



รายงานโครงการสิ่งประดิษฐ์ปัญญาประดิษฐ์ (AI) เพื่อดูแลสิ่งแวดล้อม (AI กับสิ่งแวดล้อม)
เรื่อง การพัฒนาระบบปรับคุณภาพน้ำทิ้งของโรงอาหารภายในโรงเรียนแม่สะเรียง “บริพัตรศึกษา”
โดยใช้กระบวนการ Electrocoagulation (Ampurifiyaquatronic)

โดย

นายปฏิภาณ ปวงประสาท

นายพีรวิทย์ ปรีสวางค์

นายภูมินทร์ ดวงแก้ว

ครูที่ปรึกษา

นางสาวชนิสรา เสมมหาคักดิ์

นายสิทธิชัย ดวงแสง

โรงเรียนแม่สะเรียง “บริพัตรศึกษา”

สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาแม่ฮ่องสอน

ประเภทสิ่งประดิษฐ์ปัญญาประดิษฐ์ (AI) เพื่อดูแลสิ่งแวดล้อม (AI กับสิ่งแวดล้อม)

ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ชื่อโครงการ	การพัฒนากระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งของโรงอาหารภายในโรงเรียนแม่สะเรียง “บริพัตรศึกษา” โดยใช้กระบวนการ Electrocoagulation (Ampurifyaquatronic)	
ชื่อผู้จัดทำโครงการ	1. นายปฏิภาณ ปวงประสาธ	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
	Email : DARE527420@gmail.com	
	2. นายพีรวิทย์ ปริสาวงศ์	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
	Email : tutor.peerawit@gmail.com	
ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	3. นายภูมินทร์ ดวงแก้ว	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
	Email : Phumin255199@gmail.com	
	โรงเรียนแม่สะเรียง “บริพัตรศึกษา”	
	1. นายสิทธิชัย ดวงแสง	
	2. นางสาวชนิสรา เสมหาคัดดี	

บทคัดย่อ

ปัญหาน้ำเสียจากกิจกรรมโรงอาหารโรงเรียนแม่สะเรียง “บริพัตรศึกษา” โดยเฉพาะจากการล้างภาชนะ มักมีสารอินทรีย์ คราบน้ำมัน และไขมันตกค้างในปริมาณสูง ซึ่งบอดักไขมันทั่วไปยังไม่สามารถบำบัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ นำไปสู่การสะสมของจุลินทรีย์และก่อให้เกิดก๊าซกลิ่นเหม็นส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม คณะผู้จัดทำจึงพัฒนาโครงการระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้ง "Ampurifyaquatronic" โดยประยุกต์ใช้กระบวนการตกตะกอนทางไฟฟ้า (Electrocoagulation) ซึ่งใช้ปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้าเพื่อรวมตะกอนสารแขวนลอยและไขมันโดยไม่ใช้สารเคมี ร่วมกับการควบคุมผ่านบอร์ดสมองกลฝังตัว ESP32 และการใช้ปัญญาประดิษฐ์ (Teachable Machine) ในการตรวจสอบความใสของน้ำจากภาพถ่ายเพื่อเป็นแนวทางในการบำบัดน้ำเสียอย่างยั่งยืนและส่งเสริมนวัตกรรมในสถานศึกษา มีวัตถุประสงค์ คือ 1) ศึกษาและประยุกต์ใช้กระบวนการ Electrocoagulation ในการตกตะกอนสารแขวนลอยและไขมันด้วยปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี 2) พัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติด้วย ESP32 เพื่อรับค่าจากเซนเซอร์ (ความขุ่น, pH, TDS) และควบคุมการจ่ายกระแสไฟผ่าน Relay 3) บูรณาการปัญญาประดิษฐ์ (Teachable Machine) เพื่อตรวจสอบและจำแนกคุณภาพน้ำจากลักษณะทางกายภาพหลังการบำบัด จากการทดสอบระบบ Ampurifyaquatronic ในการบำบัดน้ำเสียโรงอาหาร พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เพิ่มขึ้นจากค่าเฉลี่ย 3.8 เป็น 7.5 (เป็นกลางมากขึ้น) ค่าความนำไฟฟ้า (TDS) ลดลงจาก 1,147.8 mg/L เหลือเพียง 149 mg/L และค่าความขุ่นลดลงจาก 892.6 NTU เหลือเพียง 2,094.2 NTU แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถกำจัดสารอินทรีย์และสารละลายในน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อใช้งานร่วมกับ AI Teachable Machine ในการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ พบว่าสามารถจำแนกคุณภาพน้ำที่ใสขึ้นได้อย่างแม่นยำสอดคล้องตามมาตรฐานการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งและวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

คำสำคัญ

1. กระบวนการ Electrocoagulation
2. ระบบเซนเซอร์ Sensor System
3. ปัญญาประดิษฐ์ (AI)

บทนำ

ที่มาและความสำคัญของโครงการ

น้ำ เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตและระบบนิเวศ อย่างไรก็ตาม กิจกรรมล้างภาชนะในโรงอาหารโรงเรียนแม่สะเรียง “บริพัตรศึกษา” ก่อให้เกิดน้ำทิ้งที่มีสารอินทรีย์ ไขมัน และคราบน้ำมันในปริมาณสูง แม้จะมีบ่อดักไขมันแต่ยังไม่สามารถกำจัดสารอินทรีย์และไขมันขนาดเล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้เกิดการสะสมของของเสียและการย่อยสลายในสภาวะขาดออกซิเจน ก่อให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ ซึ่งกระทบต่อสุขอนามัยและสิ่งแวดล้อมภายในโรงอาหารและบริเวณรอบโรงเรียนการบำบัดน้ำเสียด้วยบ่อดักไขมันเพียงอย่างเดียวจึงยังไม่เพียงพอต่อการแก้ไขปัญหาดังกล่าวอย่างยั่งยืน

ปัจจุบันกระบวนการตกตะกอนทางไฟฟ้า (Electrocoagulation: EC) เป็นเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมเนื่องจากสามารถกำจัดสารอินทรีย์ ไขมัน และสารแขวนลอยได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่ต้องใช้สารเคมีเพิ่มเติมและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เหมาะสมต่อการประยุกต์ใช้ในสถานศึกษา

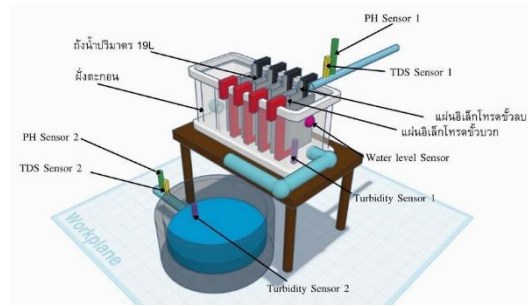
ดังนั้น คณะผู้จัดทำจึงพัฒนาโครงการระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงอาหารโรงเรียนแม่สะเรียง “บริพัตรศึกษา” โดยใช้กระบวนการ Electrocoagulation ร่วมกับการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ผ่านแพลตฟอร์ม Teachable Machine และบอร์ด ESP32 เพื่อศึกษาการทำงานของระบบและตรวจสอบคุณภาพน้ำจากภาพถ่ายหลังการบำบัด โครงการนี้มุ่งลดปัญหาน้ำเสียและกลิ่นไม่พึงประสงค์ พร้อมส่งเสริมการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมอย่างยั่งยืนภายในโรงเรียน พร้อมทั้งส่งเสริมการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมให้แก่ผู้เรียน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหลักการของกระบวนการตกตะกอนทางไฟฟ้า (Electrocoagulation)
2. เพื่อศึกษาการทำงานของบอร์ดสมองกลฝังตัว ESP32 และพัฒนาโปรแกรมควบคุมหลักให้สามารถรับส่งข้อมูลจากเซนเซอร์วัดความขุ่นของน้ำ ความเป็นกรด-ด่างและวัดความนำไฟฟ้าของน้ำ ควบคุมการทำงานของ Relay เพื่อจ่ายกระแสไฟให้กับแผ่นอิเล็กโทรด ได้อย่างแม่นยำ และเสถียร
3. เพื่อศึกษาการทำงานของปัญญาประดิษฐ์ โดยใช้แพลตฟอร์ม Teachable Machine นำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำหลังจากผ่านกระบวนการทำงานของระบบ

