



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การพัฒนาระบบวัดคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัติ

ดร.เพชรรัตน์ ลิ้มสุปรีyaratน์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทนา ปัญญาวรรณ

ดร.ชาญยุทธ กาฬกาญจน์

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559

มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ 43/2559 (เพิ่มเติม)
สัญญาเลขที่ 43/2559 (เพิ่มเติม)

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การพัฒนาระบบวัดคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัติ

ดร.เพชรรัตน์ ลิ้มสุปรียารัตน์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทนา ปัญญาวารากรณ์
ดร.ชาญยุทธ กาฬกาญจน์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

มิถุนายน 2562

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 43/2559 (เพิ่มเติม) งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจากความช่วยเหลือของผู้ร่วมวิจัยและผู้ช่วยวิจัย ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่เอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับทำงานวิจัยฉบับนี้

หัวหน้าโครงการวิจัย

มิถุนายน 2562

บทคัดย่อ

ระบบติดตามและประเมินคุณภาพน้ำถูกพัฒนาขึ้น เพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำตามแหล่งน้ำธรรมชาติ หรือน้ำที่ปล่อยจากโรงงานอุตสาหกรรม ขั้นตอนการทำงานของระบบฯ เริ่มต้นจากบอร์ด Arduino อ่านค่าจากเซ็นเซอร์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าอุณหภูมิ ค่าออกซิเจนในน้ำ และค่าความนำไฟฟ้า หลังจากนั้น NodeMCU จะเชื่อมต่อไร้สายผ่านสัญญาณ WiFi และเก็บข้อมูลไว้ในฐานข้อมูลสำหรับการเรียกดูผลย้อนหลัง ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถแสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้นทางเว็บแอปพลิเคชันได้ ซึ่งผลการวิเคราะห์สามารถแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ เหตุการณ์ปกติ ฝ้าระวัง และวิกฤติ จากการทดสอบใช้งานจริง พบว่า อุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้เป็นแนวทางการประเมินคุณภาพน้ำเบื้องต้นได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: เซ็นเซอร์ ฐานข้อมูล เว็บแอปพลิเคชัน คุณภาพน้ำ

Abstract

Water quality monitoring and assessment system was developed to analyze physico-chemical properties of natural water resources and water released from industrial factories. The initial operating step was to measure pH, temperature, dissolved oxygen, and conductivity of water by using four sensors. A microcontroller board named “Arduino” retrieves these value from sensors. Then, NodeMCU connected WiFi network to pass on the data and the data was stored in database. By using the developed system, the results obtained from water quality analysis can be displayed on web application which were categorized into three levels: normal, awareness, and crisis situations. The data obtained from the field test demonstrated that this prototype system could be further applied for monitoring and evaluating of water quality trend.

Keywords: sensor, database, web application, water quality

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพ	ณ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	3
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 การนำไฟฟ้าของน้ำ.....	4
2.2 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ.....	5
2.3 โซลาร์เซลล์.....	6
2.4 การส่งสัญญาณแบบไร้สาย.....	7
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	12
3.1 คำนวณแหล่งจ่ายพลังงาน.....	13
3.2 การออกแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์.....	14
3.2.1 การเชื่อมต่อระหว่างเซ็นเซอร์กับ Arduino.....	14
3.2.2 การเชื่อมต่อระหว่าง Arduino กับ NodeMCU.....	15

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.3 การเชื่อมต่อระหว่าง NodeMCU กับฐานข้อมูล.....	15
3.3 ออกแบบฐานข้อมูล.....	16
3.4 ออกแบบหน้าเว็บแอปพลิเคชัน.....	17
3.5 ออกแบบบรรจุภัณฑ์.....	23
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	24
4.1 ทดสอบการทำงานเซ็นเซอร์.....	24
4.1.1 ทดสอบเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ.....	24
4.1.2 ทดสอบเซ็นเซอร์วัดความเป็นกรด-ด่าง.....	28
4.1.3 ทดสอบเซ็นเซอร์วัดค่าความนำไฟฟ้า.....	31
4.1.4 ทดสอบเซ็นเซอร์วัดค่าปริมาณออกซิเจน.....	33
4.2 ทดสอบการแสดงผลบนเว็บแอปพลิเคชัน.....	36
4.2.1 ทดสอบการแสดงผลบนเว็บแอปพลิเคชัน.....	36
4.2.2 ทดสอบการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ.....	37
4.3 ทดสอบการลอยน้ำ.....	38
4.4 ทดสอบแหล่งจ่ายพลังงาน.....	41
4.5 การทดสอบระบบวัดคุณภาพน้ำ.....	42
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	45
ผลผลิต	46
บรรณานุกรม.....	51
ภาคผนวก.....	52

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
1.1 การเก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน และการตรวจสอบคุณภาพน้ำในสนาม.....	1
1.2 การเก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน และนำมาตรวจสอบคุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการ	1
1.3 สถานีรายงานคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัติ ต.ศรีสำโรง จ.สุโขทัย.....	2
2.1 ช่วงความเหมาะสมในการใช้งานค่าความนำไฟฟ้า	5
2.2 ตัวอย่างห้วงวัดค่าความนำไฟฟ้า	5
2.3 ช่วงความเหมาะสมในการใช้งานค่าปริมาณออกซิเจนในน้ำ.....	6
2.4 โซลาร์เซลล์.....	7
2.5 เครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำ.....	8
2.6 ระบบการทำงานของเครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำ	9
2.7 ระบบการทำงานของเครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำ	9
2.8 ระบบการทำงานของเครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำ	10
2.9 ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำที่บริเวณปากแม่น้ำ Sado ประเทศโปรตุเกส	10
2.10 ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ.....	11
3.1 ภาพรวมของระบบวัดคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัติ	12
3.2 แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 20 วัตต์.....	13
3.3 แบตเตอรี่ขนาด 12 แอมแปร์•ชั่วโมง	13
3.4 เครื่องควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ขนาด 10 แอมแปร์	14
3.5 ขั้นตอนการทำงานของระบบวัดคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัติ.....	14
3.6 ผังงานแสดงการเชื่อมต่อระหว่างเซ็นเซอร์กับ Arduino	15
3.7 ผังงานแสดงการเชื่อมต่อระหว่าง NodeMCU กับฐานข้อมูล.....	16
3.8 ER Diagram การจัดเก็บข้อมูลของระบบวัดคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัติ	16
3.9 โครงสร้างของหน้าเว็บแอปพลิเคชัน	17
3.10 หน้าแรกของเว็บแอปพลิเคชัน	17
3.11 ที่มาของโครงงานและภาพรวมของระบบ.....	18
3.12 สถานที่ที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์.....	18
3.13 การรายงานผลแบบเรียลไทม์	19
3.14 ผังงานแสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล	19
3.15 ปุ่มเพื่อใช้แสดงหน้าต่างการวิเคราะห์ข้อมูล	20
3.16 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น (ก) ค่าของน้ำอยู่ในเกณฑ์ปกติ	20
(ข) ค่าของน้ำอยู่ในเกณฑ์เฝ้าระวัง (ค) ค่าของน้ำอยู่ในเกณฑ์วิกฤติ.....	20

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.17 ตารางวิเคราะห์ข้อมูลและตารางแสดงข้อมูลย้อนหลัง	22
3.18 ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าปริมาณออกซิเจนในน้ำ และค่าความนำไฟฟ้า	22
3.19 บรรจุภัณฑ์	23
4.1 การต่อวงจรวัดอุณหภูมิ	24
4.2 วัดอุณหภูมิของน้ำเย็น (ก) เทอร์โมมิเตอร์ (ข) เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ	25
4.3 ผลการวัดอุณหภูมิของน้ำเย็นโดยใช้เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ	26
4.4 วัดอุณหภูมิของน้ำธรรมดา (ก) เทอร์โมมิเตอร์ (ข) เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ	26
4.5 ผลการวัดอุณหภูมิของน้ำธรรมดาโดยใช้เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ	27
4.6 อุณหภูมิของน้ำอุ่น (ก) เทอร์โมมิเตอร์ (ข) เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ	27
4.7 ผลการวัดอุณหภูมิของอุ่นโดยใช้เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ	28
4.8 การต่อวงจรวัดความเป็นกรด-ด่าง	28
4.9 น้ำยาสอบเทียบมาตรฐานที่พีเอชเท่ากับ 4 (ก) วัดค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำยาสอบเทียบมาตรฐาน (ข) ค่าความเป็นกรด-ด่าง	29
4.10 น้ำยาสอบเทียบมาตรฐานที่พีเอชเท่ากับ 7 (ก) วัดค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำยาสอบเทียบมาตรฐาน (ข) ค่าความเป็นกรด-ด่าง	30
4.11 น้ำยาสอบเทียบมาตรฐานที่พีเอชเท่ากับ 10 (ก) วัดค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำยาสอบเทียบมาตรฐาน (ข) ค่าความเป็นกรด-ด่าง	30
4.12 วัดค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำดื่ม โดยใช้เซ็นเซอร์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง	30
4.13 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (ก) น้ำดื่มที่ 1 (ข) น้ำดื่มที่ 2	31
4.14 การต่อวงจรวัดค่าความนำไฟฟ้า	31
4.15 ค่าความนำไฟฟ้า (ก) วัดค่าความนำไฟฟ้าของน้ำยาสอบเทียบมาตรฐาน (ข) ค่าความนำไฟฟ้าของน้ำยา สอบเทียบมาตรฐาน	32
4.16 วัดค่าความนำไฟฟ้าของน้ำดื่มและน้ำประปา โดยใช้เซ็นเซอร์วัดค่าความนำไฟฟ้า	33
4.17 ค่าความนำไฟฟ้า (ก) น้ำดื่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ข) น้ำดื่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (ค) น้ำประปาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	33
4.18 การต่อวงจรวัดค่าปริมาณออกซิเจน	34
4.19 ค่าปริมาณออกซิเจน (ก) วัดค่าปริมาณออกซิเจนของน้ำยาสอบเทียบมาตรฐาน (ข) ค่าปริมาณออกซิเจนของน้ำยาสอบเทียบมาตรฐาน	35
4.20 วัดค่าปริมาณออกซิเจนของน้ำดื่มและน้ำประปา โดยใช้เซ็นเซอร์วัดค่าปริมาณออกซิเจน	35
4.21 ค่าปริมาณออกซิเจน (ก) น้ำดื่ม (ข) น้ำประปา	36

สารบัญญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.22 การแสดงผลแบบเรียลไทม์บนเว็บแอปพลิเคชัน.....	36
4.23 ค่าคุณภาพน้ำแบบเรียลไทม์อยู่ในเกณฑ์ “ปกติ”	37
4.24 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเป็น “ปกติ”	37
4.25 ค่าคุณภาพน้ำแบบเรียลไทม์อยู่ในเกณฑ์ “วิกฤติ”	37
4.26 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเป็น “วิกฤติ”	38
4.27 ติดตั้งบอร์ดกับ Pocket WiFi ลงอุปกรณ์.....	38
4.28 ต่อเซ็นเซอร์เข้ากับตัวบอร์ด.....	39
4.29 ติดตั้งแบตเตอรี่.....	39
4.30 ติดตั้งเครื่องควบคุมการชาร์จ.....	39
4.31 ต่อสายไฟโซล่าเซลล์เข้ากับเครื่องควบคุมการชาร์จ.....	40
4.32 ปิดฝาครอบอุปกรณ์.....	40
4.33 ติดตั้งทุกอย่างครบเรียบร้อย	40
4.34 นำอุปกรณ์ไปลอยในแหล่งน้ำ.....	41
4.35 ทดสอบการลอยน้ำ	41
4.36 ทดสอบแหล่งจ่ายพลังงานแบบกลางแจ้ง.....	42
4.38 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ตั้งแต่วันที่ 3 เมษายน ถึง 5 เมษายน	42
4.39 ค่าปริมาณออกซิเจน ตั้งแต่วันที่ 3 เมษายน ถึง 5 เมษายน 2562	43
4.40 ค่าอุณหภูมิ ตั้งแต่วันที่ 3 เมษายน ถึง 5 เมษายน 2562	43
4.41 ค่าความนำไฟฟ้า ตั้งแต่วันที่ 3 เมษายน ถึง 5 เมษายน 2562.....	44

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 คุณลักษณะและข้อคิดเห็นสำหรับการแก้ไขปัญหาในการพัฒนาเครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำ.....	11
3.1 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	20
3.2 ข้อความที่แสดงในหน้าต่างการวิเคราะห์ข้อมูล.....	21
4.1 ผลการทดสอบเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ.....	24
4.2 ผลการทดสอบเซ็นเซอร์วัดความเป็นกรด-ด่าง.....	29
4.3 ผลการทดสอบเซ็นเซอร์วัดค่าความนำไฟฟ้า.....	32
4.4 ผลการทดสอบเซ็นเซอร์วัดค่าปริมาณออกซิเจน.....	34

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

การตรวจวัดคุณภาพน้ำเป็นการติดตามและตรวจสอบคุณภาพน้ำ ซึ่งมีความสำคัญต่อการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ การตรวจวัดคุณภาพน้ำนั้นเป็นการแสวงหาข้อมูลเพื่อให้ทราบถึงสภาพของคุณภาพน้ำในปัจจุบัน ซึ่งหากสามารถทำการตรวจวัดได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว จะทำให้สามารถทราบถึงปัญหาและ/หรือแนวโน้มของปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต ส่งผลทำให้สามารถหาแนวทางหรือวิธีการในการวางแผนจัดการกับปัญหาคุณภาพน้ำได้อย่างเหมาะสมและทันเวลา ปัญหาใหญ่ของการตรวจวัดคุณภาพน้ำ คือ เมื่อมีการตรวจวัดในพื้นที่ต่างๆ จำเป็นต้องใช้เวลาและกำลังคนเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้การทำงานต้องใช้งบประมาณเป็นจำนวนมากเช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 1.1 และ 1.2



ก) การเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน

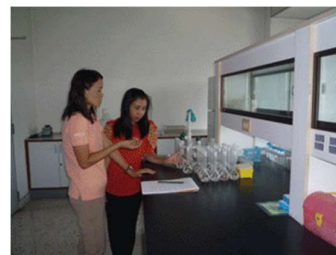


ข) การตรวจสอบคุณภาพน้ำในสนาม

รูปที่ 1.1 การเก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน และการตรวจสอบคุณภาพน้ำในสนาม
(สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 6, 2558)



ก) การเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน



ข) การตรวจสอบคุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการ

รูปที่ 1.2 การเก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน และนำมาตรวจสอบคุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการ
(สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 6, 2558)

อีกทั้งการตรวจวัดด้วยกำลังคนนั้น มีข้อจำกัดที่อาจจะไม่สามารถทำได้อย่างต่อเนื่องและยาวนานมาก เพียงพอต่อการนำข้อมูลไปใช้งาน เช่น การกำหนดให้มีการตรวจวัดคุณภาพน้ำ ณ ตำแหน่งเดิมในทุกๆ 1, 6, 12 หรือ 24 ชั่วโมงเป็นระยะเวลา 1 ปี แล้วนำตัวอย่างน้ำไปตรวจสอบในห้องปฏิบัติการ เป็นต้น ซึ่งปัญหานี้เป็นที่ทราบและเข้าใจในกันโดยทั่วไปในหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวัดคุณภาพน้ำเช่น กรมควบคุมมลพิษ กรมชลประทาน กรมทรัพยากรน้ำ และกรมประมง เป็นต้น ดังนั้นในปัจจุบันหน่วยงานราชการเหล่านั้น ได้แก้ไขปัญหการตรวจวัดคุณภาพน้ำ ด้วยการจัดซื้อเครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำแบบต่างๆ มาใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 1.3 เพื่อลดภาระการทำงานของกำลังคน และงบประมาณที่ใช้ แต่เครื่องมือเหล่านั้นส่วนหนึ่งเป็นการนำเข้าอุปกรณ์มาจากต่างประเทศ และถูกสร้างขึ้นในลักษณะเป็นชุดสำเร็จทำให้มีราคาแพงอีกทั้งมีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาค่อนข้างสูง



รูปที่ 1.3 สถานีรายงานคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัติ ต.ศรีสำโรง จ.สุโขทัย

สำนักงานปลัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (บริษัท กรีน บรริยด์ จำกัด, 2558)

หากสามารถสร้างต้นแบบของเครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัติขึ้นมาใช้งานจะทำให้การตรวจวัดคุณภาพน้ำสามารถกระทำได้อย่างที่ต้องการ มีราคาที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน และการซ่อมแซมบำรุงรักษาไม่ยุ่งยากมากนัก อีกทั้งเป็นการลดการนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศและยังเป็นการพัฒนาองค์ความรู้ด้านการประดิษฐ์ให้กับนิสิตอีกทางหนึ่งด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

- 1) ศึกษามาตรฐานคุณภาพน้ำตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ
- 2) สร้างระบบติดตามการตรวจวัดคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัติผ่านเครือข่ายไร้สาย

1.3 ขอบเขตการวิจัย

- 1) ระบบตรวจวัดคุณภาพของน้ำแบบอัตโนมัติ สามารถวัดค่าอุณหภูมิ ความเป็นกรด-เบส (pH) ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen: DO) และค่าความนำไฟฟ้า (Conductivity)
- 2) ระบบจะส่งข้อมูลไปเก็บไว้ในฐานข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สาย
- 3) การทำงานของระบบถูกกำหนดด้วยการเขียนชุดคำสั่งผ่านบอร์ดควบคุม

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

ดำเนินการวิจัยที่ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย โครงการวิจัยนี้ได้แบ่งวิธีการดำเนินการวิจัยออกเป็น 4 ช่วง โดยแต่ละช่วงมีรายละเอียดดังนี้

- 1) ช่วงการเตรียมการ
 - ศึกษามาตรฐานคุณภาพน้ำตามประกาศของตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ
 - ศึกษาคุณลักษณะของเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัด
- 2) ช่วงการออกแบบ และสร้างต้นแบบเครื่องมือ
 - ออกแบบระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัติ
 - สร้างต้นแบบสำหรับตรวจวัดคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัติ
- 3) ช่วงการทดสอบการใช้งานต้นแบบเครื่องมือ
 - นำต้นแบบเครื่องมือที่สร้างขึ้นไปทดสอบการใช้งาน
- 4) สรุปผลการดำเนินงาน และจัดทำรายงานผลการวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ด้านวิชาการ

ผลการศึกษาทำให้มีความเข้าใจถึงมาตรฐานคุณภาพน้ำตามประกาศของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

ด้านเศรษฐกิจ/พาณิชย์/อุตสาหกรรม

ระบบที่สร้างขึ้นสามารถนำไปผลิตได้ในเชิงพาณิชย์ แต่อาจติดที่ข้อจำกัดว่า หัววัด (Probe) หรือ เซ็นเซอร์ (Sensor) วัดค่าตัวแปรคุณภาพน้ำต่างๆ ที่มีคุณภาพสูง จำเป็นต้องซื้อจากต่างประเทศ แต่ส่วนประกอบอื่นๆ นั้น สามารถหาซื้อได้ในประเทศ

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การนำไฟฟ้าของน้ำ

การนำไฟฟ้า (Conductivity) ของน้ำ เป็นความสามารถในการส่งผ่านกระแสไฟฟ้า ซึ่งเกิดจากการมีสารประกอบอินทรีย์ละลายอยู่ในน้ำ เช่น (i) แอนไอออน (Anion)¹ ของคลอไรด์ ไนเตรต ซัลเฟต และฟอสเฟต หรือ (ii) แคทไอออน (Cation)² ของโซเดียม แมกนีเซียม แคลเซียม เหล็ก และอลูมิเนียม เป็นต้น และสารประกอบอินทรีย์ละลายอยู่ในน้ำ เช่น น้ำมัน ฟีนอล แอลกอฮอล์ และน้ำตาล เป็นต้น นอกจากนี้ความสามารถในการนำไฟฟ้ายังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ โดยน้ำที่มีอุณหภูมิสูงจะมีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำ จึงพบเห็นโดยทั่วไปว่า การวัดค่าการนำไฟฟ้าจะกระทำที่อุณหภูมิ 25°C

ความสามารถในการนำไฟฟ้าของน้ำในลำน้ำธรรมชาติ เช่น ลำธาร หรือแม่น้ำ เป็นต้น จะได้รับผลกระทบโดยตรงจากลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่ซึ่งน้ำไหลผ่าน เช่น น้ำที่ไหลผ่านพื้นที่ที่มีลักษณะท้องน้ำเป็นหินแกรนิต จะทำให้มีแนวโน้มที่ค่าความสามารถในการนำไฟฟ้าของน้ำจะมีค่าต่ำกว่าน้ำปกติ เนื่องจากองค์ประกอบต่างๆ ของหินแกรนิตเกิดการละลายในน้ำจะไม่มีการแตกตัวเป็นไอออน (หินแกรนิตมีองค์ประกอบเป็นแร่ธาตุที่ไม่แตกตัวเป็นไอออน) หรือหากน้ำไหลผ่านบริเวณที่มีลักษณะเป็นดินเหนียว จะทำให้มีแนวโน้มที่ค่าความสามารถในการนำไฟฟ้าของน้ำจะมีค่าสูงกว่าน้ำปกติ เพราะองค์ประกอบต่างๆ ของดินเหนียวเกิดการละลายในน้ำจะมีการแตกตัวเป็นไอออน (ผิวของอนุภาคดินเหนียวเป็นประจุลบ เนื่องจากลักษณะโครงสร้างและแร่ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของดินเหนียว) ส่วนความสามารถในการนำไฟฟ้าของน้ำใต้ดินก็มีลักษณะเช่นเดียวกัน โดยขึ้นอยู่กับลักษณะทางธรณีวิทยาที่ชั้นน้ำใต้ดินนั้นถูกเก็บกัก หรือไหลผ่าน

