันแปร	-43,350	-43,850
ขายปลาได้ทั้งหมด (60 บาท/กก.)	57,600	57,600
รวมทั้งสิ้น	**14,250**	**13,750**

ผลการคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนของโครงการเลี้ยงปลาด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ ได้ผลดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนของโครงการเลี้ยงปลาด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ

ปีที่	กระแสเงินสดรับ	กระแสเงินสดสะสม
0	-131,780	-131,780
1	14,250	-117,530
2	14,250	-103,280
3	14,250	-89,030
4	14,250	-74,780
5	14,250	-60,530
6	14,250	-46,280
7	14,250	-32,030
8	14,250	-17,780
9	14,250	-3,530
10	**14,250**	**10,720**

จากตารางที่ 4.4 พบว่า โครงการเลี้ยงปลาด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ สามารถคืนทุนภายในระยะเวลา 9.35 ปี หรือ 9 ปี 5 เดือน

ผลการคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนของโครงการเลี้ยงปลาโดยใช้แรงงานคน ได้ผลดังตารางที่ 4.5

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.5 ผลการคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนของโครงการเลี้ยงปลาโดยใช้แรงงานคน

ปีที่	กระแสเงินสดรับ	กระแสเงินสดสะสม
0	-60,000	-60,000
1	13,750	-46,250
2	13,750	-32,500
3	13,750	-18,750
4	13,750	-5,000
5	13,750	**8,750**
6	13,750	22,500
7	13,750	36,250
8	13,750	50,000
9	13,750	63,750
10	13,750	77,500

จากตารางที่ 4.5 พบว่า โครงการเลี้ยงปลาโดยใช้แรงงานคนสามารถคืนทุนภายในระยะเวลา 4.36 ปี หรือ 4 ปี 5 เดือน

ผลการคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนของโครงการที่มีการเลี้ยงปลาโดยใช้คนให้อาหารอยู่ แต่เปลี่ยนมาใช้เครื่องให้อาหารอัตโนมัติ ได้ผลดังตารางที่ 4.6

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.6 ผลการคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนของโครงการที่มีการเลี้ยงปลาโดยใช้คนให้อาหารอยู่แต่เปลี่ยนมาใช้เครื่องให้อาหารอัตโนมัติ

รายการ	จำนวน
เงินลงทุนเริ่มแรกของโครงการเลี้ยงปลาด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ (บาท/ปี)	133,280
เงินลงทุนเริ่มแรกของโครงการเลี้ยงปลาโดยใช้แรงงานคน (บาท/ปี)	60,000
เงินลงทุนเริ่มแรกของโครงการที่มีการเลี้ยงปลาโดยใช้คนให้อาหารอยู่แต่เปลี่ยนมาใช้เครื่องให้อาหารอัตโนมัติ (บาท/ปี)	73,280
รายรับต่อปี (บาท/ปี)	14,250
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	**5.14**

จากตารางที่ 4.6 พบว่า โครงการที่มีการเลี้ยงปลาโดยใช้คนให้อาหารอยู่ แต่เปลี่ยนมาใช้เครื่องให้อาหารอัตโนมัติ สามารถคืนทุนภายในระยะเวลา 5.14 ปี หรือ 5 ปี 2 เดือน

จากการหาระยะเวลาคืนทุนของโครงการเลี้ยงปลาด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ และโครงการเลี้ยงปลาโดยใช้แรงงานคน พบว่าโครงการเลี้ยงปลาด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ สามารถคืนทุนได้ช้าที่สุด โดยคืนทุนช้ากว่าโครงการเลี้ยงปลาโดยใช้แรงงานคนเท่ากับ 5 ปี แต่สำหรับโครงการที่มีการเลี้ยงปลาโดยใช้คนให้อาหารอยู่ แต่เปลี่ยนมาใช้เครื่องให้อาหารอัตโนมัติสามารถคืนทุนได้เร็วกว่าโครงการที่เลี้ยงปลาด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติตั้งแต่แรกเริ่ม โดยคืนทุนช้ากว่าโครงการเลี้ยงปลาโดยใช้แรงงานคนเท่ากับ 9 เดือน

อย่างไรก็ตาม จากผลการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ แม้จะพบว่าการเลี้ยงปลาด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติจะคืนทุนช้าที่สุด เป็นโครงการที่ไม่ควรลงทุนเมื่อเปรียบเทียบกับโครงการเลี้ยงปลาโดยใช้แรงงานคน แต่จากผลการเลี้ยงปลาด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติก็ชี้ให้เห็นว่าสมรรถนะการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลานิลที่เลี้ยง ไม่แตกต่างจากปลานิลที่เลี้ยงโดยใช้คนให้อาหาร และการเลี้ยงปลาด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ สามารถช่วยลดการบริหารจัดการคนได้ ในกรณีที่เกิดการขาดแคลนแรงงานให้อาหารหรือผู้เลี้ยงมีงานที่ต้องทำหลายอย่าง การเลี้ยงปลาด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการลงทุนสำหรับผู้เลี้ยงปลา

บทที่ 5
สรุปงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเพื่อออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบให้อาหารปลาอัตโนมัติ มีการประเมินสรรถนะการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลานิลที่ให้อาหารด้วยเครื่องอัตโนมัติและให้อาหารด้วยคน โดยวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มการทดลองด้วยวิธี T-test ที่ระดับนัยสำคัญ P<0.01และมีการประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ร่วมด้วย

5.1 สรุปผลงานวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบให้อาหารปลาอัตโนมัติ โดยเลือกใช้ microcontroller เป็นตัวควบคุมระบบให้อาหาร เลือกใช้ Stepper motor แบบ DC และ blower แบบ DC เป็นตัวควบคุมสั่งการในส่วนการจ่ายอาหาร โดยมีแผ่นจานหมุนทำหน้าที่ควบคุมการเปิดปิดจ่ายอาหาร และมีระบบแจ้งเตือนข้อความรายงานไปยังโทรศัพท์ของผู้เลี้ยง เมื่อเซ็นเซอร์ตรวจวัดค่า DO, ค่า pH, ค่าอุณหภูมิในน้ำ และค่าน้ำหนักอาหารในถังเก็บอาหาร และค่าที่วัดได้ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด หรือค่าไม่อยู่ในช่วงที่กำหนด ระบบจะส่งข้อมูลแจ้งเตือนผ่าน LINE ไปยังโทรศัพท์ของผู้เลี้ยง ประเมินสรรถนะการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลานิลหลังจากการเลี้ยงด้วยวิธีการให้อาหารที่แตกต่างกัน คือ การให้อาหารด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติและการให้อาหารด้วยคนเป็นระยะเวลา 4 เดือน และนำไปวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มการทดลอง ผลที่ได้พบว่า สมรรถนะการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลานิลที่เลี้ยงด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ ไม่แตกต่างจากปลานิลที่เลี้ยงโดยใช้คนให้อาหาร และจากการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์พบว่าการให้อาหารด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ สามารถคืนทุนช้ากว่าการให้อาหารโดยใช้คน อย่างไรก็ตาม การให้อาหารด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติสามารถช่วยลดการบริหารจัดการคนได้ ในกรณีที่เกิดการขาดแคลนแรงงานให้อาหารหรือผู้เลี้ยงมีงานที่ต้องทำหลายอย่าง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) เครื่องให้อาหารอัตโนมัติที่สร้างขึ้นมีความจุสูงสุด 20 กิโลกรัม เนื่องจาก เป็นการสร้างเครื่องต้นแบบให้อาหารปลาอัตโนมัติครั้งแรก งานวิจัยต่อไปหรือผู้ที่ต้องการนำไปพัฒนาต่อ ควร

สร้างเครื่องที่มีขนาดใหญ่มากขึ้น เช่น สามารถบรรจุอาหารปลาได้ 100 กิโลกรัม เพื่อรองรับการให้อาหารปลาในปริมาณมาก ๆ โดยผู้เลี้ยงไม่ต้องเติมอาหารหลายรอบ

2) จากการสังเกตลักษณะการให้อาหารของเครื่องให้อาหารอัตโนมัติที่มีการปล่อยอาหารออกมาเพียงบริเวณเดียว ทำให้การกระจายตัวของอาหารไปสู่ปลานิลได้น้อย หากนำไปพัฒนาต่อควรทำให้ท่อทางออกของเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ สามารถเคลื่อนที่ไปซ้ายไปขวาได้ เพื่อช่วยให้การกระจายอาหารเป็นวงกว้าง เช่นเดียวกับการสาดอาหารของคน

3) จากการสังเกตลักษณะการให้อาหารของเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ ซึ่งมีการให้อาหารแบบค่อย ๆ ให้ ทำให้อาหารตกกระทบบนผิวน้ำ เกิดการสั่นสะเทือนน้อยกว่าการให้อาหารด้วยคนที่สาดอาหารให้ปลา ทำให้ผิวน้ำเกิดการสั่นสะเทือนมากกว่า ซึ่งเป็นการกระตุ้นให้ปลารับรู้และมากินอาหารได้มากกว่า หากนำไปพัฒนาต่อ ควรเลือกใช้ blower ขนาดใหญ่ที่มีกำลังสูง เพื่อให้สามารถพ่นอาหารออกไปได้แรงและไกลมากขึ้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายการอ้างอิง