ขอบเขตการวิจัย

1. การสร้างและติดตั้งระบบเซนเซอร์เพื่อตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการ Electrocoagulation ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH) ค่าความนำไฟฟ้าของน้ำ และค่าความขุ่นของน้ำ
2. การออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมการปรับปรุงคุณภาพน้ำในกระบวนการ Electrocoagulation โดยใช้บอร์ดสมองกลฝังตัว ESP32 เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ภายในระบบให้ทำงานอย่างถูกต้อง
3. การทดสอบการทำงานของระบบด้วยน้ำทิ้งจากโรงอาหารภายในโรงเรียนแม่สะเรียง “บริพัตรศึกษา” โดยประเมินประสิทธิภาพของระบบจากการเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH) ค่าความนำไฟฟ้าของน้ำ และค่าความขุ่นของน้ำ ก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพน้ำ
4. การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ผ่านแพลตฟอร์ม Teachable Machine ในการตรวจสอบและจำแนกคุณภาพน้ำหลังจากผ่านกระบวนการทำงานของระบบ
5. การออกแบบและพัฒนาเครื่องต้นแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งด้วยกระบวนการ Electrocoagulation ให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งานภายในสถานศึกษา



ภาพที่ 1 ออกแบบเครื่องต้นแบบระบบปรับคุณภาพน้ำทั้งด้วยกระบวนการ Electrocoagulation

การทบทวนวรรณกรรม

แนวคิด ทฤษฎี หลักการที่เกี่ยวข้อง



1. ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือวงจรรวม (IC) ที่สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อรับ-ประมวลผล-ส่งสัญญาณดิจิทัล สำหรับควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ตามคำสั่งที่กำหนดไว้ โดย NodeMCU เป็นแพลตฟอร์มไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับพัฒนาโครงการ Internet of Things (IoT) ที่รวมชุดพัฒนา เฟิร์มแวร์ และโมดูล WiFi (ESP32) ไว้ในตัว สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตและควบคุมอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ต

I/O ได้โดยตรง โดยไม่ต้องใช้วงจรเสริม

2. ความขุ่น (Turbidity) หมายถึง ระดับความโปร่งใสของน้ำที่ถูกกลดลงจากสารแขวนลอย ซึ่งไม่สามารถกรองออกได้ด้วยตะแกรงทั่วไป โดยหน่วยวัด: NTU (Nephelometric Turbidity Unit) มาตรฐานน้ำดื่มของ WHO: ไม่ควรเกิน 5 NTU

3. EC Sensor Turbidity sensor เซ็นเซอร์วัดระดับความขุ่นของน้ำ โดยตรวจสอบจากการนำและหักเหของแสง ทำงานที่แรงดัน 5 โวลต์ ให้เอาต์พุตได้สองแบบ คือ อนาล็อกแรงดันตั้งแต่ 0.4 ถึง 5 โวลต์ และดิจิทัล High / Low



4. Water level Sensor

เซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ ของเหลว แบบไร้สัมผัส
เมื่อน้ำสูงถึงระดับที่เซ็นเซอร์อยู่จะตรวจจับได้ ไฟสถานะสีแดงบนเซ็นเซอร์จะติดให้สัญญาณเอาต์พุตออกมาเป็นค่า 0 หรือ 1

5. TDS Sensor อุปกรณ์สำหรับวัดค่า Total Dissolved Solids (TDS) หรือปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำทั้งหมด โดยวัดจากค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ (Conductivity) เพื่อประเมินคุณภาพน้ำ ความบริสุทธิ์และระดับสารอาหาร มักแสดงผลเป็น หน่วย ppm



6. pH Sensor เซ็นเซอร์วัดค่า pH ใช้วัดระดับความเป็นกรด-ด่างของสารละลายหรือของเหลว โดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าที่เกิดจาก ไอออนไฮโดรเจน (H+) ทำปฏิกิริยากับหัววัดที่เป็นอิเล็กโทรดแก้ว และอิเล็กโทรดอ้างอิง



7. หลักการพื้นฐานของเซลล์อิเล็กโทรเคมี ส่วนประกอบหลัก คือ

- 1) Anode ขั้วบวก ทำหน้าที่ปล่อยอิเล็กตรอนจากสารตัวนำ (oxidation)
- 2) Cathode ขั้วลบ ทำหน้าที่รับอิเล็กตรอน (reduction)
- 3) Electrolyte ตัวกลางที่นำประจุไฟฟ้า เป็นน้ำเสียหรือสารละลายที่ปรับสภาพแล้ว

8. ปฏิกริยา Electrocoagulation ด้วยขั้วไฟฟ้าอะลูมิเนียม เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้า จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ขั้วแอโนด ทำให้อะลูมิเนียมละลายเป็นไอออน Al^{3+} และทำปฏิกิริยากับน้ำเกิดเป็น อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ $Al(OH)_3$ ซึ่งมีลักษณะเป็นฟล็อก สามารถดักจับสารแขวนลอย โลหะหนัก สารอินทรีย์ รวมถึงจุลินทรีย์ในน้ำเสียให้รวมตัวและตกตะกอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะเดียวกันที่ขั้วแคโทดจะเกิดแก๊สไฮโดรเจน (H_2) จากปฏิกิริยารีดักชันของน้ำ ฟองแก๊สช่วยพาอนุภาคตะกอนบางส่วนลอยขึ้นสู่ผิวน้ำผ่านกระบวนการ Bubble Flotation ส่งผลให้การแยกและกำจัดของเสียออกจากรู้น้ำมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

9. AI teachable machine คือเครื่องมือบนเว็บไซต์ที่พัฒนาโดย Google ซึ่งช่วยให้ สามารถสร้าง และฝึกฝนโมเดลปัญญาประดิษฐ์ (AI) หรือ Machine Learning ได้โดยไม่ต้องเขียนโค้ด อาศัยเทคนิค Deep Learning ในการเรียนรู้และจำแนกข้อมูล 3 ประเภทหลัก คือ รูปภาพ เสียง และท่าทาง ผู้ใช้เพียงป้อนตัวอย่างข้อมูลที่ต้องการให้ AI เรียนรู้ จากนั้น Teachable Machine จะดำเนินการฝึกฝนโมเดลให้เสร็จสิ้นและสามารถส่งออกไปใช้งานต่อ ในแอปพลิเคชันหรือเว็บไซต์ได้ทันที