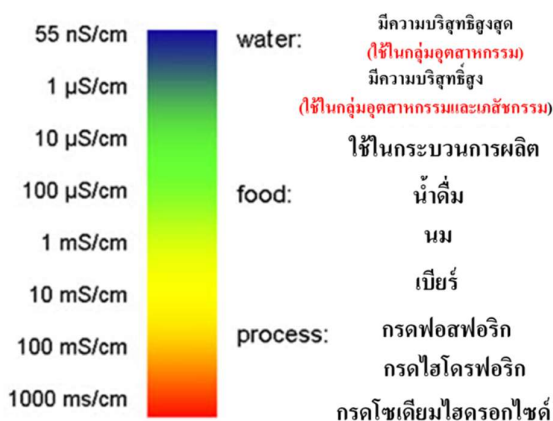
หน่วยพื้นฐานที่ใช้วัดการนำไฟฟ้า คือ โมห์ (mho) หรือ ซีเมนส์ (siemens) ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำมีค่าน้อย ดังนั้น การวัดค่าการนำไฟฟ้าจะวัดในหน่วยพื้นฐานต่อระยะทาง เช่น ไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร ($\mu\text{mhos/cm}$) หรือ ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ($\mu\text{s/cm}$) ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำกลั่นมีค่าอยู่ระหว่าง 0.5 - 3 $\mu\text{mhos/cm}$ ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในสภาพธรรมชาติ เช่น แม่น้ำในประเทศสหรัฐอเมริกาส่วนใหญ่มีค่าอยู่ระหว่าง 50 - 1,500 $\mu\text{mhos/cm}$ จากผลการศึกษาแหล่งน้ำจืดต่างๆ ในประเทศสหรัฐอเมริกา ได้แสดงให้เห็นว่า หากน้ำในแม่น้ำมีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 150 - 500 $\mu\text{mhos/cm}$ จะเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของปลา แต่หากค่าการนำไฟฟ้าไม่อยู่ในช่วงดังกล่าวอาจมีผลต่อปลาบางสายพันธุ์ และสัตว์ที่ไม่มีมีกระดูกสันหลังน้ำจืด สำหรับน้ำที่ใช้เพื่อการอุตสาหกรรม อาจมีค่าการนำไฟฟ้าสูงมากได้ถึง 10,000 $\mu\text{mhos/cm}$ (U.S.

¹ แอนไอออน คือ ไอออนที่มีประจุลบ

² แคทไอออนคือไอออนที่มีประจุบวก

Environmental Protection Agency, 2558) โดยค่าความนำไฟฟ้าจะแบ่งการใช้งานตามความเหมาะสม ดังรูปที่ 2.1

วิธีการวัดค่าการนำไฟฟ้า คือ การใช้หัววัด (Probe) ดังแสดงในรูปที่ 2.2 โดยการจุ่มหัววัดลงไปในตัวอย่งน้ำที่ต้องวัดการนำไฟฟ้า แล้วจึงใส่แรงดันไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้าสองขั้วในหัววัด การลดลงของแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากหัววัดทั้งสองเกิดจากการต้านทานของน้ำ ซึ่งจะนำค่าที่วัดได้ไปคำนวณค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ หากเครื่องวัดเป็นเครื่องที่สามารถคำนวณได้โดยอัตโนมัติ เครื่องจะแปลงค่าการลดลงของแรงดันไฟฟ้าเป็นค่าการนำไฟฟ้าและแสดงผลให้ทราบได้ทันที



รูปที่ 2.1 ช่วงความเหมาะสมในการใช้งานค่าความนำไฟฟ้า

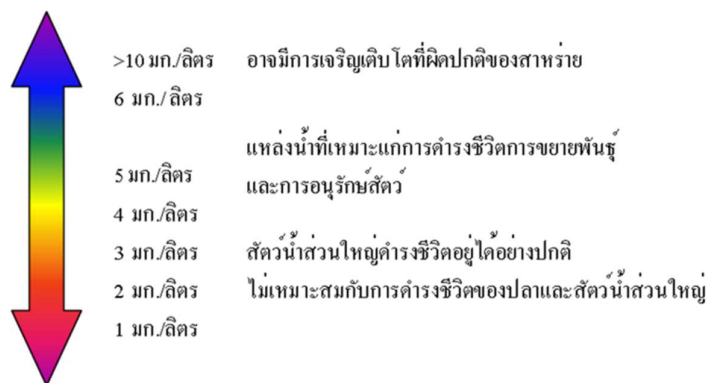


รูปที่ 2.2 ตัวอย่างหัววัดค่าความนำไฟฟ้า (Conductivity Probe) (Atlas Scientific)

2.2 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen)

ออกซิเจนเป็นสิ่งสำคัญที่สุดในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทั้งคน สัตว์ และพืช เนื่องจากต้องการออกซิเจนเพื่อการหายใจและเจริญเติบโต ปริมาณออกซิเจนในน้ำขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น อุณหภูมิ ระดับความสูง และความเค็ม เป็นต้น น้ำอุ่นจะละลายออกซิเจนได้น้อยกว่าน้ำเย็น ในทำนองเดียวกันน้ำที่พบในระดับที่มีความสูงกว่าจะละลายออกซิเจนได้มากกว่าน้ำที่พบในพื้นที่ต่ำ สัตว์น้ำจะเสี่ยงต่อการขาดแคลนออกซิเจนมากกว่าสัตว์บก ในช่วงเวลาเช้ามืดก่อนดวงอาทิตย์ขึ้นปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะมีค่าต่ำสุดแล้วค่อยๆ เพิ่มขึ้นในตอนกลางวันจนมีค่าสูงสุดในตอนบ่าย เนื่องมาจากการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอน

พืช ส่วนในตอนกลางคืนไม่มีกระบวนการสังเคราะห์แสงเกิดขึ้น สิ่งมีชีวิตต่างๆ ที่อาศัยอยู่ในน้ำมีแต่การใช้ ออกซิเจนเพื่อการหายใจ ทำให้ออกซิเจนค่อยๆ ลดลงอีกครั้ง ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีช่วงความเหมาะสมในการใช้งานดังแสดงในรูปที่ 2.3 ดังนั้นการควบคุมและป้องกันไม่ให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำลดลงอยู่ในระดับต่ำจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง (ชูกิจ ลิ้มปิจำนงค์, 2018)



รูปที่ 2.3 ช่วงความเหมาะสมในการใช้งานค่าปริมาณออกซิเจนในน้ำ
(ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2547)

2.3 โซลาร์เซลล์ (Solar Cell)

โซลาร์เซลล์ หรือ เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) เป็นสิ่งประดิษฐ์กรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ ที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยการนำสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิกอน เป็นต้น ซึ่งมีราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดบนพื้นโลกมาผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อผลิตให้เป็นแผ่นบางบริสุทธิ์ โดยเมื่อแสงตกกระทบบนแผ่นซิลิกอน รังสีของแสงที่มีอนุภาคของพลังงานประกอบที่เรียกว่า “โฟตอน (Proton)” จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอน (Electron) ในสารกึ่งตัวนำ จนมีพลังงานมากพอที่จะกระโดดออกมาจากแรงดึงดูดของอะตอมและเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ดังนั้นเมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ครบวงจรจะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรงขึ้น ซึ่งช่วงเวลากลางวันเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมในการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ผลิตไฟฟ้ามากที่สุด (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2558) รูปที่ 2.4 แสดงตัวอย่างของแผงโซลาร์เซลล์

โซลาร์เซลล์ถูกสร้างขึ้นมาครั้งแรกในปี ค.ศ. 1954 (พ.ศ. 2497) โดย แชปปีน (Chapin) ฟูลเลอร์ (Fuller) และเพียสัน (Pearson) แห่งเบลล์เทเลโฟน (Bell Telephone) โดยทั้ง 3 ท่านนี้ได้ค้นพบเทคโนโลยีการสร้างรอยต่อพี-เอ็น (P-N) แบบใหม่ โดยวิธีการแพร่สารเข้าไปในผลึกของซิลิกอน จนได้เซลล์แสงอาทิตย์อันแรกของโลก ซึ่งมีประสิทธิภาพเพียง 6 เปอร์เซ็นต์ ปัจจุบันนี้เซลล์แสงอาทิตย์ได้ถูกพัฒนาขึ้นจนมีประสิทธิภาพสูงกว่า 15 เปอร์เซ็นต์แล้ว ในระยะแรกเซลล์แสงอาทิตย์ส่วนใหญ่จะใช้สำหรับโครงการด้านอวกาศ ดาวเทียมหรือยานอวกาศที่ส่งจากพื้นโลกไปโคจรในอวกาศ ก็ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้า ต่อมาจึงได้มีการนำเอาแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้บนพื้นโลก

โซลาร์เซลล์ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอน จะแบ่งตามลักษณะของผลึกที่เกิดขึ้น คือ แบบที่เป็น รูปผลึก (Crystal) และแบบที่ไม่เป็นรูปผลึก(Amorphous) แบบที่เป็นรูปผลึก จะแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิคอน (Single Crystalline Silicon Solar Cell) และ ชนิดผลึกรวมซิลิคอน (Poly Crystalline Silicon Solar Cell) แบบที่ไม่เป็นรูปผลึกคือชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell)
2. กลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารประกอบที่ไม่ใช่ซิลิคอน เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงถึง 25 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป แต่มีราคาสูงมาก ไม่นิยมนำมาใช้บนพื้นโลก จึงใช้งานสำหรับดาวเทียมและระบบรวมแสงเป็นส่วนใหญ่



รูปที่ 2.4 โซลาร์เซลล์ (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2558)

2.4 การส่งสัญญาณแบบไร้สาย (Wireless Transmission)

การส่งสัญญาณแบบไร้สาย เป็นการถ่ายโอนข้อมูลระหว่าง 2 ตำแหน่งหรือมากกว่า โดยไม่ได้เชื่อมต่อกันด้วยตัวนำไฟฟ้าใดๆ การส่งสัญญาณแบบไร้สายแบ่งได้ 3 รูปแบบ ได้แก่ คลื่นวิทยุ (Radio Waves) ไมโครเวฟ (Microwaves) และอินฟราเรด (Infrared)

โครงการวิจัยนี้ใช้การส่งสัญญาณแบบคลื่นวิทยุ ซึ่งมีองค์ประกอบหลักของการสื่อสารแบบไร้สาย ดังต่อไปนี้