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. (2560). **การตัดสินใจการลงทุน**. เมื่อ 20/02/2561, จากเว็บไซต์: https://bsid.dip.go.th/th/category/financial-accounting/fs-investmentdections

กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด กรมประมง. (2560). **การเพาะเลี้ยงปลานิล**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด

กองวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ. (2560). **ความแตกต่างระหว่างเพศและการผสมพันธุ์**. สืบค้นเมื่อ 12/04/2561, จากเว็บไซต์: http://www.fisheries.go.th/genetic/index.php/2013-11-15-01-35-24/85-2013-11-25-08-28-46/101-2014-02-06-01-52-39?showall=&start=3

เกวลิน หนูฤทธิ์. (2560). **สถานการณ์การผลิตและการค้าปลานิลและผลิตภัณฑ์ในช่วง 6 เดือนแรก ปี 2560.** สืบค้นเมื่อ 17/01/2561, จากเว็บไซต์: http://www.fisheries.go.th/strategy/fisheconomic/pdf/ปลานิล6เดือนแรกปี60.pdf

ฝ่ายบริการวิชาการสัตว์น้ำ บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน). (2557). **คู่มือการเลี้ยงปลานิลและปลานิลแดง**. สืบค้นเมื่อ 12/04/2561, จากเว็บไซต์: http://betagrofeed.com/community/wp-content/uploads/2014/12/คู่มือการเลี้ยงปลานิลและปลานิลแดง.pdf

ฤทัยชนก จริงจิตร. (2558). **เจาะลึก "Smart Farmer" แค่แนวคิดใหม่ หรือจะพลิกโฉมการเกษตรไทย.** สืบค้นเมื่อ 24/12/2560, จากเว็บไซต์: http://www.socialsmartfarmer.com/?nameknowledge&file=readknowledge&id=5

ศิวะพงษ์ ธิโสภา. (2555). **ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC**. สืบค้นเมื่อ 09/01/2561, จากเว็บไซต์: https://elec-thai.blogspot.com/2012/12/pic.html

สำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการประมง กรมประมง. (2557). **การเลี้ยงปลานิลในกระชัง**. สืบค้นเมื่อ 09/01/2561, จากเว็บไซต์: http://www.fisheries.go.th/it-database/dbweb/ebook/pdf/1การเลี้ยงปลานิลในกระชัง.pdf

Arduinoall. (2561a). **NodeMCU ESP8266 / ESP8285 Arduino #1 ESP8266 คือ**. สืบค้นเมื่อ 20/02/2561, จากเว็บไซต์: https://www.arduinoall.com/

Arduinoall. (2561b). **เซนเซอร์นับจำนวน เซนเซอร์แสงนับรอบความเร็ว counter module motor speed sensor counter เซนเซอร์ก้ามปู**. สืบค้นเมื่อ 22/02/2561, จากเว็บไซต์: https://www.arduinoall.com/

รายการอ้างอิง (ต่อ)

Arduinoall. (ม.ป.ป.). **Stepper Motor สเต็ปมอเตอร์ 12V 0.8N.m 1.6A 17HS2310-P4120 / 17HS6001**. สืบค้นเมื่อ 22/02/2561, จากเว็บไซต์:https://www.arduinoall.com/

Arduitronics. (2557). **Real Time Clock DS3231**. สืบค้นเมื่อ 20/02/2561, จากเว็บไซต์: https://www.arduitronics.com/article/35/real-time-clock-ds3231

Arphatsara Rassamee. (2560). **รูปร่างและลักษณะนิสัยของปลานิล**. สืบค้นเมื่อ 24/12/2560, จากเว็บไซต์: https://sites.google.com/a/skat.ac.th/apsrrsm/home

Asian Development Bank. (2005). **An evaluation of small-scale freshwater rural aquaculture development for poverty reduction**. Asian Development Bank.

Chang, C. M., Fang, W., Jao, R. C., Shyu, C. Z., & Liao, I. C. (2005). **Development of an intelligent feeding controller for indoor intensive culturing of eel.** Aquacultural engineering, 32(2), 343-353.

Factomart Admin. (2016). **ประเภทของ Stepping Motor.** สืบค้นเมื่อ 22/02/2561, จากเว็บไซต์: https://www.factomart.com/th/factomartblog/type-of-stepping-motor/

Gravitech. (n.d.). **ARDUINO MEGA 2560**. สืบค้นเมื่อ 20/02/2561, จากเว็บไซต์: https://www.gravitechthai.com/product-detail.php?WP=qmIZAJ1CM5O0hJatrTZo7o3Q

Mosfex. (2017). **โมดูล HX711 Weight Sensor Amplifier Dual Channel Module สำหรับต่อ load cell พร้อมขา**. สืบค้นเมื่อ 20/02/2561, จากเว็บไซต์: https://www.mosfex.com/

Mltelectronic. (ม.ป.ป.). **โมดูลรีเลย์ 4ช่อง 5V Optocoupler (4 Channel Relay Module)**. สืบค้นเมื่อ 20/02/2561, จากเว็บไซต์: http://www.mltelectronic.com

Myarduino. (2559). **LM2596 Converter Buck Step Down Regulator Power Module 4-40 to 1.25- 30V 3A**. สืบค้นเมื่อ 20/02/2561, จากเว็บไซต์: https://www.myarduino.net/product/946/lm2596-converter-buck-step-down-regulator-power-module-4-40-to-1-25-30v-3a

Myarduino. (2560). **วิธีการใช้งาน Load Cell กับ HX711 Amplifier Module**. สืบค้นเมื่อ 22/02/2561, จากเว็บไซต์: https://www.myarduino.net

Noor, M. Z. H., Hussian, A. K., Saaid, M. F., Ali, M. S. A. M., & Zolkapli, M. (2012). The design and development of automatic fish feeder system using PIC microcontroller. In **2012 IEEE Control and System Graduate Research Colloquium** (pp. 343-347). IEEE.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายการอ้างอิง (ต่อ)

Ogunlela AO, Adebayo AA (2016). **Development and Performance Evaluation of an Automatic Fish Feeder.** J Aquac Res Development 7:407. doi:10.4172/2155-9546.1000407

Ozigbo, E., Anyadike, C., Gbadebo, F., & Okechukwu, R. (2013). **Development of an automatic fish feeder.**

Premalatha, K., Maithili, P., & Nandhini, J. J. (2017). **Smart Automatic Fish Feeder.**

Shaari, M. F., Zulkefly, M. E. I., Wahab, M. S., & Esa, F. (2011). Aerial fish feeding system. In **Mechatronics and Automation (ICMA), 2011 International Conference on** (pp. 2135-2140). IEEE.

Shima, T., Suzuki, N., Yamamoto, T., & Furuita, H. (2001). A comparative study of self feeder and automatic feeder: effects on the growth performance of rainbow trout fry. **Aquaculture Research**, 32(s1), 142-146.

Stone, N. M. and Thomforde, H. K. (2004). **Understanding your fish pond water analysis report** (pp. 1-4). Cooperative Extension Program, University of Arkansas at Pine Bluff, US Department of Agriculture and county governments cooperating.

Taylor, V. (n.d.). **How to Calculate the Volume of a Tapered Hopper.** Retrieved Dec 22, 2018, from https://www.hunker.com/13425784/how-to-calculate-the-volume-of-a-tapered-hopper

Wei, H. C., Salleh, S. M., Ezree, A. M., Zaman, I., Hatta, M. H., Zain, B. M., ... & Mahmud, W. A. W. (2017). Improvement of automatic fish feeder machine design. In **Journal of Physics: Conference Series** (Vol. 914, No. 1, p. 012041). IOP Publishing.