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ณัฐพล กลวิวัฒน์ (2552) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลด้วยระบบรวมตะกอนด้วยไฟฟ้า (Electrocoagulation) ในระบบไหลต่อเนื่อง โดยจัดเรียงขั้วไฟฟ้าแบบโมโนโพลาร์หลายเซลล์ต่อขนาน ใช้ขั้วไฟฟ้า 2 ชนิด ได้แก่ อะลูมิเนียม-แกรไฟต์ และแกรไฟต์-แกรไฟต์ ปรับตัวแปรทดลอง 3 ปัจจัย คือ ชนิดขั้วไฟฟ้า อัตราการไหล (1, 4 และ 6 ลิตร/ชั่วโมง) และกระแสไฟฟ้า (1, 2 และ 3 แอมแปร์) ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพการกำจัดไขมันและน้ำมัน ของแข็งแขวนลอย และค่า COD ขึ้นอยู่กับชนิดขั้วไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า อัตราการไหล และค่า pH โดยสภาวะที่เหมาะสมที่สุดคือ ใช้ขั้วไฟฟ้าอะลูมิเนียม-แกรไฟต์ อัตราการไหล 4 ลิตร/ชั่วโมง และกระแสไฟฟ้า 2 แอมแปร์ ซึ่งให้ประสิทธิภาพการกำจัดไขมันและน้ำมัน ของแข็งแขวนลอย และ COD เท่ากับ 97.58%, 81.74% และ 18.91% ตามลำดับ นอกจากนี้ ระบบสามารถผลิตก๊าซได้ 17.71 มิลลิลิตร/นาที่ ใช้พลังงาน 2.25 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ลูกบาศก์เมตร และน้ำที่ผ่านการบำบัดมีค่า pH = 6.88 ซึ่งอยู่ในช่วงเหมาะสมต่อการปล่อยหรือบำบัดขั้นต่อไป

กฤษฎาภรณ์ รักษ์วงศ์(2555) ศึกษาผลของการปรับสภาพสลัดจ์โดยกระบวนการรวมตะกอนด้วยไฟฟ้า ที่มีต่อการกรองสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสีย แบบแอกทิเวเตดสลัดจ์โดยกระบวนการรวมตะกอนด้วยไฟฟ้าที่มีต่อค่าความต้านทานจำเพาะของการกรอง โดยทำการศึกษานิตของขั้วไฟฟ้า 3 ชนิด คือ อลูมิเนียม-แกรไฟต์ ทองแดง-แกรไฟต์และแกรไฟต์-แกรไฟต์ ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้า 1-4 เซนติเมตร สัดส่วนระหว่างพื้นที่ทำปฏิกิริยาของขั้วไฟฟ้าและปริมาตรสลัดจ์ในถังปฏิกิริยา 3.5-9.5 เมตร-1 ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า 107-427 แอมแปร์ต่อตารางเมตร และความเข้มข้นสลัดจ์ 7,000-13,000 มิลลิกรัมต่อลิตร จากผลการศึกษาพบว่าการใช้ขั้วไฟฟ้าชนิดอลูมิเนียม-แกรไฟต์ ที่ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้า 1 เซนติเมตร สัดส่วนระหว่างพื้นที่ทำปฏิกิริยาของขั้วไฟฟ้าและปริมาตรสลัดจ์ในถังปฏิกิริยา 5.5 เมตร-1 ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า 320 แอมแปร์ต่อตารางเมตร และความเข้มข้นสลัดจ์ 7,000 มิลลิกรัมต่อลิตร จะส่งผลทำให้ค่าความต้านทานจำเพาะของการกรองลดลงมากที่สุดเท่ากับ 4.42×10^{13} เมตรต่อกิโลกรัม ส่วนการปรับสภาพสลัดจ์โดยใช้สารโพลีอิเล็กโทรไลต์ชนิดประจุบวกพบว่าปริมาณสารร้อยละ 0.4 ของปริมาณของแข็งแห้ง และความเข้มข้นสลัดจ์ 7,000 มิลลิกรัมต่อลิตรจะส่งผลทำให้ค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองลดลงมากที่สุดเท่ากับ 1.77×10^{14} เมตรต่อกิโลกรัม ดังนั้นประสิทธิภาพในการปรับสภาพสลัดจ์โดยกระบวนการรวมตะกอนด้วยไฟฟ้าจึงดีกว่าสารโพลีอิเล็กโทรไลต์ชนิดประจุบวก

วดีนาท วรณสวัสดิ์กุล (2568) ศึกษาถึงขยะอัตโนมัติพร้อมเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ พัฒนากล้องอัตโนมัติที่ใช้เทคโนโลยีระบบอัตโนมัติและปัญญาประดิษฐ์ (AI) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการขยะ โดยใช้ ESP32-CAM จับภาพขยะและประมวลผลด้วยโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (CNN) บนแพลตฟอร์ม Teachable Machine จำแนกขยะเป็น 4 ประเภท ได้แก่ ขยะทั่วไป ขยะอันตราย ขยะอินทรีย์ และขยะรีไซเคิล จากนั้นส่งผลลัพธ์ไปยัง Arduino Uno R3 เพื่อควบคุมกลไกคัดแยกด้วยมอเตอร์และเซอร์โวมอเตอร์ พร้อมติดตั้งเซ็นเซอร์อินฟราเรดเพื่อตรวจสอบสถานะถังและแจ้งเตือนเมื่อถังเต็ม การประเมินประสิทธิภาพทดสอบขยะประเภทละ 50 ตัวอย่าง โดยพิจารณา 4 เกณฑ์หลัก ได้แก่ ความถูกต้องของการจำแนก ความถูกต้องของการเคลื่อนย้ายภาชนะ ความสามารถในการหยุดการทำงานเมื่อถังเต็ม และฟังก์ชันการแจ้งเตือน LED ผลการทดลองพบว่าระบบมีความแม่นยำในการจำแนกสูงสุด 99.56% สำหรับขยะอินทรีย์ และต่ำสุด 96.00% สำหรับขยะทั่วไป ขณะที่ความแม่นยำในการนำภาชนะไปยังถังที่ถูกต้องมากกว่า 90% ในทุกประเภท และสูงสุด 100% สำหรับขยะอันตราย ระบบแจ้งเตือนถังเต็มทำงานได้อย่างเสถียรต่อเนื่อง สรุปได้ว่ากล้องอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นช่วยลดข้อผิดพลาดในการจำแนกและเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการขยะได้อย่างมีนัยสำคัญ

อติราช สุขสวัสดิ์ และคณะ (2566) ศึกษาระบบควบคุมสมดุลน้ำอัตโนมัติในบ่อกุ้งโดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งนำเสนอบริบบนควบคุมคุณภาพน้ำในบ่อพักกุ้งโดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) เพื่อควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติในการให้อาหาร แร่ธาตุ การปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และอุณหภูมิของน้ำ ระบบใช้เซ็นเซอร์ตรวจวัดค่าอุณหภูมิ ค่า TDS และค่า pH ส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต แสดงผลผ่านจอ LCD เป็นพิมพ์หน้าบ่อกุ้ง และเว็บแอปพลิเคชัน โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ควบคุมอุปกรณ์ในบ่อกุ้ง และทำงานร่วมกับ Raspberry Pi เพื่อเชื่อมต่อข้อมูลเข้าสู่แพลตฟอร์ม ThingsBoard การทดสอบความถูกต้องของเซ็นเซอร์เปรียบเทียบกับเครื่องมือมาตรฐาน โดยทำการวัดซ้ำ 10 ครั้งภายในระยะเวลา 1 วัน ผลการทดสอบพบว่า เซ็นเซอร์อุณหภูมิมีค่าความผิดพลาด 0.4% เซ็นเซอร์ TDS มีค่าความผิดพลาด 1.4% และเซ็นเซอร์ pH มีค่าความผิดพลาด 1.32% แสดงให้เห็นว่าระบบมีความแม่นยำในการตรวจวัดสูงและเหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมคุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงกุ้งอย่างมีประสิทธิภาพ