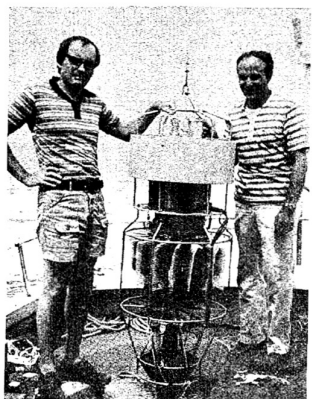
1. ข้อมูล (Data) สามารถถูกส่งแบบไร้สาย โดยสัญญาณจะผสมไปกับคลื่นวิทยุ ซึ่งคลื่นวิทยุเป็นแค่ส่วนหนึ่งในสเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงที่เรียกว่า “ความถี่วิทยุ (Radio Frequency)” ข้อมูลทุกชนิดสามารถถูกส่งโดยใช้ความถี่วิทยุ
2. โมดูเลชัน/ดีโมดูเลชัน (Modulation/ Demodulation) ข้อมูลจะถูกส่งผสมไปคลื่นความถี่วิทยุ โดยกระบวนการโมดูเลชัน เมื่อได้รับคลื่นสัญญาณจะผ่านกระบวนการดีโมดูเลชัน เพื่อแยกเอาข้อมูลออก
3. สถานีฐาน (Base Station) ภายในแต่ละเซลล์จะมีสถานีฐาน ซึ่งจะส่งและรับสัญญาณสื่อสาร
4. เซลล์ (Cells) เป็นการแบ่งพื้นที่ออกเป็นส่วนย่อยๆ ขั้วสารจะถูกส่งภายในเซลล์ไปที่เป้าหมายภายในเซลล์เท่านั้น
5. อุปกรณ์ส่งสัญญาณและอุปกรณ์รับสัญญาณ คลื่นความถี่วิทยุพร้อมด้วยข้อมูลข่าวสารจะถูกส่งโดยอุปกรณ์ส่งสัญญาณ (Transmitters) และอุปกรณ์รับสัญญาณ (Receivers)

ข้อดีของเทคโนโลยีไร้สาย คือ ช่วยลดปัญหาในการติดตั้งและการวางสายระบบเครือข่าย เพราะไม่มีความจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์และสายเคเบิลในการรับส่งสัญญาณ ทำให้ระบบมีความสามารถในการรับส่งข้อมูลในระยะไกลได้เป็นอย่างดี

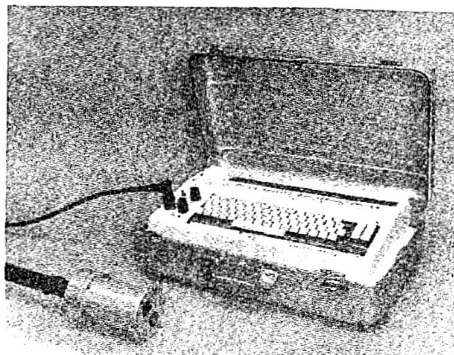
ข้อเสียของเทคโนโลยีไร้สาย คือ มีอัตราการลดทอนสัญญาณสูง และมีสัญญาณรบกวนมาก อีกทั้งหากใช้สัญญาณคลื่นความถี่เดียวกัน ต้องมีการแบ่งการใช้งานของสัญญาณ ตัวอย่างเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สายในปัจจุบัน เช่น IEEE 802.11, Global Positioning System (GPS), Wireless Access Protocol (WAP), เทคโนโลยี 3G และ 4G เป็นต้น

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature Review)

ระบบอัตโนมัติเพื่อการตรวจวัดคุณภาพน้ำได้มีการเริ่มพัฒนามาตั้งแต่ช่วง ค.ศ. 1980 โดยถูกพัฒนาขึ้น เพื่อนำมาใช้ในการตรวจวัดคุณภาพน้ำแทนการใช้แรงงานคน เช่น Osborne et al. (1981) ได้พัฒนาเครื่องมือที่ใช้สำหรับการวัดคุณภาพน้ำที่ระดับความลึก 100 ฟุต การทำงานอาศัยวงจรถออิเล็กทรอนิกส์ และเซ็นเซอร์วัดคุณภาพน้ำต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความดัน และค่าการนำไฟฟ้า เป็นต้น อาจเนื่องด้วยข้อจำกัดในเรื่องการพัฒนาอุปกรณ์ในช่วงเวลานั้น ทำให้เครื่องมือที่ถูกสร้างขึ้นนั้นยังคงมีขนาดใหญ่ และมีน้ำหนักรวมทั้งชุดประมาณ 150 ปอนด์ ดังแสดงในรูปที่ 2.5 และระบบการทำงานของเครื่องมือใช้วิธีการรับส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ควบคุมแสดงในรูปที่ 2.6 เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถทำงานได้ต่อเนื่อง 14 วัน ซึ่งทำให้ข้อมูลที่ตรวจวัดได้มีความยาวนานและต่อเนื่องมากขึ้น โดยเครื่องมือสามารถตรวจวัดได้มากกว่า 12,000 ข้อมูล

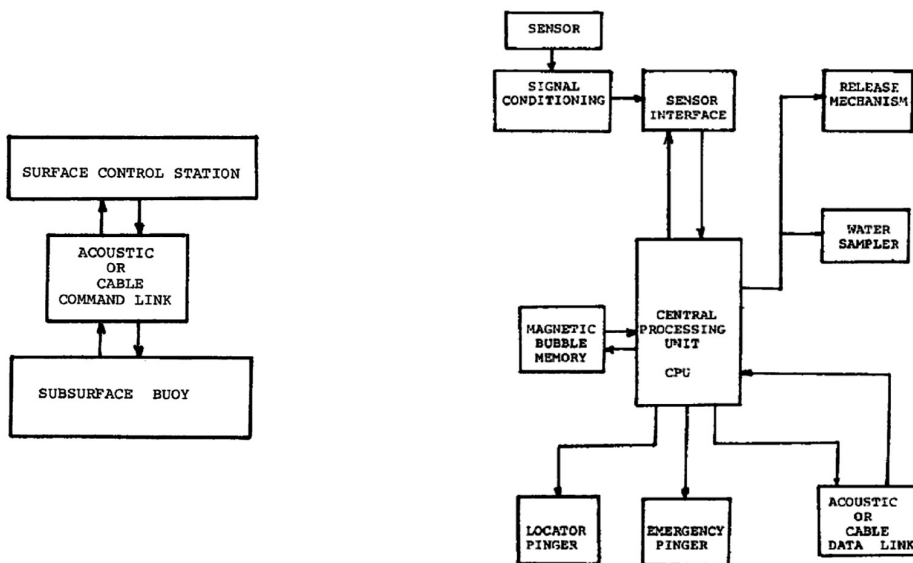


ก) Subsurface Buoy Set



ข) Surface Control Station

รูปที่ 2.5 เครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำ (Osborne et al. 1981)

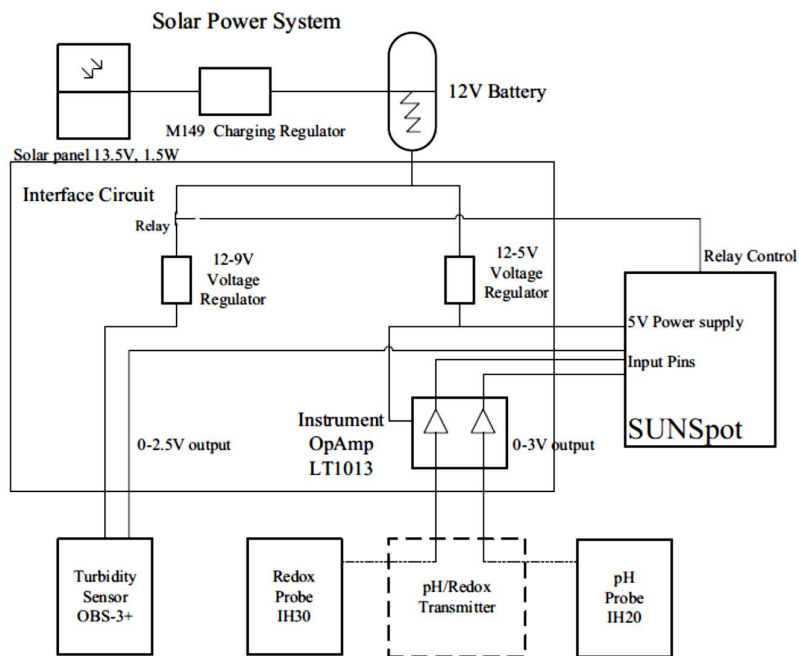


ก) System Block Diagram

ข) Subsurface Buoy Block Diagram

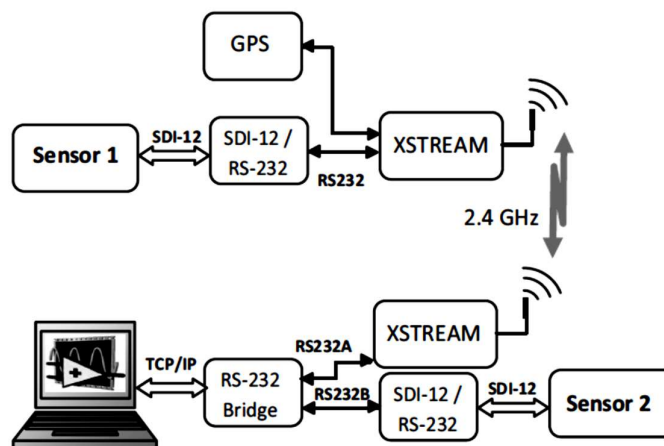
รูปที่ 2.6 ระบบการทำงานของเครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำ (Osborne et al. 1981)

Yue and Ying (2011) ได้พัฒนาระบบเครือข่ายติดตามคุณภาพน้ำโดยใช้เซ็นเซอร์ชนิดไร้สาย (Wireless Sensor Network: WSN) และอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์จากแผ่นโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งไว้ ลักษณะของระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นดังแสดงในรูปที่ 2.7 การรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องตรวจวัด และเครื่องควบคุมจะใช้เทคโนโลยี WSN IEEE 802.15.4 ข้อมูลคุณภาพน้ำที่วัดได้ เช่น ความเป็นกรด-ด่าง และความขุ่น เป็นต้น



รูปที่ 2.7 ระบบการทำงานของเครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำ (Yue and Ying, 2011)

Damian et al. (2012) ได้พัฒนาเครื่องมือและระบบวัดคุณภาพน้ำโดยใช้ระบบสายเคเบิลและระบบไร้สาย ซึ่งระบบสายเคเบิลได้เลือกใช้โปรโตคอล SDI-12 ส่วนระบบไร้สายได้เลือกใช้ XSTREAM RF modems รูปที่ 2.8 แสดงภาพรวมของระบบฯ ข้อมูลคุณภาพน้ำที่วัดได้ เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ความขุ่น และความเค็ม เป็นต้น