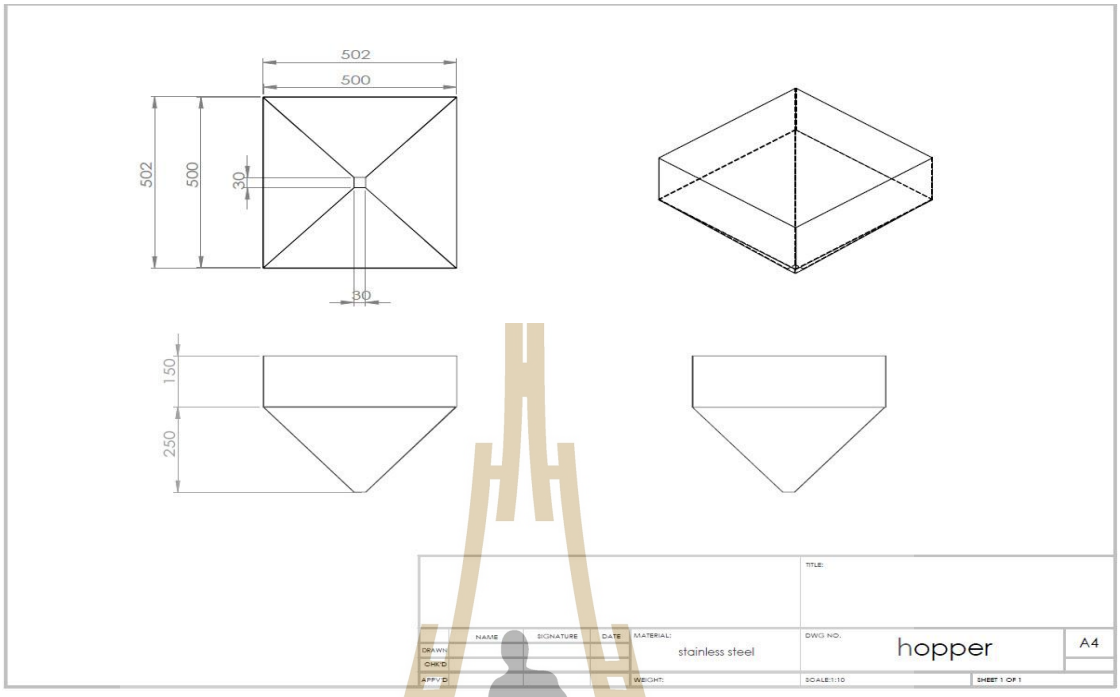
YD cooling fan Store. (ม.ป.ป.). **ใช้ SANYO DENKI SAN ACE 9BAM12GC2-2 12 V 1.85A Blower turbine 9733 พัดลมระบายความร้อน**. สืบค้นเมื่อ 22/02/2561, จากเว็บไซต์: https://th.aliexpress.com/item/32829973279.html

Zulkefly, M. E. I. (2010). **Development of PLC Controlled Aerial Fish Feeding System** (Doctoral dissertation, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia).

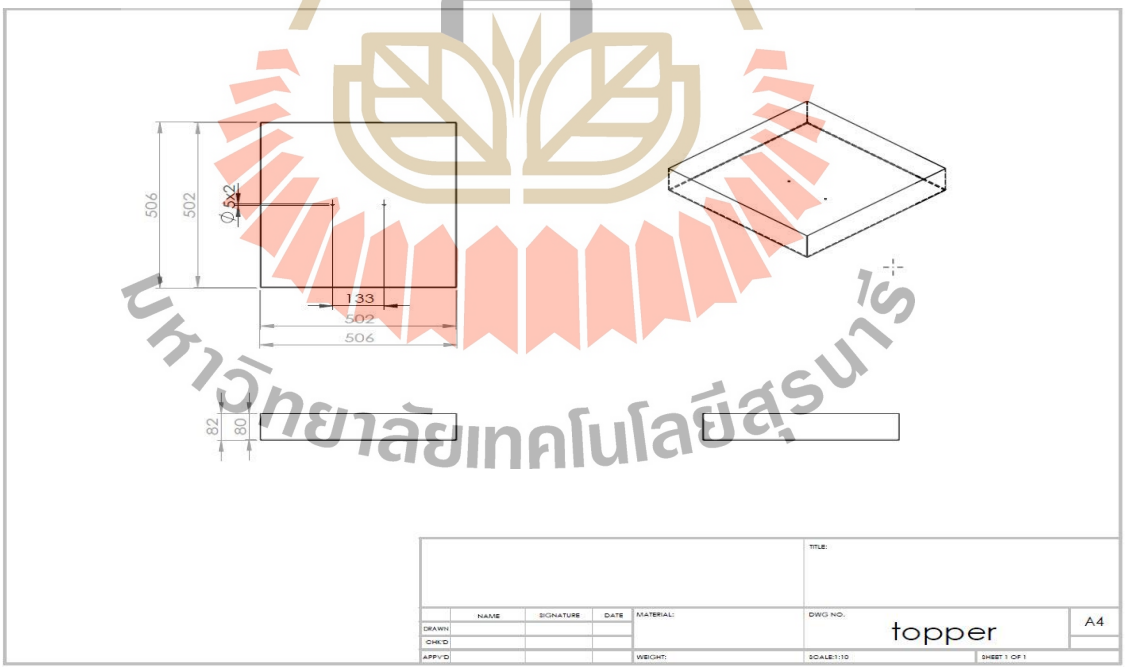
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ก

แบบเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติ

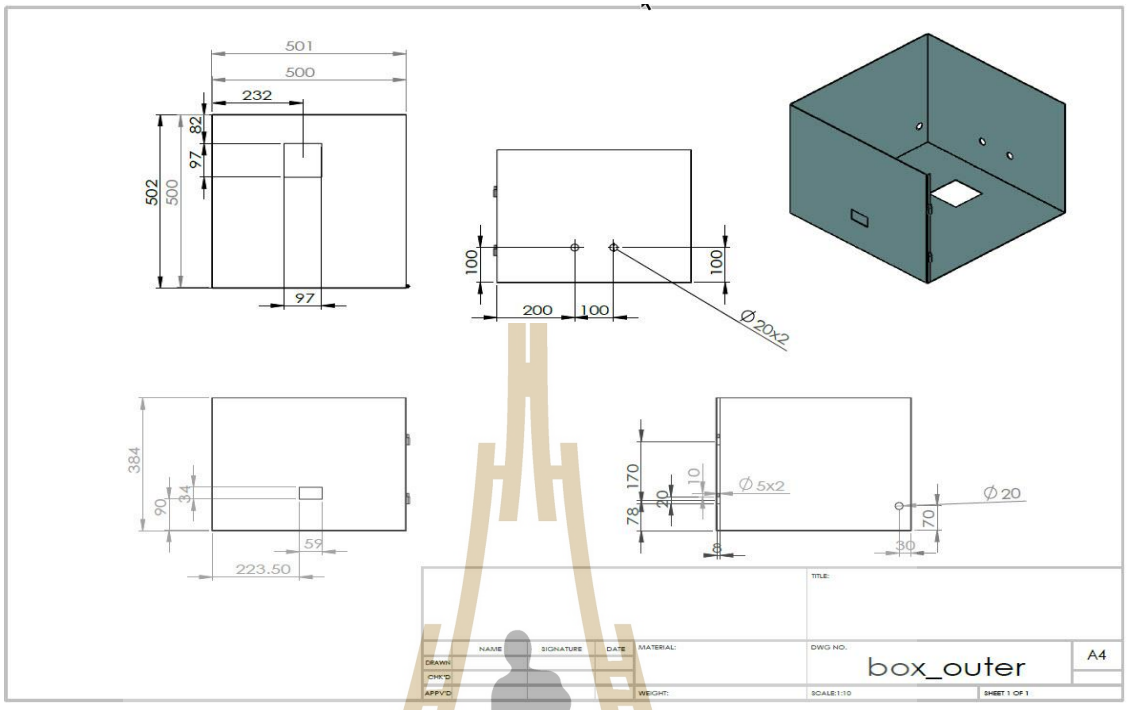


รูปที่ ก.1 แบบของถังเก็บอาหารหรือ hopper

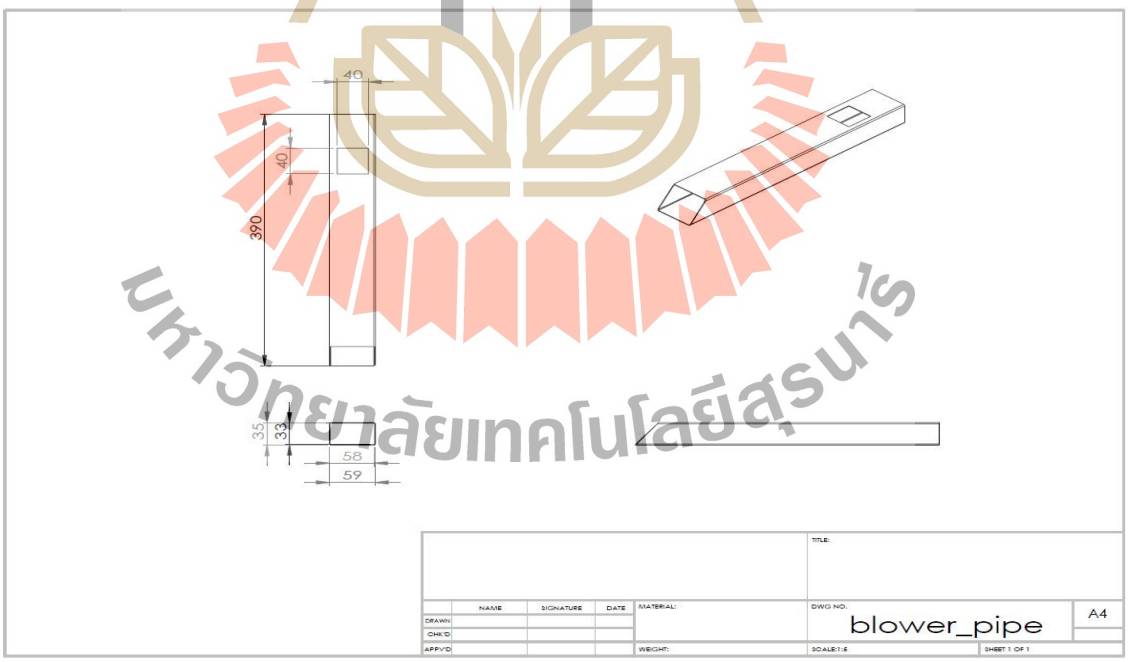


รูปที่ ก.2 แบบของฝาเครื่อง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ ก.3 แบบภายนอกเครื่อง