Phimmarin Keerin Sakesan Sivilai On-Uma Pramote (2567) SYSTEM FOR MONITORING QUALITY OF FISH FARMING IN CAGES USING PHYSICAL INDICATORS WITH NB-IOT TECHNOLOGY The purpose of this research was to develop a water quality monitoring system for fish cage farming using NB-IoT technology using physical indicators. This system uses power from a small solar panel to supply electricity to the NB-IoT board to measure values from 6 water quality sensors: Temperature, pH, Conductivity (EC), Dissolved Oxygen (DO), Turbidity and Water Level. This data collection results on the AIS Magellan system to display water quality results in a web application and can view past water quality results. It also notifies the results of daily water quality notifications to Line Notify. Evaluation of the system performance is done by comparing the measurement differences between the developed system and the expert using the one-way ANOVA test and studying the user satisfaction of the system

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ศึกษาหลักการของกระบวนการตกตะกอนทางไฟฟ้า การทำงานของบอร์ดสมองกลฝังตัว ESP32 และพัฒนาโปรแกรมควบคุมหลัก ศึกษาการทำงานของปัญญาประดิษฐ์ โดยใช้แพลตฟอร์ม Teachable Machine นำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำหลังผ่านกระบวนการทำงานของระบบปรับคุณภาพน้ำทิ้งของโรงอาหารภายในโรงเรียนแม่สะเรียง “บริพัตรศึกษา” โดยใช้กระบวนการ Electrocoagulation

1. **ระบุปัญหา (Problem Identification)** จากปัญหาของกลิ่นที่มาจากโรงอาหาร มีสาเหตุหลักมาจากน้ำเสียที่มาจากโรงอาหารภายในโรงเรียนแม่สะเรียง “บริพัตรศึกษา” การพัฒนาระบบปรับคุณภาพน้ำโดยใช้กระบวนการ Electrocoagulation ควบคุมการทำงานด้วยบอร์ด

สมองกลฝังตัว ESP-32 (Ampurifiyaquatronic) ที่มีประสิทธิภาพสูง ราคาประหยัด ใช้งานง่าย และมี Teachblemachine ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำหลังผ่าน ระบบจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง

2. การออกแบบวิธีแก้ปัญหา

2.1 วิทยาศาสตร์ ศึกษาหลักการ Electrocoagulation ซึ่งเป็นกระบวนการไฟฟ้าเคมีที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยา Oxidation และ Reduction การเกิดฟล็อก(floc) อะลูมิเนียม วิเคราะห์การเกิด Aluminium hydroxide flocs ที่สามารถดักจับอนุภาคแขวนลอย ตะกอน และไวรัสในน้ำ ปฏิกิริยา Anode-Cathode

Anode : แผ่นอะลูมิเนียมปล่อย Al^{3+} ออกมา เมื่อละลายน้ำจะเกิด $Al(OH)_3$ เป็นตะกอนดักจับ สารแขวนลอย โลหะหนัก และสิ่งสกปรก Cathode : น้ำรับอิเล็กตรอน เกิดก๊าซ H_2 ลอยขึ้น พาสารตกค้างลอยขึ้นผิวน้ำ

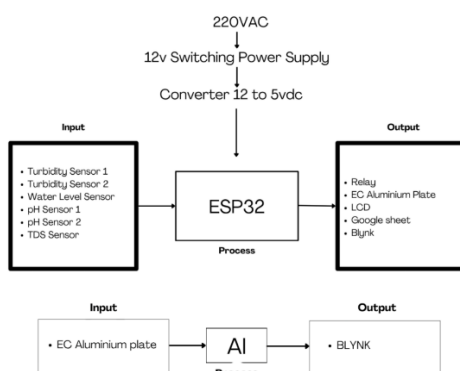
2.2 คณิตศาสตร์

- คำนวณระยะห่างของแผ่นอิเล็กโทรดให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำ
- คำนวณเวลาและค่ากระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดการจับตะกอนอย่างมีประสิทธิภาพ
- เปรียบเทียบค่าความขุ่น (NTU), pH และค่าความนำไฟฟ้าก่อนและหลังพร้อมหาค่าเฉลี่ยเพื่อประเมินผล

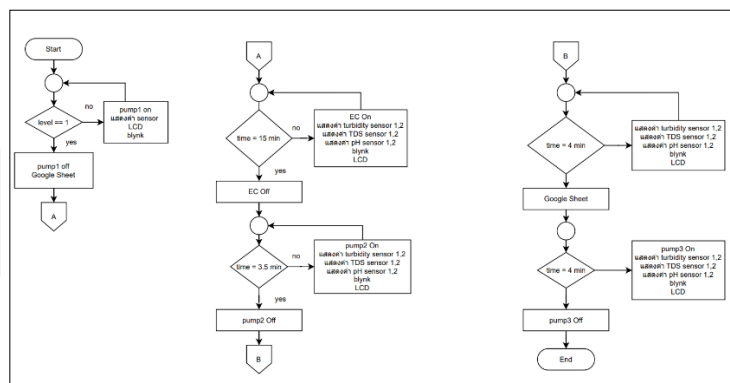
2.3 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)

2.3.1 การออกแบบโปรแกรมการทำงาน

1) ออกแบบการทำงานของโปรแกรมโดยแสดงผ่านบล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของระบบ ปรับคุณภาพน้ำโดยใช้กระบวนการ Electrocoagulation ควบคุมการทำงานด้วยบอร์ดสมองกลฝังตัว ESP-32 (Ampurifiyaquatronic) แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงาน

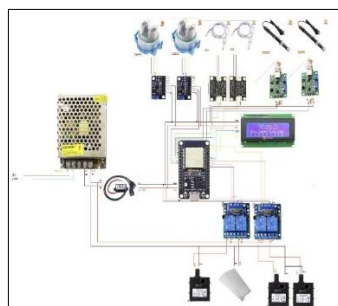


ภาพที่ 3 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงาน

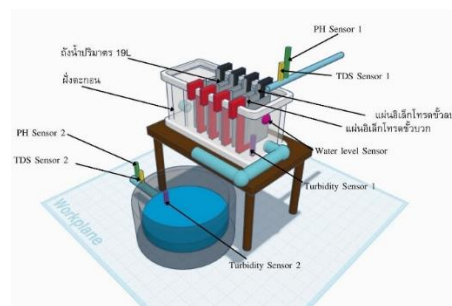
2) แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานระบบปรับคุณภาพน้ำทั้งของโรงอาหารภายในโรงเรียนแม่สะเรียง “บริพัตรศึกษา” โดยใช้กระบวนการ Electrocoagulation (Ampurifiyaquatronic) ดังภาพที่ 3

2.3.2 การออกแบบวงจรระบบควบคุมการทำงาน แสดงดังภาพที่ 4

2.3.3 การออกแบบโครงสร้างชิ้นงานและการกำหนดขนาด แสดงดังภาพที่ 5

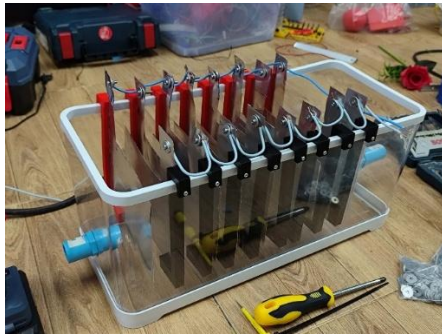


ภาพที่ 4 Wiring Diagram

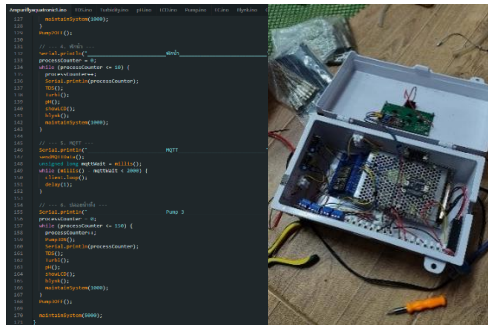


ภาพที่ 5 ภาพโครงสร้างชิ้นงานแบบ 3 มิติ

2.3.4 สร้างระบบปรับคุณภาพน้ำ โดยใช้กระบวนการ Electrocoagulation ควบคุมการทำงานด้วยบอร์ดสมองกลฝังตัว ESP-32 (Ampurifiyaquatronic) แสดงดังภาพที่ 6 – ภาพที่ 7