รูปที่ 2.8 ระบบการทำงานของเครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำ (Damian et al. 2012)

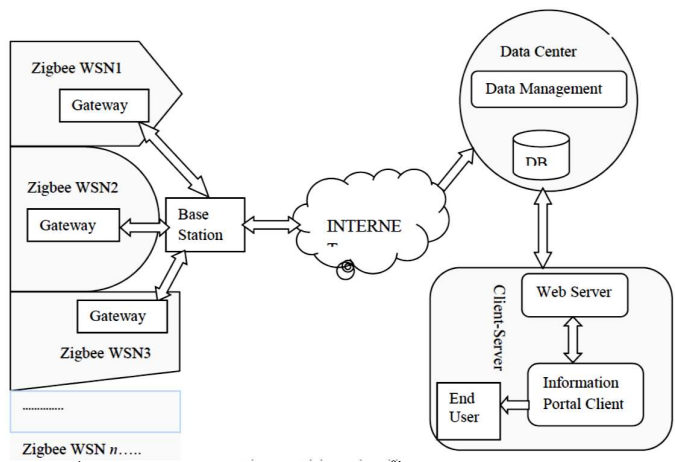
ระบบวัดคุณภาพน้ำที่ถูกพัฒนาขึ้นได้ถูกนำไปติดตั้งที่ปากแม่น้ำ Sado ประเทศโปรตุเกส โดยมีตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือจำนวน 3 แห่ง (I, II และ III) และตำแหน่งสถานีฐาน (BS) 1 แห่ง ดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำที่บริเวณปากแม่น้ำ Sado ประเทศโปรตุเกส (Damian et al. 2012)

ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์แบบไร้สาย (Wireless Sensor Networks: WSNs) เป็นระบบที่นิยมกันโดยทั่วไปในการนำไปใช้งานกับการตรวจวัดคุณภาพน้ำ อย่างไรก็ตาม ความสามารถของระบบติดตาม WSN-based ยังไม่เพียงพอสำหรับการตรวจวัดระบบที่มีขนาดใหญ่ อีกทั้งตัวเซ็นเซอร์มีลักษณะที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้งานได้ ดังนั้น Nasser et al. (2013) จึงได้พัฒนาระบบการตรวจวัดคุณภาพน้ำที่สามารถเปลี่ยนแปลง แก๊ซ หรือนำกลับมาใช้ได้ อีก โดยใช้ ระบบ Web-based Information Portal และ

ระบบ Sleep Scheduling Mechanism of Sensor Nodes เพื่อให้สามารถประหยัดพลังงาน และเพิ่มยืดอายุการทำงานของระบบได้ ภาพรวมของระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ (Nasser et al. 2013)

การพัฒนาระบบอัตโนมัติเพื่อการตรวจวัดคุณภาพน้ำได้เปลี่ยนแปลงไปตามลำดับ ตามขีดจำกัดของความสามารถของอุปกรณ์ ต้นทุนการผลิตอุปกรณ์ และเทคโนโลยีการรับส่งข้อมูล ดังแสดงในตารางที่ 2.1 (Regan et al., 2009)

ตารางที่ 2.1 คุณลักษณะและข้อคิดเห็นสำหรับการแก้ไขปัญหาในการพัฒนาเครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำ

DESIGN FEATURE	COMMENT	CHALLENGE	SOLUTIONS
Robust sensors, monitoring module and ruggedisation	Sensor maintenance and housing are a major factor.	Sensor materials can be weak and susceptible to fouling or breakage.	Select good quality well validated sensors/
Low Cost	Cost will depend on networking requirements (real-time alerts or manual data collection) and sensor type.	Bringing the cost of sensors down to enable a low cost of ownership of the network.	High volume production driven by need, will bring the cost down.
Low Battery Maintenance	Battery life will depend on the sensor(s) type and monitoring frequency	To provide adequate power for long-term deployment.	Power harvesting approaches are becoming widely used e.g. solar panels.
Real-time data gathering from remote locations to a central server	Options available, depends on terrain – GSM/GPRS and WiMax.	The sampling locations are sometimes remote.	Employ drive-by or near-real-time data collection options.
Programmable sampling periods (continuous to days)	Will affect battery life.	To identify frequency of sampling needs.	This is driven by user needs.
Presentation and ease of handling data	Report generation and trending would be standard. Data will be presented in a format that can be readily imported to other systems.	To simplify the data collected for the user needs in relation to reporting requirements.	Use easy to understand web-based templates with visual representation of data.
Portability	Necessary for rapid re-deployment of sensor(s) from one sampling site to another.	Some autonomous sensors require a battery that adds additional weight to the device. However, this will restrict the size of battery to be used and hence the operating lifetime of sensor(s).	Employ robust systems & systems that provide sufficient data. No need for a full sensor suite in all situations.
Variable sampling frequency	To include a trigger mechanism which would change frequency of monitoring upon a change in weather conditions.	Depending on location the power needs may limit frequent sampling or there may not be access to wireless communications for immediate data download.	This is driven by user needs and will be user specific.

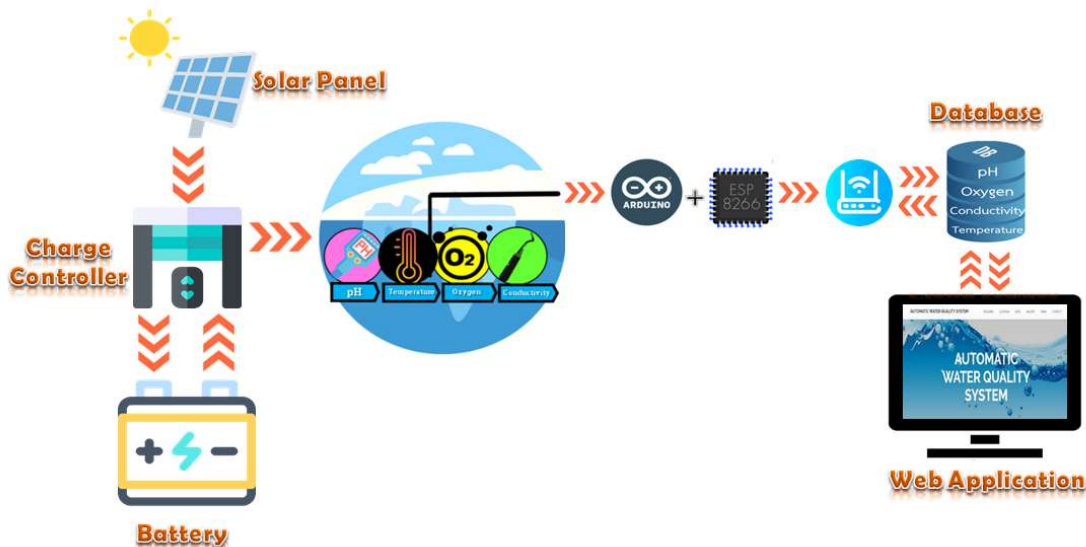
บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ระบบภาพรวมของระบบวัดคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัติประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลักๆ (รูปที่ 3.1) ดังนี้

1. แหล่งจ่ายพลังงาน ประกอบด้วย แผงโซลาร์เซลล์ เครื่องควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ และแบตเตอรี่
2. การเชื่อมต่ออุปกรณ์ ประกอบด้วย
 - เซ็นเซอร์
 - บอร์ด Arduino
 - NodeMCU (ESP8266)
 - Pocket WiFi
 - ฐานข้อมูล
 - เว็บแอปพลิเคชัน

ขั้นตอนการทำงานเริ่มต้นจากแผงโซลาร์เซลล์จะเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ ส่งผ่านเครื่องควบคุมการชาร์จ แล้วนำพลังงานไฟฟ้าที่ได้ไปเก็บที่แบตเตอรี่ ซึ่งเครื่องควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่จะทำหน้าที่จ่ายไฟฟ้าให้กับระบบฯ เมื่อระบบฯ เริ่มทำงานจะวัดคุณภาพน้ำจากเซ็นเซอร์ทั้ง 4 ตัวที่ประกอบด้วย เซ็นเซอร์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนในน้ำ และความนำไฟฟ้า หลังจากนั้นบอร์ด Arduino จะรับค่าจากเซ็นเซอร์ทั้งหมด แล้วส่งต่อไป NodeMCU เพื่อจัดเก็บยังฐานข้อมูลและแสดงผลเว็บแอปพลิเคชัน



รูปที่ 3.1 ภาพรวมของระบบวัดคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัติ

3.1 แหล่งจ่ายพลังงาน

คำนวณพลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์ จากสมการ

$$P = \frac{E}{T}$$

โดย E คือ พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในหนึ่งวัน เท่ากับ 100 วัตต์ต่อชั่วโมง

T คือ ระยะเวลาที่รับแสงจากดวงอาทิตย์ในหนึ่งวัน มีค่าเท่ากับ 5 ชั่วโมง

$$P = \frac{100}{5} = 20$$

จึงเลือกใช้ขนาด 20 วัตต์ (รูปที่ 3.2) และใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 แอมแปร์·ชั่วโมง (รูปที่ 3.3)



รูปที่ 3.2 แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 20 วัตต์



รูปที่ 3.3 แบตเตอรี่ขนาด 12 แอมแปร์·ชั่วโมง

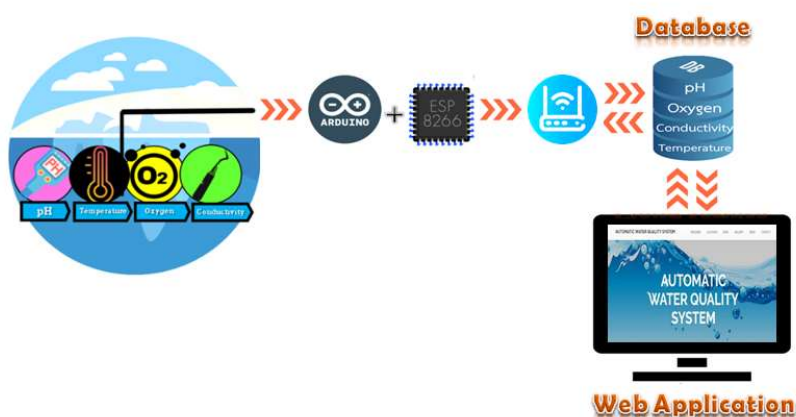
เครื่องควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ ทำหน้าที่ควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าลงแบตเตอรี่ เพื่อยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ ซึ่งต้องมีขนาดเท่ากับหรือมากกว่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลจากแผงโซลาร์เซลล์สู่แบตเตอรี่ ดังนั้นขนาดของเครื่องควบคุมการชาร์จกระแสไฟฟ้า ควรมีขนาดกระแสในการชาร์จมากกว่ากระแสไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ ดังนั้นสามารถเลือกใช้เครื่องควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ขนาดตั้งแต่ 10 แอมแปร์ขึ้นไป ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 เครื่องควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ขนาด 10 แอมแปร์