รูปที่ ก.4 แบบท่อสวม blower

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ข

โค้ดระบบควบคุมเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติ

ข.1 โค้ดระบบควบคุมเครื่องให้อาหาร

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial NanoSerial(53, 52); // RX | TX
#define ONE_WIRE_BUS 2
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
float D_data = 0.00;
float P_data = 0.00;
float T_data = 0.00;
float W_data = 0.00;
/*********************************************************/
#include <EEPROM.h>
/*********************************************************/
#include <Keypad.h>
const byte ROWS = 4; //four rows
const byte COLS = 3; //four columns
//define the cymbols on the buttons of the keypads
char hexaKeys[ROWS][COLS] = {
{'1', '2', '3'},
{'4', '5', '6'},
{'7', '8', '9'},
{'*', '0', '#'}
};
byte rowPins[ROWS] = {13, 12, 11, 10}; //connect to the row pinouts of the keypad
byte colPins[COLS] = {9, 8, 7}; //connect to the column pinouts of the keypad
//initialize an instance of class NewKeypad
Keypad keypad = Keypad( makeKeymap(hexaKeys), rowPins, colPins, ROWS, COLS);
/*********************************************************/
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
/*********************************************************/
#include <DS3231.h>
DS3231  rtc(SDA, SCL);
Time  t;
/*********************************************************/
#define address 97              //default I2C ID number for EZO D.O. Circuit.
float DOshow = 0;
String nS = "3";
String DOS;
float DOSensor = 0;
int Pn = 0;
char computerdata[20];          //we make a 20 byte character array to hold incoming data from a
pc/mac/other.
byte received_from_computer = 0; //we need to know how many characters have been received.
byte code = 0;                  //used to hold the I2C response code.
char DO_data[20];               //we make a 20 byte character array to hold incoming data from the
D.O. circuit.
byte in_char = 0;               //used as a 1 byte buffer to store inbound bytes from the D.O. Circuit.
int time_ =  0;                 //used to change the delay needed depending on the command sent to the
EZO Class D.O. Circuit.
float DO_float;                 //float var used to hold the float value of the DO.
char *DO;                       //char pointer used in string parsing.
char *sat;                      //char pointer used in string parsing.
float do_float;                 //float var used to hold the float value of the dissolved oxygen.
float sat_float;
/*********************************************************/
#include "HX711.h"
float calibration_factor = 9934.00;
```

```
#define zero_factor 8485032
#define DOUT  A3
#define CLK   A2
#define DEC_POINT  2
float offset = 0;
float get_units_kg();
HX711 scale(DOUT, CLK);
/*****************************************************/
int q = 0;
int Zx = 0;
float TemperatureC = 0;
int x = 0;
int y = 0;
int StateS = 0;
int StateF = 0;
int sum1 = 0;
int sum2 = 0;
int s = 0;
int Sm1 = 0;
int Sm2 = 0;
float sum3 = 0;
float Weight = 0;
float W = 0;
float WPD = 5.00;
float WB = WPD / 3.00;
float WL = WPD / 3.00;
float WD = WPD / 3.00;
float WeightIn = 0.00;
float CWeight = 0.00;
float SWeight;
int TminF;
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
int TsecF;
float TimeMin;
char Func;
int n = 0;
int i = 0;
String We;
char D[5];
int Cc = 13;
int TMin;
int Tsec;
int H = 0;
int M = 0;
int S = 0;
int TStop;
/*********************************************************/
int key = 0;
/*********************************************************/
#define SensorPin A8          //pH meter Analog output to Arduino Analog Input 0
unsigned long int avgValue;  //Store the average value of the sensor feedback
float b;
int buf[10], temp;
/*********************************************************/
void setup() {
Serial.begin(115200);
NanoSerial.begin(57600);
sensors.begin();
rtc.begin();
//rtc.setDOW(THURSDAY);     // Set Day-of-Week to SUNDAY
//rtc.setTime(16, 12, 0);     // Set the time to 12:00:00 (24hr format)
//rtc.setDate(16, 1, 2020);   // Set the date to January 1st, 2014
scale.set_scale(calibration_factor);
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
scale.set_offset(zero_factor);
lcd.begin();
EEPROM.get(0, WeightIn);
pinMode(6, INPUT_PULLUP);
pinMode(5, INPUT_PULLUP);
pinMode(31, INPUT_PULLUP);
pinMode(33, INPUT_PULLUP);
pinMode(35, OUTPUT);
pinMode(37, OUTPUT);
pinMode(39, OUTPUT);
pinMode(53,INPUT);
pinMode(52,OUTPUT);
pinMode(22, OUTPUT);
pinMode(23, OUTPUT);
pinMode(24, OUTPUT);
pinMode(4, OUTPUT);
digitalWrite(39, HIGH);
pinMode(A0, INPUT);
pinMode(A1, INPUT);
pinMode(A8, INPUT);
pinMode(A7,INPUT);
Wire.begin();
lcd.setCursor(9, 3);
lcd.print("OFF");
}
void loop() {
int SwGreen = digitalRead(5);
int SwRed = digitalRead(6);
int SwMF = digitalRead(31);
int SwMS = digitalRead(33);
int SensorM1 = analogRead(A0);
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
int SensorM2 = analogRead(A1);
for (int i = 0; i < 10; i++) //Get 10 sample value from the sensor for smooth the value
{
buf[i] = analogRead(SensorPin);
}
for (int i = 0; i < 9; i++) //sort the analog from small to large
{
for (int j = i + 1; j < 10; j++)
{
if (buf[i] > buf[j])
{
temp = buf[i];
buf[i] = buf[j];
buf[j] = temp; } }}
avgValue = 0;
for (int i = 2; i < 8; i++)                //take the average value of 6 center sample
avgValue += buf[i];
float phValue = avgValue * 5.0 / 1024 / 6; //convert the analog into millivolt
phValue = (2.4 * phValue) - 1.8253;
if (S % 30 == 0) {
sensors.requestTemperatures(); // Send the command to get temperatures
TemperatureC = sensors.getTempCByIndex(0);
delay(10);
D_data=DOshow;
P_data=phValue;
T_data=TemperatureC;
W_data=Weight;
NanoSerial.print(D_data); NanoSerial.print(" ");
NanoSerial.print(P_data); NanoSerial.print(" ");
NanoSerial.print(T_data); NanoSerial.print(" ");
NanoSerial.print(W_data); NanoSerial.print("\n");
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
delay(100);
}
char key = keypad.getKey();
if (key) {
Serial.println(key);
Func = key;
if (Func == '#') {
n = 2;
ClearD();
}
if (Func == '*') {
n = 1;
ClearD();
}
if (Func == '0') {
n = 3;
ClearD();
}
}
while (n == 1) {
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Weight :");
lcd.setCursor(1, 1);
lcd.print("Per Day : ");
lcd.setCursor(11, 1);
lcd.print(WeightIn);
lcd.setCursor(17, 1);
lcd.print("kg");
lcd.setCursor(0, 2);
lcd.print("Per Round : ");
lcd.setCursor(12, 2);
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
lcd.print(SWeight);
lcd.setCursor(18, 2);
lcd.print("kg");
lcd.setCursor(0, 3);
lcd.print("Time: ");
if (TMin < 10) {
lcd.setCursor(6, 3);
lcd.print(" ");
lcd.setCursor(7, 3);
lcd.print(TMin);
}
else {
lcd.setCursor(6, 3);
lcd.print(TMin);
}
lcd.setCursor(9, 3);
lcd.print("min, ");
if (Tsec < 10) {
lcd.setCursor(14, 3);
lcd.print(" ");
lcd.setCursor(15, 3);
lcd.print(Tsec);
}
else {
lcd.setCursor(14, 3);
lcd.print(Tsec);
}
lcd.setCursor(17, 3);
lcd.print("sec");
n = 0;
delay(5000);
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
ClearD();
}
while (n == 2) {
CWeight = WeightIn;
lcd.setCursor(2, 0);
lcd.print("Input by keypad");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Weight(kg) : ");
if (Cc + i < 19) {
lcd.setCursor(13, 1);
lcd.print(We);
}
lcd.setCursor(0, 2);
lcd.print("Press # if completed");
char key = keypad.getKey();
if (key) {
if (key == '*') {
key = '.';
}
if (key == '#') {
WeightIn = We.toFloat();
if (WeightIn == CWeight || WeightIn > 60 || WeightIn == 0 ) {
WeightIn = CWeight;
n = 0;
i = 0;
We = "";
Serial.println();
Serial.println("Error");
lcd.setCursor(2, 3);
lcd.print("Status : Error");
delay(2000);
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
ClearD();
break;
}
else {
n = 0;
i = 0;
We = "";
EEPROM.put(0, WeightIn);
Serial.println();
Serial.println("Success");
lcd.setCursor(2, 3);
lcd.print("Status : Success");
delay(2000);
ClearD();
break;
}
}
i += 1;
D[i] = key;
We = String(We + D[i]);
Serial.print(D[i]);
}
}
while (n == 3) {
byte i = 0;                 //counter used for DO_data array.
if (Pn == 0) {                              //if data is holding in the serial buffer
                                            //stop the buffer from transmitting leftovers or garbage.
computerdata[0] = 'r';                      //we make sure the first char in the string is lower case.
if (computerdata[0] == 'c' || computerdata[0] == 'r')time_ = 600;     //if a command has been sent to
calibrate or take a reading we wait 600ms so that the circuit has time to take the reading.
else time_ = 600;                           //if not 300ms will do
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
Wire.beginTransmission(address);          //call the circuit by its ID number.
Wire.write(computerdata);                 //transmit the command that was sent through the serial
port.
Wire.endTransmission();                   //end the I2C data transmission.
if(strcmp(computerdata, "sleep") != 0) { //if the command that has been sent is NOT the sleep
command, wait the correct amount of time and request data.
//if it is the sleep command, we do nothing. Issuing a sleep command and then requesting data will
wake the D.O. circuit.
delay(time_);                 //wait the correct amount of time for the circuit to complete its instruction.
Wire.requestFrom(address, 20, 1); //call the circuit and request 20 bytes (this may be more than we
need)
code = Wire.read();           //the first byte is the response code, we read this separately.
switch (code) {               //switch case based on what the response code is.
case 1:                       //decimal 1.
//Serial.println("Success");  //means the command was successful.
break;                        //exits the switch case.
case 2:                       //decimal 2.
//Serial.println("Failed");   //means the command has failed.
break;                        //exits the switch case.
case 254:                     //decimal 254.
//Serial.println("Pending");  //means the command has not yet been finished calculating.
break;                        //exits the switch case.
case 255:                     //decimal 255.
//Serial.println("No Data");  //means there is no further data to send.
break;                        //exits the switch case.
}
while (Wire.available()) {    //are there bytes to receive.
in_char = Wire.read();        //receive a byte.
DO_data[i] = in_char;         //load this byte into our array.
i += 1;                       //incur the counter for the array element.
if (in_char == 0) {           //if we see that we have been sent a null command.
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
i = 0;                    //reset the counter i to 0.
Wire.endTransmission();   //end the I2C data transmission.
break;                    //exit the while loop.
}
}
if (isDigit(DO_data[0])) {
string_pars();            //If the first char is a number we know it is a DO reading, lets parse the DO
reading
}
else {                    //if it's not a number
////Serial.println(DO_data);      //print the data.
for (i = 0; i < 20; i++) {    //step through each char
DO_data[i] = 0;           //set each one to 0 this clears the memory
}
}
}
}
DOS = DO_data;
//DOSensor = DOS.toFloat();
DOSensor = (1.1458 * DOS.toFloat()) - 0.0283;
if (DOSensor == 0) {
DOshow = DOshow;
}
else {
DOshow = DOSensor;
}
Serial.println(DOshow);
lcd.setCursor(1, 0);
lcd.print("Parameter ");
lcd.setCursor(1, 1);
lcd.print("Temp: ");
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
lcd.setCursor(7, 1);
lcd.print(TemperatureC);
lcd.setCursor(13, 1);
lcd.print("C");
lcd.setCursor(1, 2);
lcd.print("D.O. : ");
lcd.setCursor(8, 2);
lcd.print(DOshow);
lcd.setCursor(14, 2);
lcd.print("mg/L");
lcd.setCursor(1, 3);
lcd.print("PH: ");
lcd.setCursor(5, 3);
lcd.print(phValue);
n = 0;
delay(5000);
ClearD();
}
TStop=digitalRead(A7);
SWeight = WeightIn / 2;
TimeMin = SWeight / 0.54;
TMin = (TimeMin * 100) / 100;
Tsec = 60 * (TimeMin - TMin);
String data = String(get_units_kg() + offset, DEC_POINT);
t = rtc.getTime();
H = t.hour;
M = t.min;
S = t.sec;
if (Zx == 0) {
if (M % 30 == 0) {
byte i = 0;
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
if (Pn == 0) {                          //if data is holding in the serial buffer     //stop the buffer
from transmitting leftovers or garbage.
computerdata[0] = 'r';                  //we make sure the first char in the string is lower case.
if (computerdata[0] == 'c' || computerdata[0] == 'r')time_ = 600;    //if a command has been sent to
calibrate or take a reading we wait 600ms so that the circuit has time to take the reading.
else time_ = 600;                       //if not 300ms will do
Wire.beginTransmission(address);        //call the circuit by its ID number.
Wire.write(computerdata);               //transmit the command that was sent through the serial
port.
Wire.endTransmission();                 //end the I2C data transmission.