ภาพที่ 6 ประกอบและต่อวงจรสำหรับแผ่นอะลูมิเนียม (แผ่นอิเล็กโทรด)



ภาพที่ 7 เขียนโปรแกรมและทดสอบวงจรใช้งาน ภาพที่ 8 ระบบปรับคุณภาพน้ำ Ampurifiyaquatronic

3.4 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

3.4.1) ออกแบบการทดสอบประสิทธิภาพระบบปรับคุณภาพน้ำ โดยใช้กระบวนการ Electrocoagulation และใช้ AI teachable machine ตรวจสอบและประเมินผลคุณภาพน้ำหลังผ่านระบบ ควบคุมการทำงานด้วยบอร์ดสมองกลฝังตัว ESP-32 (Ampurifiyaquatronic) โดยตรวจวัดสภาพความขุ่นของน้ำก่อนและหลังใช้ระบบปรับคุณภาพน้ำ จากท่อน้ำทิ้งบริเวณโรงอาหารของ โรงเรียนแม่สะเรียง “บริพัตรศึกษา” จำนวน 5 ครั้ง

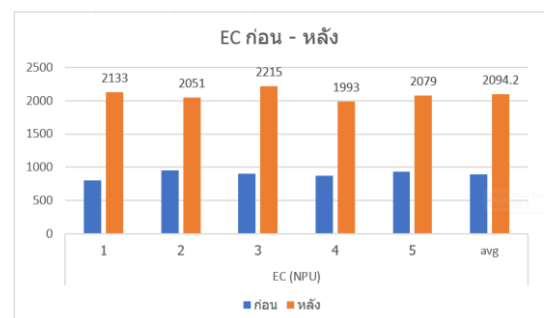
3.4.2) ออกแบบการวัดประสิทธิภาพของน้ำโดยใช้ AI ประเมินผลคุณภาพน้ำหลังผ่านระบบ Ampurifiyaquatronic โดยตรวจวัดหลังใช้ระบบปรับคุณภาพน้ำ จากท่อน้ำทิ้งบริเวณโรงอาหารของ โรงเรียนแม่สะเรียง “บริพัตรศึกษา” จำนวน 5 ครั้ง

3.4.3) ออกแบบการเปรียบเทียบการวัดค่า pH โดยใช้ pH sensor กับ Indicators โดยตรวจวัดเทียบค่ากรด , กลาง และ เบส 3 ครั้ง

ผลการวิจัย

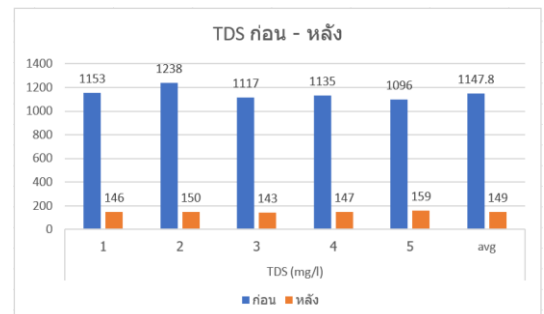
1) ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบปรับคุณภาพน้ำ โดยใช้ กระบวนการ Electrocoagulation และใช้ AI teachable machine ตรวจสอบและประเมินผลคุณภาพน้ำหลังผ่านระบบ ควบคุมการทำงาน ด้วยบอร์ดสมองกลฝังตัว ESP-32 (Ampurifiyaquatronic) โดยตรวจวัด สภาพความขุ่นของน้ำก่อนและหลังใช้ระบบปรับคุณภาพน้ำ จากท่อน้ำทิ้ง บริเวณโรงอาหารของ โรงเรียนแม่สะเรียง “บริพัตรศึกษา” จำนวน 5 ครั้ง แสดงดังกราฟที่ 1

กราฟที่ 1 ผลทดสอบประสิทธิภาพระบบปรับคุณภาพน้ำ โดยใช้เซ็นเซอร์วัดความขุ่น



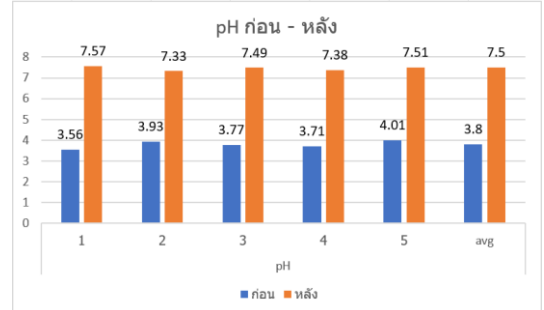
2) ผลการทดสอบการตรวจวัดประสิทธิภาพของน้ำโดยใช้ AI ประเมินผลคุณภาพน้ำหลังผ่านระบบ Ampurifiyaquatronic โดยตรวจวัดหลังใช้ระบบปรับคุณภาพน้ำ จากท่อน้ำทิ้งบริเวณโรงอาหารของโรงเรียนแม่สะเรียง“บริพัตรศึกษา” จำนวน 5 ครั้ง แสดงดังกราฟที่ 2

กราฟที่ 2 ผลการตรวจวัดประสิทธิภาพของน้ำโดยใช้ TDS Sensor



3) ผลการเปรียบเทียบการวัดค่า pH โดยใช้ pH sensor กับ Indicators โดยตรวจวัดเทียบค่า กรด, กลางและเบส แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางการเปรียบเทียบการวัดค่า pH โดยใช้ pH sensor



สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนากระบวนการปรับคุณภาพน้ำทิ้งของโรงอาหารภายในโรงเรียนแม่สะเรียง “บริพัตรศึกษา” โดยใช้กระบวนการ Electrocoagulation ควบคุมการทำงานด้วยบอร์ดสมองกลฝังตัว ESP-32 และตรวจสอบคุณภาพน้ำโดยใช้ AI teachablemachine (Ampurifiyaquatronic) มีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1)เพื่อศึกษาหลักการของกระบวนการตกตะกอนทางไฟฟ้า (Electrocoagulation) 2)เพื่อศึกษาการทำงานของบอร์ดสมองกลฝังตัว ESP32 และพัฒนาโปรแกรมควบคุมหลักให้สามารถ รับส่งข้อมูลจากเซนเซอร์วัดความขุ่นของน้ำ ความเป็นกรด-ด่างและวัดความนำไฟฟ้าของน้ำ ควบคุมการทำงานของ Relay เพื่อจ่ายกระแสไฟให้กับแผ่นอิเล็กทรอนิกส์ ได้อย่างแม่นยำ และเสถียร 3) เพื่อศึกษาการทำงานของปัญญาประดิษฐ์ โดยใช้แพลตฟอร์ม Teachable Machine นำมา ประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำหลังผ่านกระบวนการทำงานของระบบ