3.2 การออกแบบส่วนเชื่อมต่ออุปกรณ์

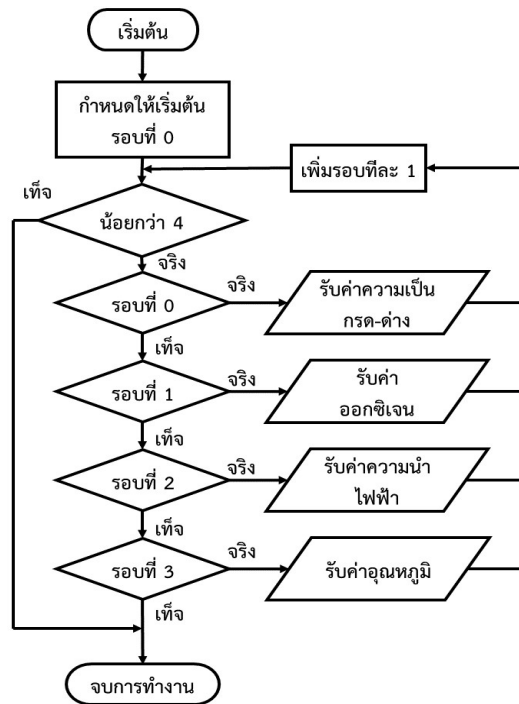
รูปที่ 3.5 แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบวัดคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัติ เริ่มต้นจากบอร์ด Arduino รับค่าจากเซ็นเซอร์จนครบทั้ง 4 ค่า ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนในน้ำ และความนำไฟฟ้า แล้วส่งค่าทั้งหมดไปยัง NodeMCU จากนั้น NodeMCU ทำการรับค่าทั้ง 4 ค่าจากบอร์ด Arduino จากนั้นทำการส่งไปเก็บยังฐานข้อมูล พร้อมทั้งแสดงผลแบบเรียลไทม์และวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้นทางเว็บ แอปพลิเคชัน



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการทำงานของระบบวัดคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัติ

3.2.1 การเชื่อมต่อระหว่างเซ็นเซอร์กับบอร์ด Arduino

ค่าความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนในน้ำ และความนำไฟฟ้า ที่ได้จากเซ็นเซอร์จะถูกส่งไปยังบอร์ด Arduino แบบทิศทางเดียวโดยใช้การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม (Serial Transmission) ที่ไม่ต้องใช้สัญญาณนาฬิกา (Asynchronous) มาเป็นตัวกำหนดจังหวะในการรับ-ส่งข้อมูล แต่ใช้วิธีการกำหนดรูปแบบการรับ-ส่งข้อมูลขึ้นมาแทน และอาศัยการกำหนดความเร็วของการรับ-ส่งให้เท่ากัน โดยจะวนรอบส่งข้อมูลที่ละตัวจนครบทั้ง 4 ตัว ดังแสดงในรูปที่ 3.6



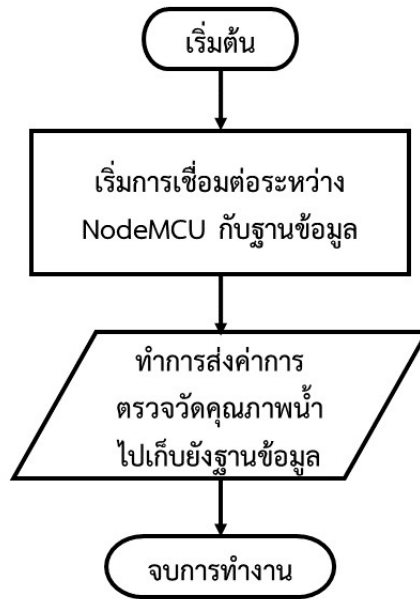
รูปที่ 3.6 ผังงานแสดงการเชื่อมต่อระหว่างเซ็นเซอร์กับ Arduino

3.2.2 การเชื่อมต่อระหว่างบอร์ด Arduino กับ NodeMCU

เมื่อ Arduino รับค่ามาครบทั้ง 4 ค่า จะส่งค่าทั้งหมดไปยัง NodeMCU โดยใช้การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม (Serial Transmission) ที่ไม่ต้องใช้สัญญาณนาฬิกา (Asynchronous) มาเป็นตัวกำหนดจังหวะในการรับ-ส่งข้อมูล แต่ใช้วิธีการกำหนดรูปแบบการรับ-ส่งข้อมูลขึ้นมาแทน และอาศัยการกำหนดความเร็วของการรับ-ส่งให้เท่ากัน

3.2.3 การเชื่อมต่อระหว่าง NodeMCU กับฐานข้อมูล

การเชื่อมต่อระหว่าง NodeMCU กับฐานข้อมูล โดยจะทำการรวมค่าของเซ็นเซอร์ทั้ง 4 ค่า ให้เป็นข้อมูลชนิดข้อความเพื่อทำการส่งค่าทั้งหมดไปพร้อมกัน ซึ่งการส่งค่าทั้งหมดไปเก็บที่ฐานข้อมูล เพื่อสำหรับการเรียกดูข้อมูลย้อนหลัง ขั้นตอนการทำงานดังแสดงในรูปที่ 3.7








รูปที่ 3.7 ผังงานแสดงการเชื่อมต่อระหว่าง NodeMCU กับฐานข้อมูล

3.3 การออกแบบฐานข้อมูล

การออกแบบฐานข้อมูลใช้ MySQL สำหรับการจัดการฐานข้อมูล โดยตารางฐานข้อมูลประกอบด้วย 5 หลัก (Column) ดังนี้

1. วัน เดือน ปี เวลา
2. ค่าความเป็นกรด-ด่าง
3. ค่าปริมาณออกซิเจน
4. ค่าความนำไฟฟ้า
5. อุณหภูมิในน้ำ

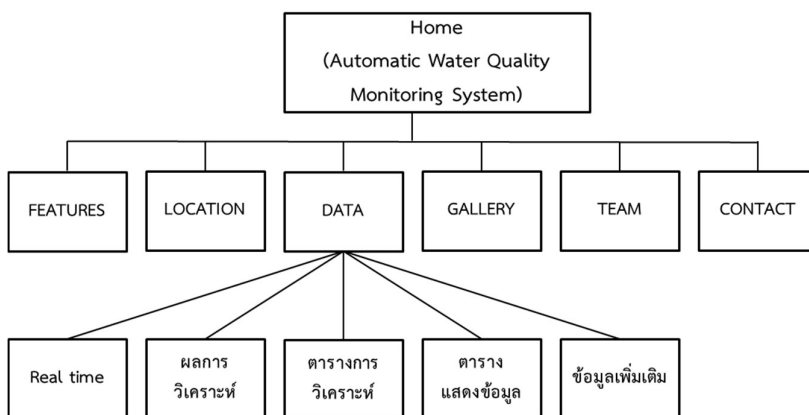
อธิบายดังรูปที่ 3.8 โดยข้อมูลที่จะนำมาจัดเก็บในแต่ละแถว จะถูกส่งมาทุกๆ 10 นาที

ค่าตรวจวัดคุณภาพน้ำ		
	วัน เดือน ปี เวลา	datetime
	ความเป็นกรด-ด่าง	varchar(10)
	ออกซิเจน	varchar(10)
	ความนำไฟฟ้า	varchar(10)
	อุณหภูมิ	varchar(10)

รูปที่ 3.8 ER Diagram การจัดเก็บข้อมูลของระบบวัดคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัติ

3.4 ออกแบบหน้าเว็บแอปพลิเคชัน

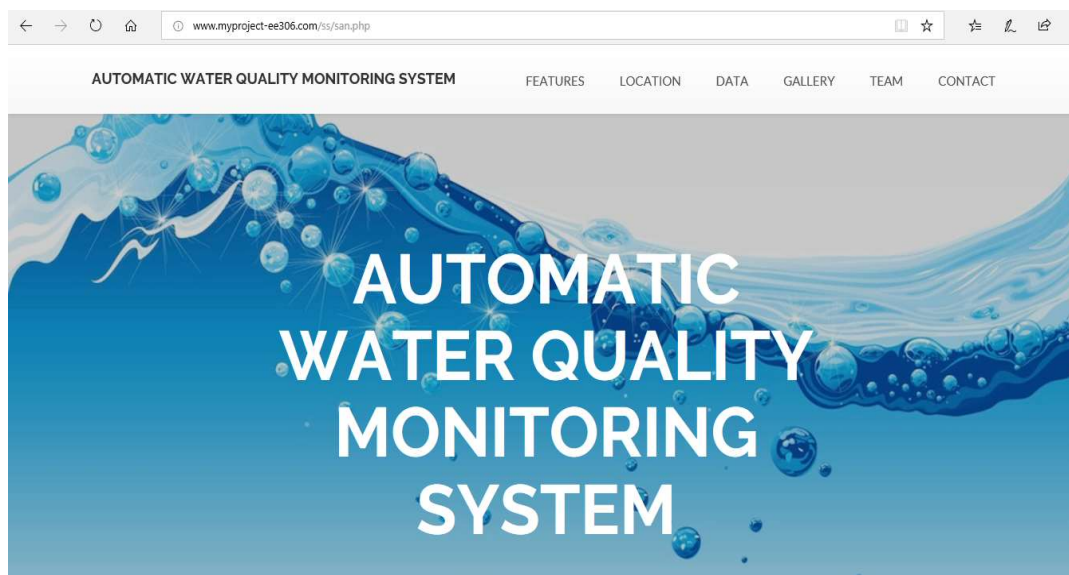
การจัดทำหน้าเว็บแอปพลิเคชันเป็นการนำเสนอข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต เพื่อให้สามารถเข้าถึงข้อมูลของน้ำที่กำลังทำการตรวจวัดได้ ณ เวลาปัจจุบัน รวมถึงผลการวิเคราะห์เบื้องต้นและการเรียกดูข้อมูลย้อนหลังซึ่งมีภาพรวมโครงสร้างในหน้าเว็บแอปพลิเคชัน ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 โครงสร้างของหน้าเว็บแอปพลิเคชัน