if (strcmp(computerdata, "sleep") != 0) {  //if the command that has been sent is NOT the sleep
command, wait the correct amount of time and request data.
//if it is the sleep command, we do nothing. Issuing a sleep command and then requesting data will
wake the D.O. circuit.
      delay(time_);                     //wait the correct amount of time for the circuit to complete its
instruction.
Wire.requestFrom(address, 20, 1); //call the circuit and request 20 bytes (this may be more than we
need)
code = Wire.read();                     //the first byte is the response code, we read this separately.
switch (code) {                         //switch case based on what the response code is.
case 1:                 //decimal 1.
//Serial.println("Success");    //means the command was successful.
break;                  //exits the switch case.
case 2:                 //decimal 2.
//Serial.println("Failed");     //means the command has failed.
break;                  //exits the switch case.
case 254:               //decimal 254.
//Serial.println("Pending");   //means the command has not yet been finished calculating.
break;                  //exits the switch case.
case 255:               //decimal 255.
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
//Serial.println("No Data");   //means there is no further data to send.
break;                    //exits the switch case.
}
while (Wire.available()) {      //are there bytes to receive.
in_char = Wire.read();        //receive a byte.
DO_data[i] = in_char;         //load this byte into our array.
i += 1;                     //incur the counter for the array element.
if (in_char == 0) {           //if we see that we have been sent a null command.
i = 0;                    //reset the counter i to 0.
Wire.endTransmission();     //end the I2C data transmission.
break;                    //exit the while loop.
}
}
if (isDigit(DO_data[0])) {
string_pars();              //If the first char is a number we know it is a DO reading, lets parse the DO
reading
}
else {                      //if it's not a number
////Serial.println(DO_data);        //print the data.
for (i = 0; i < 20; i++) {     //step through each char
DO_data[i] = 0;             //set each one to 0 this clears the memory
}
}
}
}
DOS = DO_data;
DOSensor = (0.5341 * DOS.toFloat()) - 0.7952;
if (DOSensor == 0) {
DOshow = DOshow;
}
else {
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
DOshow = DOSensor;
}
Zx = 1;
digitalWrite(22, HIGH);
}
}
if (Zx == 1) {
if (M % 30 != 0) {
Zx = 0;
digitalWrite(22, LOW);
}
}
if (H == 9) {
if (M == 0) {
StateS = 1;
StateF = 1;
lcd.setCursor(11, 3);
lcd.print(" ");
lcd.setCursor(9, 3);
lcd.print("ON");
}
if (M == TMin) {
if (S == Tsec) {
StateS = 0;
StateF = 0;
lcd.setCursor(9, 3);
lcd.print("OFF");
}
}
}
/*if (H == 13) {
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
if (M == 0) {
StateS = 1;
StateF = 1;
lcd.setCursor(11, 3);
lcd.print(" ");
lcd.setCursor(9, 3);
lcd.print("ON");
}
if (M == 37) {
if (S == 30) {
StateS = 0;
StateF = 0;
lcd.setCursor(9, 3);
lcd.print("OFF");
}
}
}*/
if (SwGreen == LOW) {
StateS = 1;
StateF = 1;
}
if (SwRed == LOW) {
StateS = 0;
StateF = 0;
}
if (H == 16) {
if (M == 0) {
StateS = 1;
StateF = 1;
lcd.setCursor(11, 3);
lcd.print(" ");
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
lcd.setCursor(9, 3);
lcd.print("ON");
}
if (M == TMin) {
if (S == Tsec) {
StateS = 0;
StateF = 0;
lcd.setCursor(9, 3);
lcd.print("OFF");
}
}
}
else {
}
if (s < 20) {
sum1 = SensorM1 + sum1;
sum2 = SensorM2 + sum2;
sum3 = sum3 + data.toFloat();
s++;
}
else {
Sm1 = sum1 / s;
Sm2 = sum2 / s;
Weight = 0.8413 * data.toFloat() + 0.69552;
if (Weight < 0) {
Weight = 0;
}
W = Weight;
Serial.print(W);
Serial.print(" ");
if (Weight < 0) {
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
Weight = 0;
}
s = 0;
sum1 = 0;
sum2 = 0;
sum3 = 0;
}
if (x == 0) {
if (SwMS == 0) {
x = 1;
StateS = !StateS;
}
if (SwMF == 0) {
x = 1;
StateF = !StateF;
}
}
if (x == 1) {
if ((SwMS == 1) && (SwMF == 1)) {
x = 0;
}
}
if (StateS == 1) {
digitalWrite(39, LOW);
}
else {
if(TStop==0){
digitalWrite(39, HIGH);
}
}
if (StateF == 1) {
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
analogWrite(4, 128);
}
else {
if(TStop==0){
analogWrite(4, 0);
}
}
digitalWrite(35, LOW);
digitalWrite(37, LOW);
/*Serial.print(SwGreen);
Serial.print("\t");
Serial.print(SwRed);
Serial.print("\t");
Serial.print(SwMF);
Serial.print("\t");
Serial.print(SwMS);
Serial.println();*/
Serial.print(Weight);
Serial.print(" ");
if ((Sm1 > 520) && (Sm1 < 535)) {
Serial.print("Run");
Serial.print(" ");
}
else {
Serial.print("Stop");
Serial.print(" ");
}
if (Sm2 < 485) {
Serial.print("Run");
Serial.print(" ");
}
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
else {
Serial.print("Stop");
Serial.print(" ");
}
Serial.print(Sm1);
Serial.print(" ");
Serial.print(Sm2);
Serial.print(" ");
Serial.print(H);
Serial.print(" ");
Serial.print(M);
Serial.print(" ");
Serial.print(S);
Serial.print(" ");
Serial.print(DOshow);
Serial.print(" ");
Serial.print(phValue);
Serial.print(" ");
Serial.print(TemperatureC);
Serial.print(" ");
Serial.print(Weight);
Serial.print(" ");
Serial.println(TStop);
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Automatic FishFeeder");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Time : ");
if (H < 10) {
lcd.setCursor(7, 1);
lcd.print('0');
lcd.setCursor(8, 1);
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
lcd.print(H);
}
else {
lcd.setCursor(7, 1);
lcd.print(H);
}
lcd.setCursor(9, 1);
lcd.print(":");
if (M < 10) {
lcd.setCursor(10, 1);
lcd.print('0');
lcd.setCursor(11, 1);
lcd.print(M);
}
else {
lcd.setCursor(10, 1);
lcd.print(M);
}
lcd.setCursor(12, 1);
lcd.print(":");
if (S < 10) {
lcd.setCursor(13, 1);
lcd.print('0');
lcd.setCursor(14, 1);
lcd.print(S);
}
else {
lcd.setCursor(13, 1);
lcd.print(S);
}
lcd.setCursor(0, 2);
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
lcd.print("Weight : ");
lcd.setCursor(9, 2);
lcd.print(Weight);
lcd.setCursor(15, 2);
lcd.print("kg");
lcd.setCursor(0, 3);
lcd.print("Status : ");
} // ************   end loop  *************
float get_units_kg()
{
return (scale.get_units() * 0.453592);
}
void ClearD() {
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("                    ");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("                    ");