1.สรุปและอภิปรายผล

จากการออกแบบและพัฒนาระบบปรับคุณภาพน้ำทิ้งของโรงอาหารภายในโรงเรียนแม่สะเรียง“บริพัตรศึกษา” โดยใช้กระบวนการ Electrocoagulation ควบคุมการทำงานด้วยบอร์ดสมองกลฝังตัว ESP-32 และตรวจสอบคุณภาพน้ำโดยใช้ AI teachablemachine (Ampurifiyaquatronic) จากการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องพบว่า ค่าpHของน้ำที่วัดได้จาก pH Sensor จำนวน 5 ครั้ง พบว่าค่าpHของน้ำก่อนผ่านระบบมีค่าเฉลี่ย 3.8 และหลังจากผ่านระบบมีค่าเฉลี่ย 7.5 ค่าความขุ่นของน้ำที่วัดได้จาก EC Sensor Turbidity sensor จำนวน 5 ครั้ง พบว่าค่าความขุ่นของน้ำก่อนผ่านระบบมีค่าเฉลี่ย 892.6 NPU หลังผ่านระบบมีค่าเฉลี่ย 2094.2 NPU ค่าความนำไฟฟ้าที่วัดได้จาก TDS Sensor จำนวน 5 ครั้ง พบว่าค่าความนำไฟฟ้าของน้ำก่อนผ่านระบบมีค่าเฉลี่ย 1147.8 mg/L หลังผ่านระบบมีค่าเฉลี่ย 149 mg/L ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเมื่อน้ำทิ้งจากโรงอาหารผ่านระบบ Ampurifiyaquatronicส่งผลให้ค่า pHมีอัตราเพิ่มขึ้น ค่าความขุ่นของน้ำมีอัตราลดลง และค่าความนำไฟฟ้าของน้ำมีอัตราลดลงและเมื่อใช้งานร่วมกับระบบ AI teachablemachine ในตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของน้ำ แสดงถึงคุณภาพน้ำที่ดีขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยที่อ้างอิงข้างต้น

2. ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินโครงการ

- 2.1 ความซับซ้อนในการออกแบบวงจรไฟฟ้า
- 2.2 การออกแบบวัสดุที่เป็นฉนวนสำหรับกันอุบัติเหตุจากการใช้ไฟฟ้ากับน้ำ
- 2.3 ปัญหาในการเชื่อมต่อระหว่าง NodeMCU ESP-32 กับ เซิร์ฟเวอร์
- 2.4 ปัญหาในการเชื่อมต่อระหว่าง AI teachablemachine กับ เซิร์ฟเวอร์

3. ข้อเสนอแนะเพื่อพัฒนาโครงการ

- 3.1 ควรออกแบบแผ่นอิเล็กทรอนิกส์หลาย ๆ รูปทรงเพื่อหาประสิทธิภาพที่ดีที่สุด
- 3.2 อาจมีการเปลี่ยนใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่สามารถปรับระดับแรงดันได้
- 3.3 อาจมีการใช้ AI เข้ามามีส่วนในการควบคุมการทำงานของระบบ

เอกสารอ้างอิง

ณัฐพล กลวิวัฒน์. (2552). การบำบัดน้ำเสียไบโอดีเซลโดยการรวมตะกอนด้วยไฟฟ้าที่มีการเรียงขั้วไฟฟ้าแบบไมโครหลายเซลล์. [CHULALONGKORN UNIVERSITY THESES AND DISSERTATIONS](https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/67757/) <https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/67757/>

กฤษดาภรณ์ รักษ์วงศ์". (2555). ผลของการปรับสภาพสลัดจ์โดยกระบวนการรวมตะกอนด้วยไฟฟ้า ที่มีต่อการกรองสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสีย. [CHULALONGKORN UNIVERSITY THESES AND DISSERTATIONS](https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/69152/). <https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/69152/>

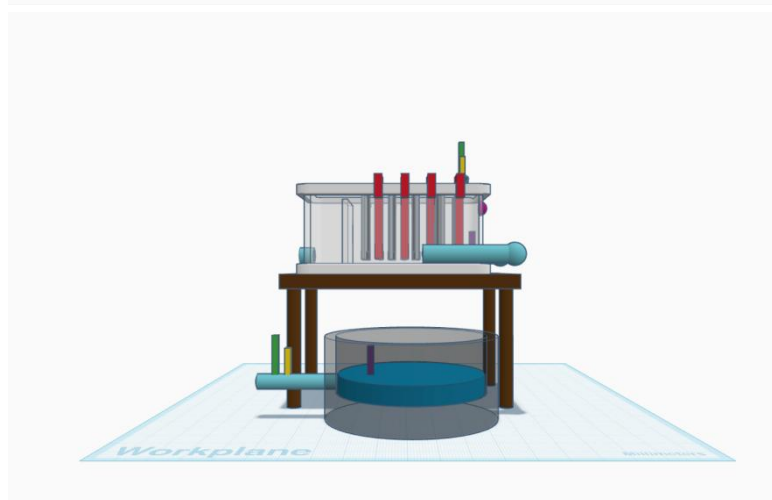
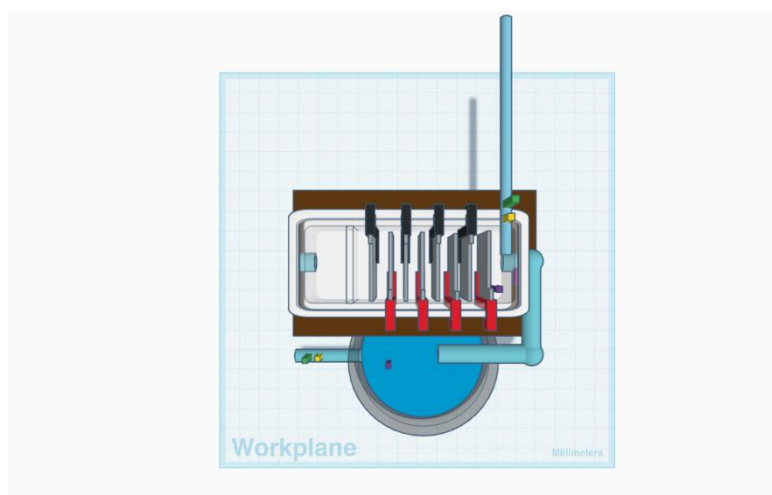
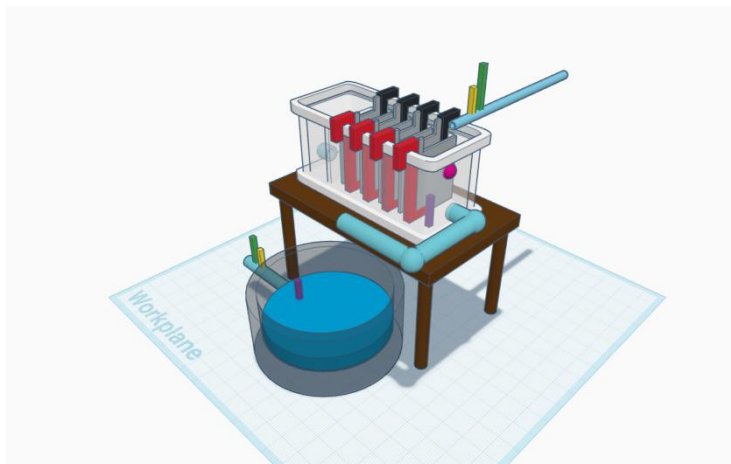
วดีนาท วรรณสวัสดิ์กุล. (2568). ถึงขยะอัตโนมัติพร้อมเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์. [วารสารวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์](https://ph03.tci-thaijo.org/index.php/JFIT/article/view/3708), 3(2), 1-15. <https://ph03.tci-thaijo.org/index.php/JFIT/article/view/3708>

อติราช สุขสวัสดิ์, เณลิมวุฒิ น้อยอุ่นแสน, ปิยะนุช ตั้งกิตติพล, และ จักรพันธ์ ออบมา. (2566). ระบบควบคุมสมดุลน้ำอัตโนมัติในบ่อกุ้งโดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/featkku/article/view/247540>

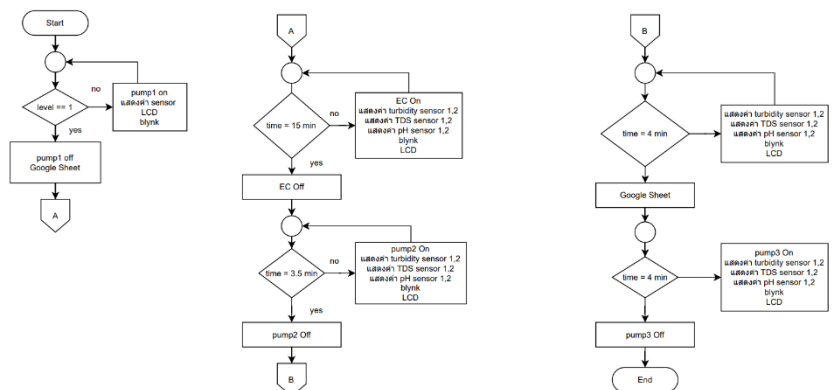
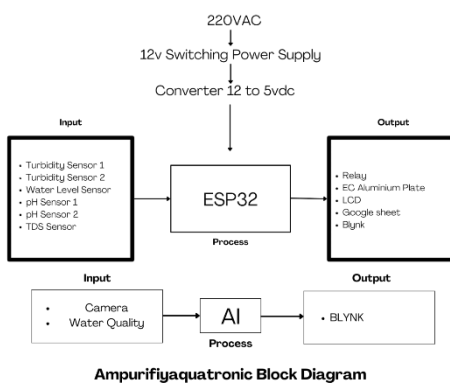
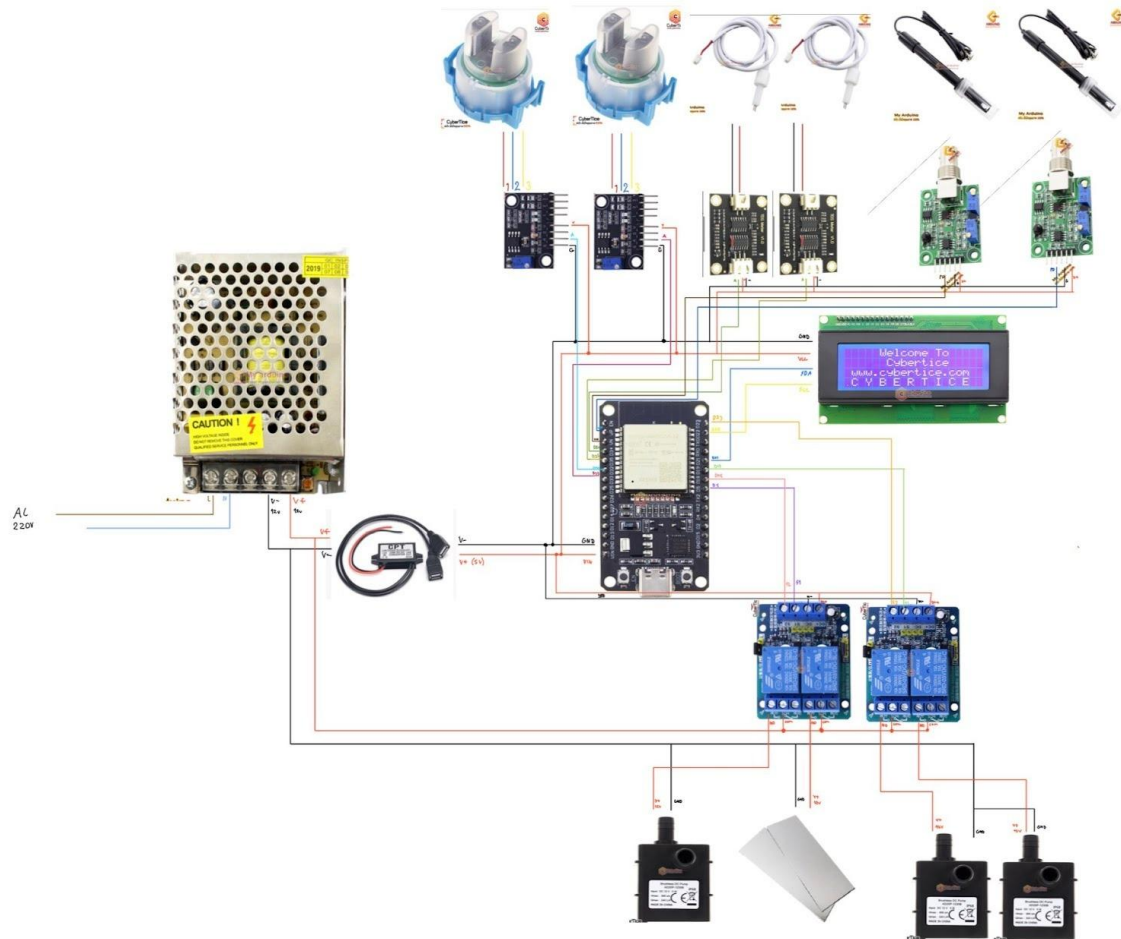
Keerin, P., Sivilai, S., & Pramote, O. (2024). Development of a Water Quality Monitoring System for Fish Cage Farming Using NB-IoT Technology Using Physical Indicators. *VRU Research and Development Journal Science and Technology*, 19(1), 1–14. <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/vrurdistjournal/article/view/267073>