lcd.setCursor(0, 2);
lcd.print("                    ");
lcd.setCursor(0, 3);
lcd.print("                    ");
}
void string_pars() {          //this function will break up the CSV string into its 2 individual parts,
DO and %sat.
byte flag = 0;                  //this is used to indicate is a “,” was found in the string array
byte i = 0;                     //counter used for DO_data array.
for (i = 0; i < 20; i++) {          //Step through each char
if (DO_data[i] == ',') {          //do we see a ','
flag = 1;                     //if so we set the var flag to 1 by doing this we can identify if the string being
sent from the DO circuit is a CSV string containing tow values
}
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
}
if (flag != 1) {                  //if we see the there WAS NOT a ‘,’ in the string array
//Serial.print("DO:");              //print the identifier
//Serial.println(DO_data);          //print the reading
}
if (flag == 1) {                  //if we see the there was a ‘,’ in the string array
DO = strtok(DO_data, ",");        //let's pars the string at each comma
sat = strtok(NULL, ",");          //let's pars the string at each comma
//Serial.print("DO:");              //print the identifier
//Serial.println(DO);               //print the reading
//Serial.print("Sat:");             //print the identifier
//Serial.println(sat);              //print the reading
flag = 0;                         //reset the flag
}
/*   //uncomment this section if you want to take the ASCII values and convert them into a floating
point number.
DO_float=atof(DO);
sat_float=atof(sat);
*/
}
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ข.2 โค้ดระบบแจ้งเตือนไปยัง LINE

```
/* ไลบรารี่ TridentTD_LineNotify version 2.1
* ใช้สำหรับส่งแจ้งเตือนไปยัง LINE สำหรับ ESP8266 และ ESP32
* สามารถส่งได้ทั้ง ข้อความ, สติกเกอร์ และรูปภาพ (ด้วย url)
* ----------------------------------------------------
* ให้ save เป็น file ต่างหากก่อนถึงจะส่ง Line Notify ภาษาไทยได้
*/
#include <TridentTD_LineNotify.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <ESP8266HTTPClient.h>
WiFiClient client;
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial NodeSerial(D2,D3); // RX | TX

#define SSID        "AIS 4G Pocket Wifi_423023"
#define PASSWORD    "33423023"
#define LINE_TOKEN  "7LjXeaC3LrLPwFDJkM3iUktRD0EpkBd2JtGmelqtrfP"
int x=0;
float DO=0.00;
float PH=0.00;
float Temp=0.00;
float Weight=0.00;
void setup() {
NodeSerial.begin(57600);
Serial.begin(115200); Serial.println();
Serial.println(LINE.getVersion());
pinMode(D2, INPUT);
pinMode(D3, OUTPUT);
pinMode(D0,INPUT);
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
WiFi.begin(SSID, PASSWORD);
Serial.printf("WiFi connecting to %s\n",  SSID);
while(WiFi.status() != WL_CONNECTED) { Serial.print("."); delay(400); }
Serial.printf("\nWiFi connected\nIP : ");
Serial.println(WiFi.localIP());
// กำหนด Line Token
LINE.setToken(LINE_TOKEN);
// ตัวอย่างส่งข้อความ
// ตัวอย่างส่งข้อมูลตัวเลข
//LINE.notify(2342);          // จำนวนเต็ม
//LINE.notify(212.43434,5);   // จำนวนจริง แสดง 5 หลัก
// เลือก Line Sticker ได้จาก https://devdocs.line.me/files/sticker_list.pdf
//LINE.notifySticker(3,240);        // ส่ง Line Sticker ด้วย PackageID 3 , StickerID 240
//LINE.notifySticker("Hello",1,2);  // ส่ง Line Sticker ด้วย PackageID 1 , StickerID 2 พร้อมข้อความ

// ตัวอย่างส่ง รูปภาพ ด้วย url
//LINE.notifyPicture("https://preview.ibb.co/j6G51n/capture25610417181915334.png");
//LINE.notifyPicture("จตุธาตุ",https://www.fotoaparat.cz/storage/pm/09/10/23/670915_a5351.jpg");
}
void loop() {
int Notify=digitalRead(D0);
while (NodeSerial.available() > 0)
{
float D_data = NodeSerial.parseFloat();
float P_data = NodeSerial.parseFloat();
float T_data = NodeSerial.parseFloat();
float W_data = NodeSerial.parseFloat();
if (NodeSerial.read() == '\n')
{
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
DO=D_data;
PH=P_data;
Temp=T_data;
Weight=W_data;
}
delay(50);
}
if(x==0){
if(Notify==1){
report(DO,PH,Temp,Weight);

if(DO<4){
String NotifyDO="กรุณาเปิดเครื่องเติมออกซิเจน ** ค่าออกซิเจนต่ำ: DO= ";
NotifyDO+=String(DO);
NotifyDO+=" มิลลิกรัม/ลิตร";
LINE.notify(NotifyDO);
delay(5000);
NotifyDO="";
}
if(PH<6.5||PH>8.3){
if(PH<6.5){
String NotifyPH="กรุณาปรับสภาพน้ำ ** ค่า PH ต่ำ: PH= ";
NotifyPH+=String(PH);
LINE.notify(NotifyPH);
delay(5000);
NotifyPH="";
}
if(PH>8.3){
String NotifyPH="กรุณาปรับสภาพน้ำ ** ค่า PH ต่ำ: PH= ";
NotifyPH+=String(PH);
LINE.notify(NotifyPH);
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

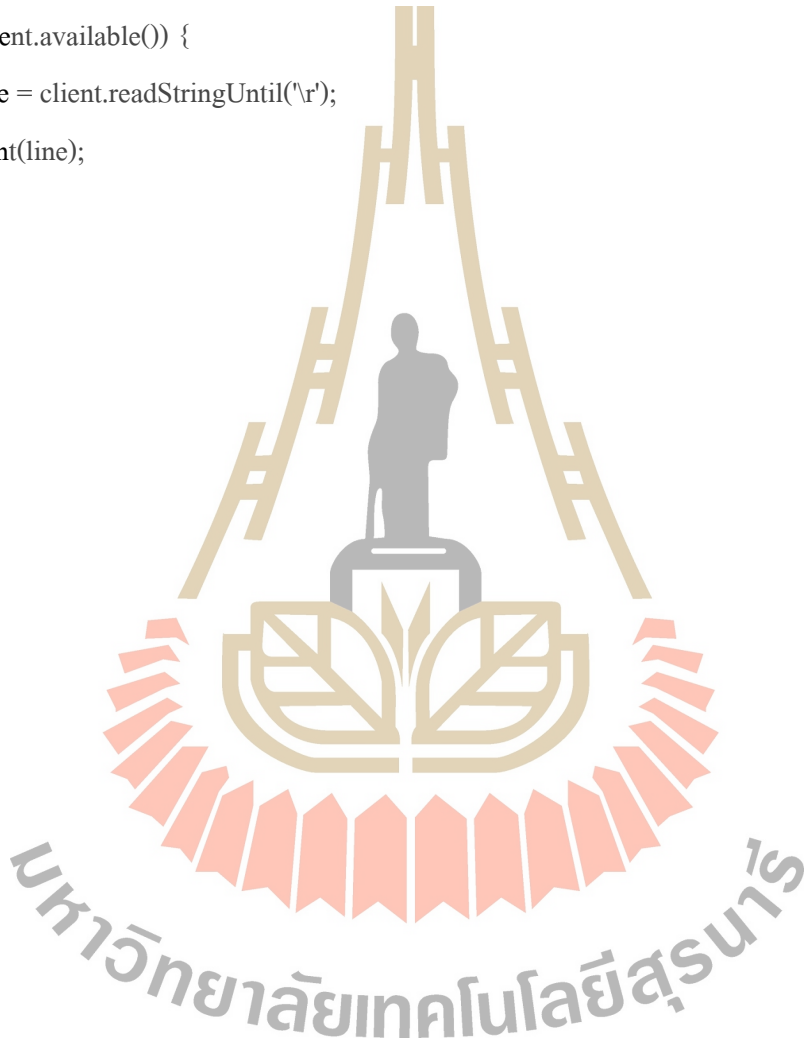
```
delay(5000);
NotifyPH="";
}
}
if(Temp<25||Temp>32){
if(Temp<25){
String NotifyTemp="อุณหภูมิต่ำ ** อุณหภูมิ= ";
NotifyTemp+=String(Temp);
NotifyTemp+=" องศาเซลเซียส";
LINE.notify(NotifyTemp);
delay(5000);
NotifyTemp="";
}
if(Temp>32){
String NotifyTemp="อุณหภูมิสูง ** อุณหภูมิ= ";
NotifyTemp+=String(Temp);
NotifyTemp+=" องศาเซลเซียส";
LINE.notify(NotifyTemp);
delay(5000);
NotifyTemp="";
}
}
if(Weight<5){
String NotifyWeight="กรุณาเติมอาหารใส่ถัง ** อาหารในถัง= ";
NotifyWeight+=String(Weight);
NotifyWeight+=" กิโลกรัม";
LINE.notify(NotifyWeight);
delay(5000);
NotifyWeight="";
}
x=1;
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
}
}
if(x==1){
if(Notify==0){
x=0;
}
}
Serial.print(DO);
Serial.print(" ");
Serial.print(PH);
Serial.print(" ");
Serial.print(Temp);
Serial.print(" ");
Serial.println(Weight);
delay(10);
}
void report(float value1, float value2, float value3, float value4) {
String Host = "api.pushingbox.com";
String Deviceid = "v53BB10D6E348973";
Serial.print("connecting to " + String(Host));
if (!client.connect(Host, 80)) {
Serial.println("connection failed");
return;
}
String url = "/pushingbox?devid=" + Deviceid + "&value1=" + value1 + "&value2=" + value2 +
"&value3=" + value3 + "&value4=" + value4;
Serial.print("Requesting URL: " + url);
client.print(String("GET ") + url + " HTTP/1.1\r\n" + "Host: " + Host + "\r\n" + "Connection:
close\r\n\r\n");
unsigned long timeout = millis();
while (client.available() == 0) {
```

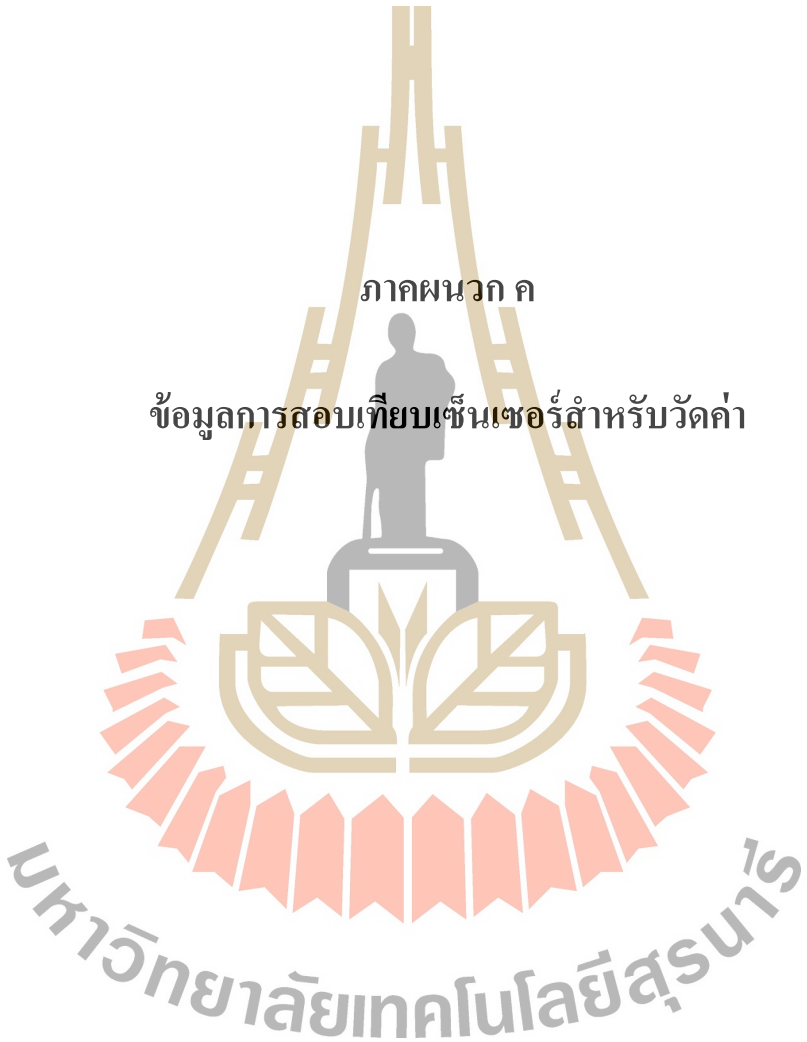
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
if (millis() - timeout > 5000) {
Serial.println(">>> Client Timeout !");
client.stop();
return;
}
}
while (client.available()) {
String line = client.readStringUntil('\r');
Serial.print(line);
}
}
```



ภาคผนวก ค

ข้อมูลการสอบเทียบเซ็นเซอร์สำหรับวัดค่า



ข้อมูลการสอบเทียบเซ็นเซอร์สำหรับวัดค่า

ค.1 การสอบเทียบ DO sensor

ทำการสอบเทียบ DO sensor โดยใช้เครื่องวัดปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (DO Meter) รุ่น YSI Pro20i มาทดสอบ แสดงดังรูปที่ ค.1 เพื่อเปรียบเทียบค่า DO ที่วัดได้จาก DO sensor กับค่า DO ที่วัดได้จาก DO meter โดยทดสอบจุ่มน้ำตัวอย่างจากบ่อเลี้ยงปลาจำนวน 5 แหล่ง และบันทึกค่า DO ในหน่วย mg/L ค่า DO ที่วัดได้ แสดงดังตารางที่ ค.1

รูปที่ ค.1 เครื่องวัดปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (DO Meter) รุ่น YSI Pro20i

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ค.1 ค่า DO ที่วัดได้จากการทดสอบด้วย DO sensor และ DO meter

แหล่งน้ำ	ค่า DO จาก DO sensor (mg/L)	ค่า DO จาก DO meter (mg/L)
1	2.35	3.10
2	3.61	3.90
3	4.55	4.90
4	4.69	5.20
5	8.40	9.80

จากตารางที่ ค.1 นำค่าที่ได้มาพล็อตกราฟ เพื่อทำ Curve-fitting หาสมการที่จะนำไปใส่ในโปรแกรม เพื่อให้ค่าที่วัดได้ออกมาเทียบเท่ากับเครื่องมือวัดที่ใช้ตรวจวัดค่า กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า DO ที่วัดได้จาก DO sensor และค่า DO ที่วัดได้จาก DO meter แสดงดังรูปที่ ค.2