- ภาคผนวก ภาพแสดงขั้นตอนการทำโครงงาน -

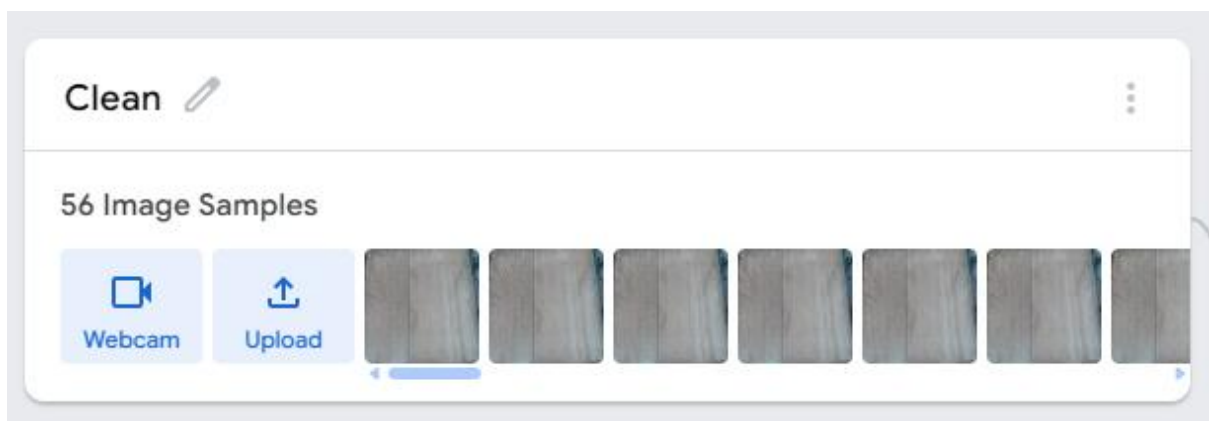
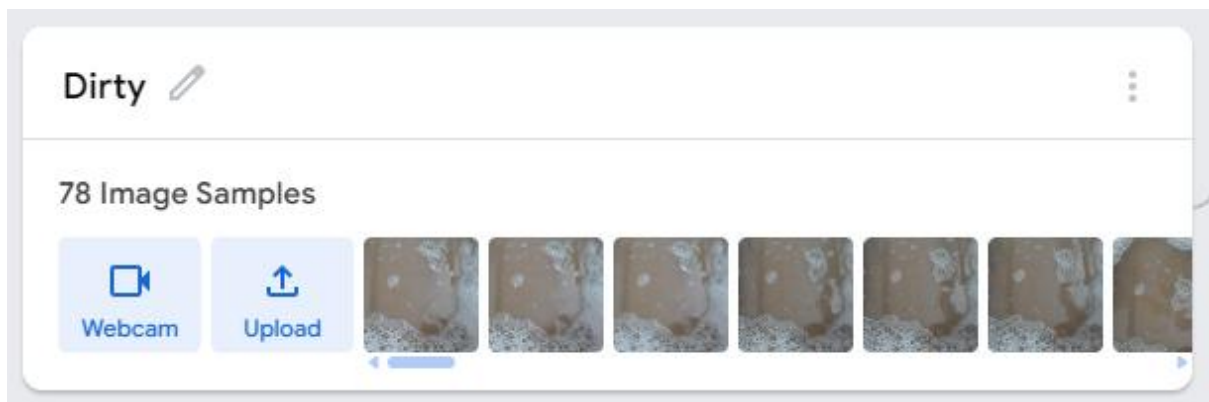
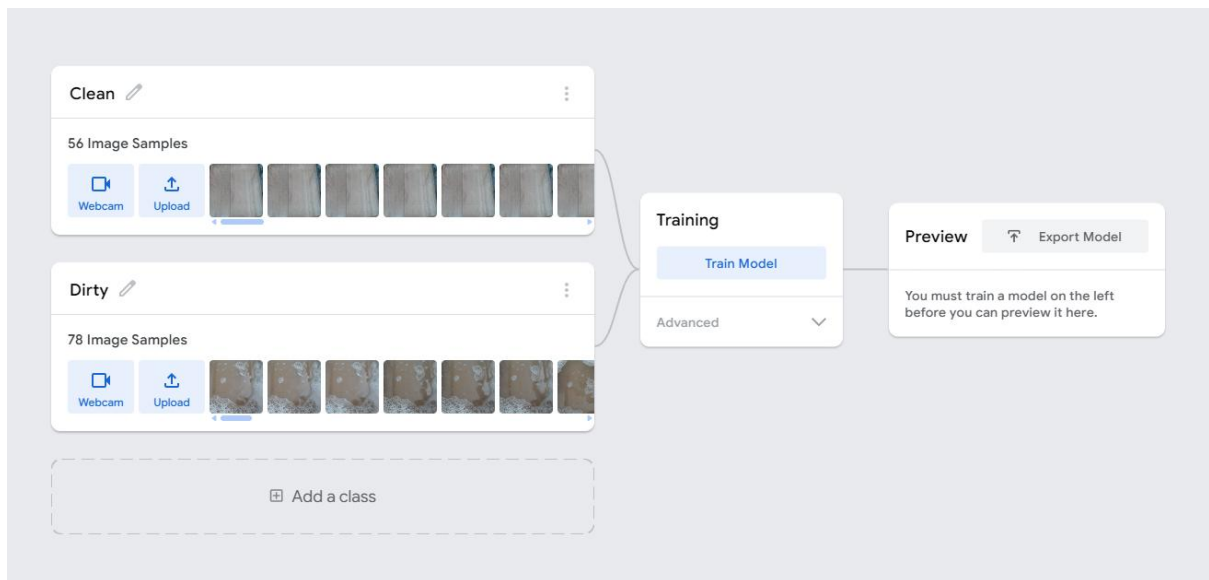
- 1) ออกแบบระบบปรับคุณภาพน้ำ Ampurifyaquatronic โดยใช้โปรแกรม Tinkercad



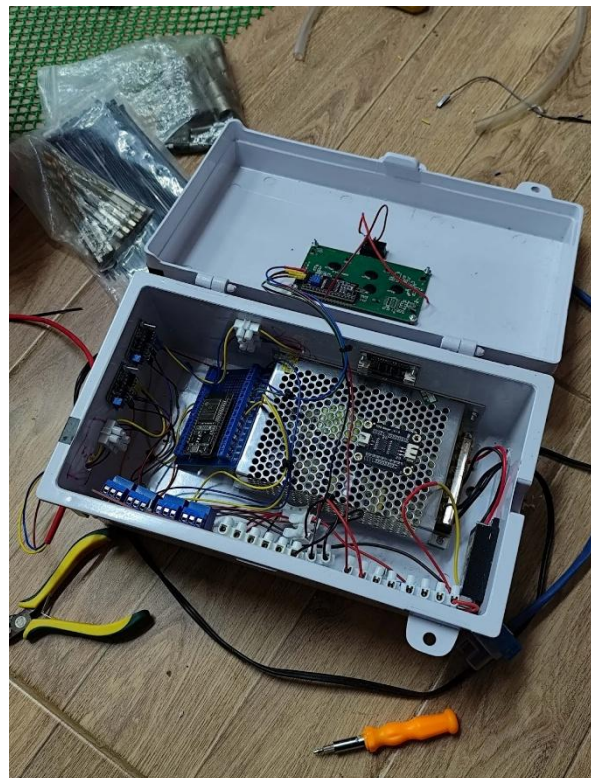
2) ออกแบบวงจร บล็อกไดอะแกรม และFlowchart ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ Ampurifyaquatronic



3) Train AI



4) ขั้นตอนการทำโครงงาน



5) ภาคผนวก ภาพแสดงผลการทดลอง และกราฟ

1) ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบปรับคุณภาพน้ำ โดยใช้กระบวนการ Electrocoagulationและใช้

	pH						EC (NPU)						TDS (mg/l)					
	1	2	3	4	5	avg	1	2	3	4	5	avg	1	2	3	4	5	avg
ก่อน	3.56	3.93	3.77	3.71	4.01	3.8	802	953	908	869	931	892.6	1153	1238	1117	1135	1096	1147.8
หลัง	7.57	7.33	7.49	7.38	7.51	7.5	2133	2051	2215	1993	2079	2094.2	146	150	143	147	159	149

2) ผลการทดสอบการตรวจวัดประสิทธิภาพของน้ำโดยใช้ AI ประเมินผลคุณภาพน้ำหลังผ่านระบบ

Ampurifiyaquatronic

ครั้งที่	ค่าเฉลี่ย			การแสดงผลของ AI
	pH	EC	TDS	
ก่อน	3.8	892.6	1147.8	Dirty
หลัง	7.5	2094.2	149	Clean

3) ผลการเปรียบเทียบการวัดค่า pH โดยใช้ pH sensor กับ Indicators โดยตรวจวัดเทียบค่า กรด,กลาง และ เบส

ครั้งที่	ค่า pH					
	กรด		กลาง		เบส	
	pH sensor	Indicators	pH sensor	Indicators	pH sensor	Indicators
1	3.56	2	7.57	7	8.21	10
2	3.93	2	7.33	7	8.61	10
3	3.78	2	7.49	7	8.57	10