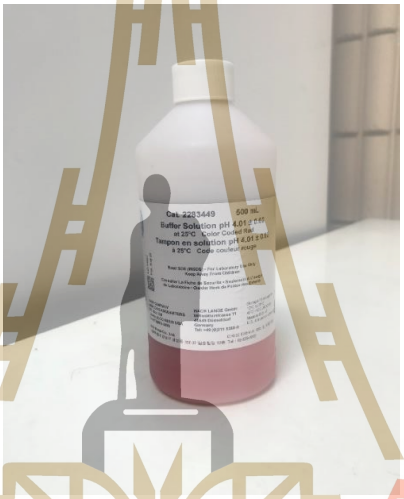
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ ค.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า DO ที่วัดได้จาก DO sensor และค่า DO ที่วัดได้จาก DO meter

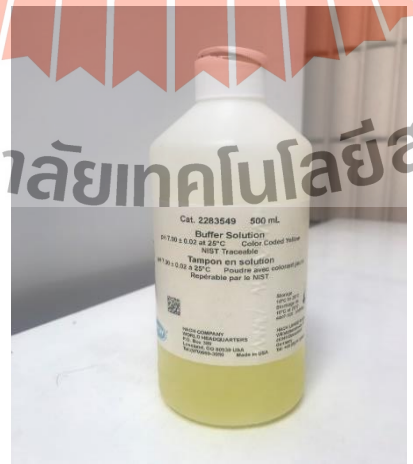
จากรูปที่ ค.2 ได้สมการจากการสอบเทียบที่ต้องนำไปใส่ในโปรแกรม คือ $y = 1.1458x - 0.0283$

ค.2 การสอบเทียบ pH sensor

ทำการสอบเทียบค่า pH โดยใช้ pH sensor จุ่ม Buffer solution pH เป็นสารละลายที่ใช้ควบคุมความเป็นกรดและเบสของสารละลาย หรือสารละลายของกรดอ่อนกับเกลือของกรดอ่อน ซึ่งมีค่า pH คงที่ จำนวน 3 ชนิด คือ Buffer solution pH 4.01 $\pm$ 0.02, Buffer solution pH 7.00 $\pm$ 0.02 และ Buffer solution pH 10.01 $\pm$ 0.02 แสดงดังรูปที่ ค.3, ค.4 และ ค.5 ตามลำดับ เพื่อเปรียบเทียบค่า pH ที่ pH sensor วัดได้จากการจุ่ม Buffer solution pH กับค่า pH จริงของ Buffer solution ค่า pH ที่วัดได้ แสดงดังตารางที่ ค.2



รูปที่ ค.3 Buffer solution pH 4.01 + 0.02



รูปที่ ค.4 Buffer solution pH 7.00 + 0.02

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

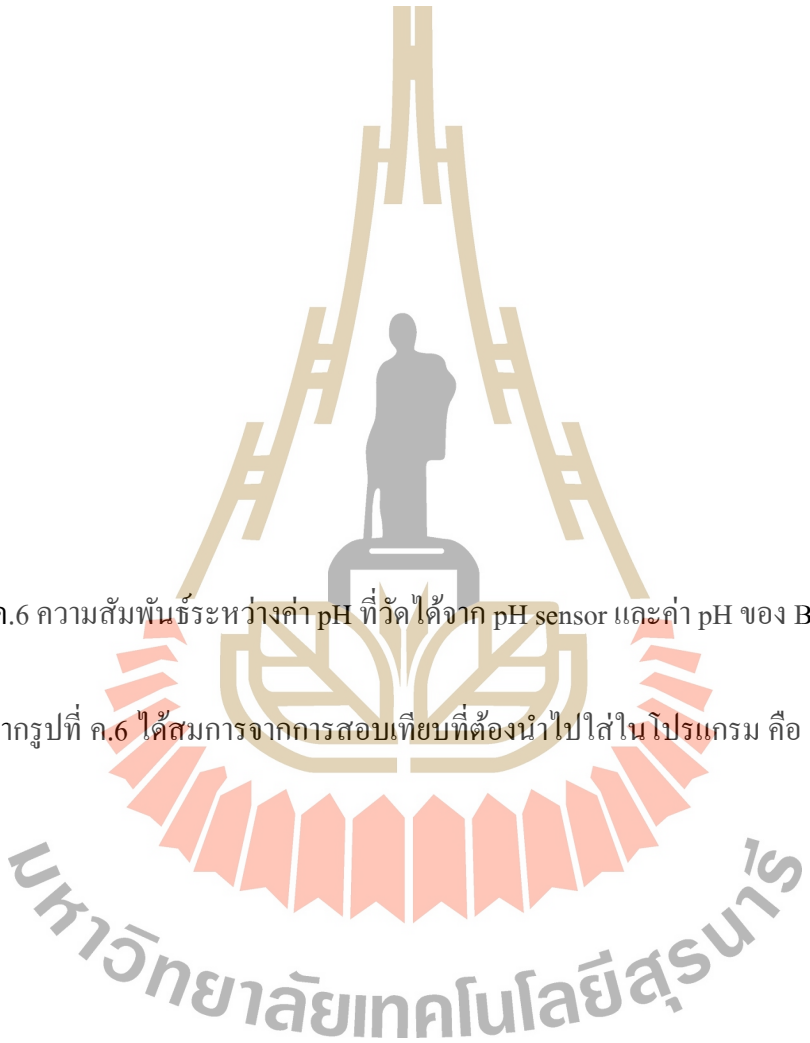
รูปที่ ค.5 Buffer solution pH 10.01 $\pm$ 0.02

ตารางที่ ค.2 ค่า pH ที่วัดได้จากการทดสอบด้วย pH sensor

ค่า pH ที่วัดได้จาก pH sensor	ค่า pH ของ Buffer solution
2.43	4.01
3.68	7.00
4.93	10.01

จากตารางที่ ค.2 นำค่าที่ได้มาพล็อตกราฟ เพื่อทำ Curve-fitting หาสมการที่จะนำไปใส่ในโปรแกรม เพื่อให้ค่าที่วัดได้ออกมาเทียบเท่ากับเครื่องมือวัดที่ใช้ตรวจวัดค่า กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH ที่วัดได้จาก pH sensor และค่า pH ของ Buffer solution แสดงดังรูปที่ ค.6

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ ค.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH ที่วัดได้จาก pH sensor และค่า pH ของ Buffer solution

จากรูปที่ ค.6 ได้สมการจากการสอบเทียบที่ต้องนำไปใส่ในโปรแกรม คือ y = 2.4x - 1.8253

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้เขียน

นางสาวชนาภา เทพเสนา เกิดเมื่อวันที่ 4 พฤศจิกายน 2537 ที่จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหการ) เกียรตินิยมอันดับ 1 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เมื่อสำเร็จการศึกษาได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ณ สถาบันเดิม โดยในขณะศึกษาได้ทำงานเป็นผู้ช่วยสอนและผู้ช่วยวิจัย (TA/RA) และสอนปฏิบัติการ

ผลงานวิจัยในระดับปริญญาโท ได้นำเสนอบทความวิชาการ ดังนี้

1) ชนาภา เทพเสนา, ศิริพงษ์ ปะวะโก และ อาทิตย์ คูณศรีสุข. (2561) **การพัฒนาระบบควบคุมสำหรับระบบการให้อาหารปลาแบบอัตโนมัติ.** การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 32, จังหวัดมุกดาหาร, 3 – 6 กรกฎาคม 2561

2) ชนาภา เทพเสนา และ อาทิตย์ คูณศรีสุข. (2562). **การหาค่าสมรรถนะที่เหมาะที่สุดสำหรับโรงไฟฟ้าโออาร์ซีสำหรับแหล่งความร้อนที่อุณหภูมิ 260˚C 280˚C และ 300˚C.** การประชุมวิชาการการถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อนและกระบวนการ ครั้งที่ 18, โรงแรมกระบี่ฟร้อน เบย์ รี-สอร์ท จังหวัดกระบี่, 20 - 21 มีนาคม 2562

3) ชนาภา เทพเสนา และ อาทิตย์ คูณศรีสุข. (2562). **การออกแบบและวิเคราะห์โรงไฟฟ้าพลังความร้อนที่แหล่งความร้อนอุณหภูมิ 260°C 280°C และ 300°C.** การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 10 (10th Engineering, Science, Technology and Architecture Conference), อาคารขวัญแก้ว มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล จังหวัดนครราชสีมา, 30 สิงหาคม 2562

4) Chanapa Thepsena and Atit Koonsrisuk. (2019). **Performance optimization of a subcritical ORC, supercritical ORC, and trilateral Rankine cycle power plant with a heat source temperature of 260°C 280°C and 300°C.** The 10th TSME International Conference on Mechanical Engineering, A-One The Royal Cruise Hotel, Pattaya, THAILAND, 10 - 13 December 2019