แบ่งแต่ละส่วนดังนี้

1. หน้าแรกของเว็บแอปพลิเคชัน ดังรูปที่ 3.10



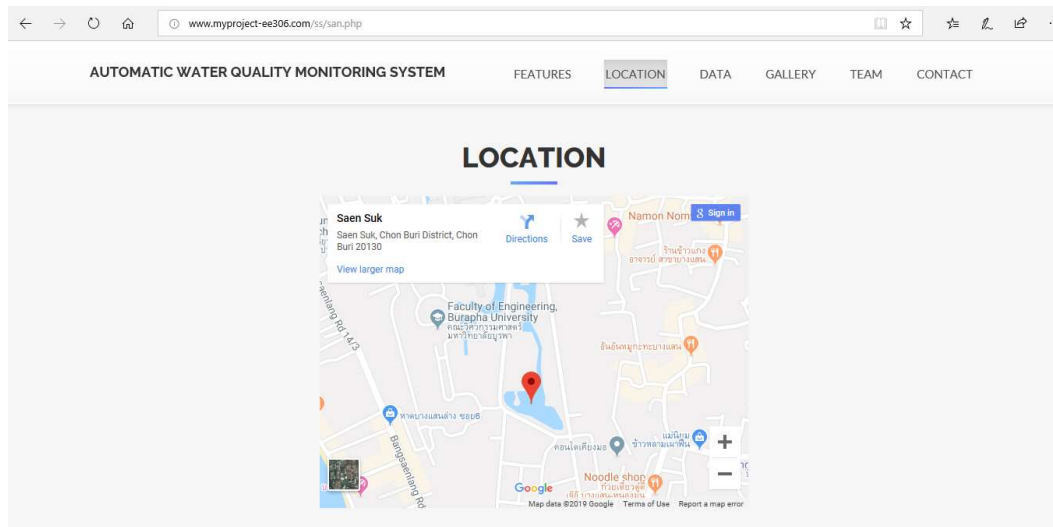
รูปที่ 3.10 หน้าแรกของเว็บแอปพลิเคชัน

2. ส่วนของ Features จะแสดงการอธิบายที่มาของโครงการและภาพรวมการทำงานของระบบฯ ดังรูปที่ 3.11



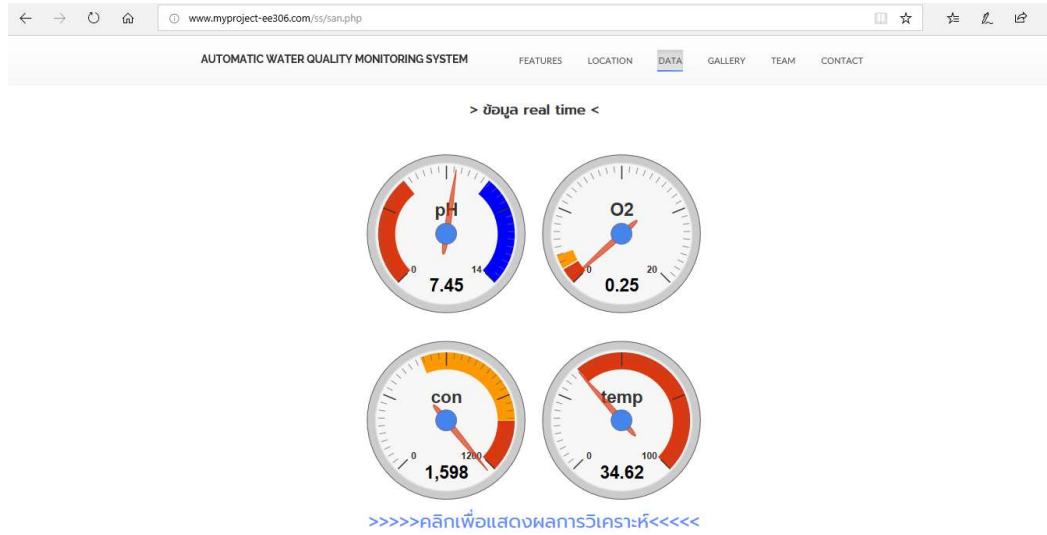
รูปที่ 3.11 ที่มาของโครงการและภาพรวมของระบบฯ

3. Location ระบุสถานที่ที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์ ดังรูปที่ 3.12 โดยตำแหน่งที่นำอุปกรณ์ไปติดตั้งและทำการทดสอบอยู่ที่สวนนันทนาการ มหาวิทยาลัยบูรพา



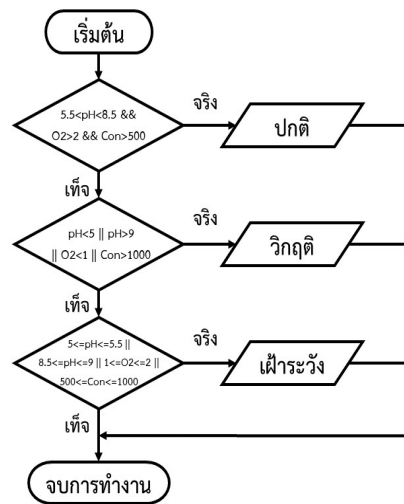
รูปที่ 3.12 สถานที่ที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์

4. Data เป็นการนำข้อมูลในรูปแบบต่างๆ ได้แก่ การรายงานผลแบบเรียลไทม์ในรูปแบบเครื่องมือแสดงผล (Gauge) โดยเครื่องมือวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง สีแดงแสดงถึงค่าความเป็นกรดและสีน้ำเงินแสดงค่าความเป็นด่าง ส่วนเครื่องมือวัดอีก 3 ตัว ได้แก่ ค่าปริมาณออกซิเจน ค่าความนำไฟฟ้า และค่าอุณหภูมิ โดยสีส้มจะแสดงถึงค่าในช่วงฝ้ากระวัง และสีแดงแสดงถึงค่าในช่วงวิกฤติ ดังแสดงในรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 การรายงานผลแบบเรียลไทม์

ขั้นตอนถัดไป คือ การแสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น โดยนำทั้ง 4 ค่ามาวิเคราะห์ ขั้นตอนการวิเคราะห์แสดงดังรูปที่ 3.14 จากนั้นทำการเปรียบเทียบตามตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.14 ผังงานแสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อ pH คือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง

O2 คือ ค่าปริมาณออกซิเจนในน้ำ

Con คือ ค่าความนำไฟฟ้า

เมื่อกดปุ่มคำว่า “คลิกเพื่อแสดงผลการวิเคราะห์” (รูปที่ 3.15) จะมีหน้าต่างแสดงผลการวิเคราะห์ปรากฏขึ้นดังตัวอย่างในรูปที่ 3.16 ผลการวิเคราะห์จะแสดงข้อความตามเงื่อนไขในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 การวิเคราะห์ข้อมูล

ระดับ	ความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณออกซิเจนในน้ำ	ความนำไฟฟ้า
ปกติ	5.5 ถึง 8.5	มากกว่า 2	น้อยกว่า 500
ฝ้าระวัง	5 ถึง 5.5 หรือ 8.5 ถึง 9	1-2	500 ถึง 1000
วิกฤติ	น้อยกว่า 5 หรือ มากกว่า 9	น้อยกว่า 1	มากกว่า 1000

>>>>คลิกเพื่อแสดงผลการวิเคราะห์<<<<<

รูปที่ 3.15 ปุ่มเพื่อใช้แสดงหน้าต่างการวิเคราะห์ข้อมูล



รูปที่ 3.16 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น (ก) ค่าของน้ำอยู่ในเกณฑ์ปกติ
(ข) ค่าของน้ำอยู่ในเกณฑ์ฝ้าระวัง (ค) ค่าของน้ำอยู่ในเกณฑ์วิกฤติ

ต่อมาเป็นการแสดงตารางเปรียบเทียบช่วงของข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล และตารางแสดงข้อมูลย้อนหลัง เพื่อใช้ในการดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 3.17 และสุดท้ายเป็นการแสดงรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับค่าต่างๆ เป็นแผนภาพอธิบายความเหมาะสมในการใช้งานของน้ำในแต่ละช่วง ดังรูปที่ 3.18

ตารางที่ 3.2 ข้อความที่แสดงในหน้าต่างการวิเคราะห์ข้อมูล

ค่าความเป็นกรด-ต่าง	ค่าปริมาณออกซิเจน	ค่าความนำไฟฟ้า	ผลการวิเคราะห์
ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
ฝั้ระวัง	ปกติ	ปกติ	ค่า pH อยู่ในช่วงฝั้ระวัง
ฝั้ระวัง	ฝั้ระวัง	ปกติ	ค่า pH อยู่ในช่วงฝั้ระวัง ค่าออกซิเจนในน้ำอยู่ในช่วงฝั้ระวัง
ฝั้ระวัง	ฝั้ระวัง	ฝั้ระวัง	ค่า pH อยู่ในช่วงฝั้ระวัง ค่าออกซิเจนในน้ำอยู่ในช่วงฝั้ระวัง ค่าความนำไฟฟ้าอยู่ในช่วงฝั้ระวัง
วิกฤติ (กรด)	ปกติ	ปกติ	ค่า pH เป็นกรด
วิกฤติ (กรด)	วิกฤติ	ปกติ	ค่า pH เป็นกรด ควรปรับปรุงค่าออกซิเจนในน้ำ เนื่องจากมีค่าต่ำกว่า เกณฑ์มาตรฐาน
วิกฤติ (กรด)	วิกฤติ	วิกฤติ	ค่า pH เป็นกรด ควรปรับปรุงค่าออกซิเจนในน้ำ เนื่องจากมีค่าต่ำกว่า เกณฑ์มาตรฐาน ควรปรับปรุงค่าความนำไฟฟ้า เนื่องจากมีค่าสูงกว่า เกณฑ์มาตรฐาน
วิกฤติ (เบส)	ปกติ	ปกติ	ค่า pH เป็นเบส
วิกฤติ (เบส)	วิกฤติ	ปกติ	ค่า pH เป็นเบส ควรปรับปรุงค่าออกซิเจนในน้ำ เนื่องจากมีค่าต่ำกว่า เกณฑ์มาตรฐาน
วิกฤติ (เบส)	วิกฤติ	วิกฤติ	ค่า pH เป็นเบส ควรปรับปรุงค่าออกซิเจนในน้ำ เนื่องจากมีค่าต่ำกว่า เกณฑ์มาตรฐาน ควรปรับปรุงค่าความนำไฟฟ้า เนื่องจากมีค่าสูงกว่า เกณฑ์มาตรฐาน

www.myproject-ee306.com/ss/san.php

AUTOMATIC WATER QUALITY MONITORING SYSTEM FEATURES LOCATION **DATA** GALLERY TEAM CONTACT

> ตารางการวิเคราะห์ข้อมูล <

จุดเก็บ	pH	Oxygen(mg/L)	ค่ามาตรฐาน(ประเทศไทย)
ปกติ	5.5-8.5	> 2	< 500
เผ่าธรรม	5-5.5 หรือ 8.5-9	1-2	500-1000
โรคพิษ	< 5 หรือ > 9	< 1	> 1000

> ตารางแสดงข้อมูล <

Show 10 entries Search:

Time	pH	O2	con	temp
2019-04-02 07:53:16	4.94	2.52	1597.00	33.40
2019-04-02 08:03:16	6.19	2.57	1590.00	33.39
2019-04-02 08:13:17	6.30	2.60	1594.00	33.38
2019-04-02 08:23:18	6.40	3.17	1591.00	33.44
2019-04-02 08:33:19	6.47	3.21	1594.00	33.52
2019-04-02 08:43:21	6.51	3.83	1593.00	33.52
2019-04-02 08:53:21	6.59	4.83	1597.00	33.53
2019-04-02 09:03:22	6.75	5.52	1598.00	33.55
2019-04-02 09:13:22	6.91	6.37	1599.00	33.59
2019-04-02 09:23:24	7.11	6.57	1597.00	33.63

Showing 1 to 10 of 343 entries Previous 1 2 3 4 5 ... 35 Next

รูปที่ 3.17 ตารางวิเคราะห์ข้อมูลและตารางแสดงข้อมูลย้อนหลัง

www.myproject-ee306.com/ss/san.php

AUTOMATIC WATER QUALITY MONITORING SYSTEM FEATURES LOCATION **DATA** GALLERY TEAM CONTACT

> ข้อมูลเพิ่มเติม <

- ค่า pH -

ความเป็นกรด-ด่างเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญตัวหนึ่งซึ่งได้ถูกระบุให้เป็นพารามิเตอร์ในมาตรฐานคุณภาพน้ำต่างๆ ของประเทศไทย โดยกำหนดไว้ว่าความเป็นกรด-ด่างในแหล่งน้ำนั้นควรมีค่าอยู่ในช่วง 5-9 โดยค่าความเป็นกรด-ด่างเปรียบเทียบกับแผนภาพด้านล่าง

ที่มากรมควบคุมมลพิษ

- ค่าปริมาณออกซิเจนในน้ำ -

สำหรับค่าปริมาณออกซิเจนในน้ำสามารถนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานได้ดังแผนภาพด้านล่าง

ที่มากรมควบคุมมลพิษ

- ค่าความนำไฟฟ้า -

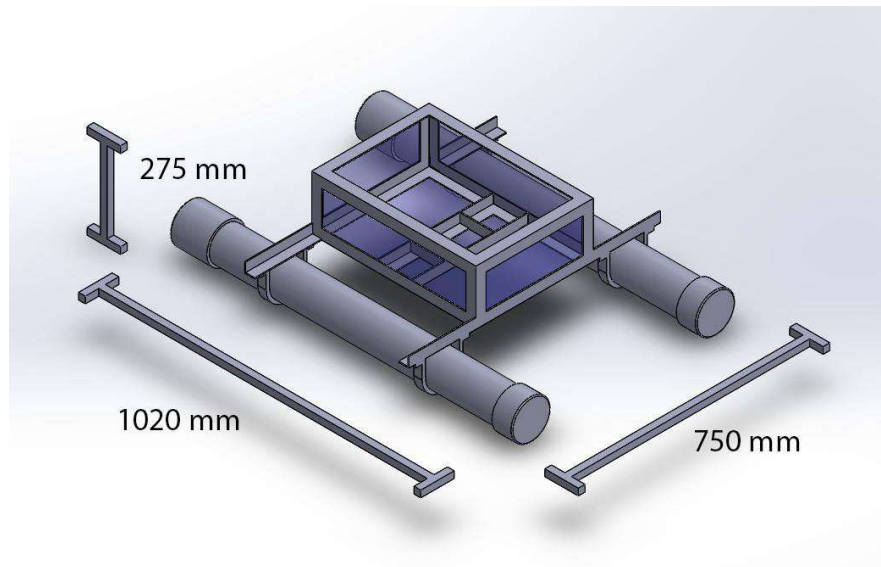
สำหรับค่าความนำไฟฟ้าสามารถนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานได้ดังแผนภาพด้านล่าง

ที่มา www.versatile-group.com

รูปที่ 3.18 ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าปริมาณออกซิเจนในน้ำ และค่าความนำไฟฟ้า

3.5 ออกแบบบรรจุภัณฑ์

บรรจุภัณฑ์ที่ออกแบบทำจากอะลูมิเนียม (รูปที่ 3.19) ซึ่งมีน้ำหนักเบาและมีความแข็งแรง ใช้สำหรับติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ และมีพุนทรงกระบอกทั้งสองข้างช่วยในการลอยบนผิวน้ำ บรรจุภัณฑ์มีความสูง 275 มิลลิเมตร ความกว้าง 750 มิลลิเมตร และความยาว 1,020 มิลลิเมตร ภายในบรรจุภัณฑ์จะติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ แบตเตอรี่ เครื่องควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ เซ็นเซอร์ บอร์ดควบคุม และ Pocket WiFi



รูปที่ 3.19 บรรจุภัณฑ์

บทที่ 4

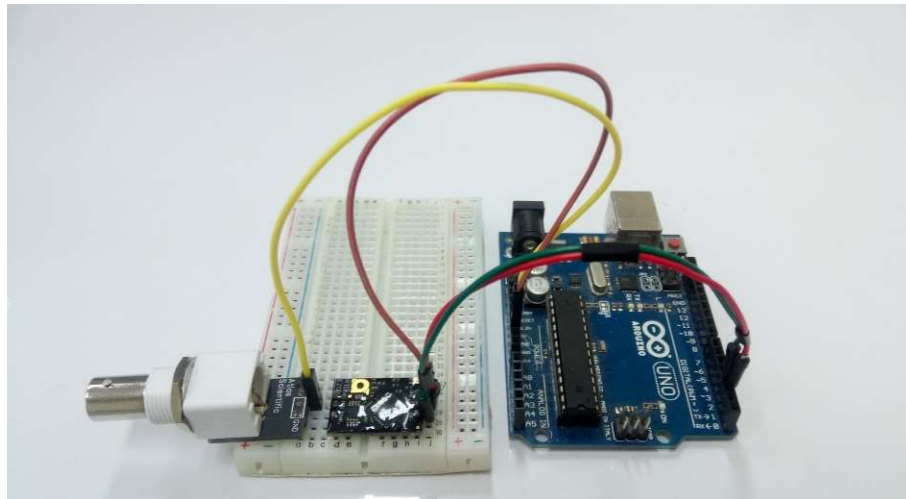
ผลการวิจัย

4.1 ทดสอบการทำงานเซ็นเซอร์

4.1.1 ทดสอบเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ

ทดสอบการทำงานของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิของน้ำ และนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากเทอร์โมมิเตอร์ มีขั้นตอนดังนี้

1. ต่อกับวงจรดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การต่อวงจรวัดอุณหภูมิ

2. เขียนโปรแกรมเพื่อรับค่าจากเซ็นเซอร์
3. อ่านผลลัพธ์จากหน้าจอของโปรแกรม Arduino IDE

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ

ประเภทของน้ำ	อุณหภูมิ (°C)		ค่าความผิดพลาด (ร้อยละ)
	เทอร์โมมิเตอร์	เซ็นเซอร์	
น้ำเย็น	5	4.2	16
น้ำธรรมดา	24	24.5	2.08
น้ำอุ่น	51	52	1.96

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิของน้ำ โดยแบ่งน้ำออกเป็น 3 ประเภทคือ น้ำเย็น น้ำธรรมดา และน้ำอุ่น

- น้ำเย็นมีค่าความผิดพลาดสูงสุด 16 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับค่าที่วัดได้จากเทอร์โมมิเตอร์ เนื่องจากใช้เวลาในการทดสอบมากไป จึงส่งผลให้อุณหภูมิที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์สูง
- น้ำธรรมดามีค่าความผิดพลาด 2.08 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอุณหภูมิของน้ำธรรมดาเท่ากับอุณหภูมิห้อง ทำให้เวลาไม่ส่งผลต่อค่าที่วัดได้ ค่าความผิดพลาดเกิดจากเทอร์โมมิเตอร์มีความละเอียดน้อยเกินไป
- น้ำอุ่นมีค่าความผิดพลาดน้อยสุด 1.96 เปอร์เซ็นต์

จากการทดลองสรุปได้ว่า เวลาเป็นตัวแปรสำคัญในการวัดค่าอุณหภูมิ ยิ่งใช้เวลาในการทดสอบมาก ค่าที่ได้จะมีค่าความผิดพลาดสูงขึ้น ยกเว้นกรณีวัดอุณหภูมิของน้ำธรรมดา โดยค่าความแม่นยำของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิมีค่าความแม่นยำอยู่ที่ ± 0.002 ซึ่งมีผลต่อค่าความผิดพลาดค่อนข้างน้อย

วัดอุณหภูมิน้ำเย็น



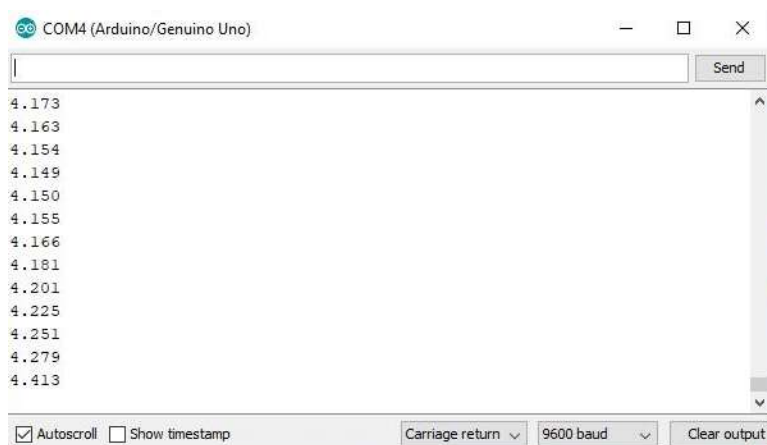
(ก)



(ข)

รูปที่ 4.2 วัดอุณหภูมิของน้ำเย็น (ก) เทอร์โมมิเตอร์ (ข) เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ

อุณหภูมิที่วัดได้จากเทอร์โมมิเตอร์มีค่าประมาณ 5 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่วัดได้จากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิมีค่าประมาณ 4.2 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 4.3

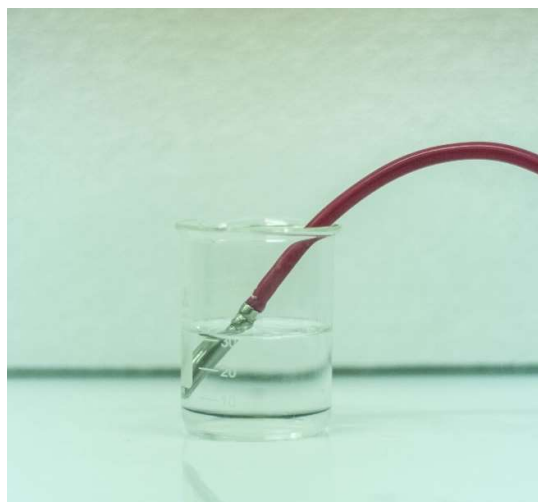


รูปที่ 4.3 ผลการวัดอุณหภูมิของน้ำเย็นโดยใช้เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ

วัดอุณหภูมิน้ำธรรมดา



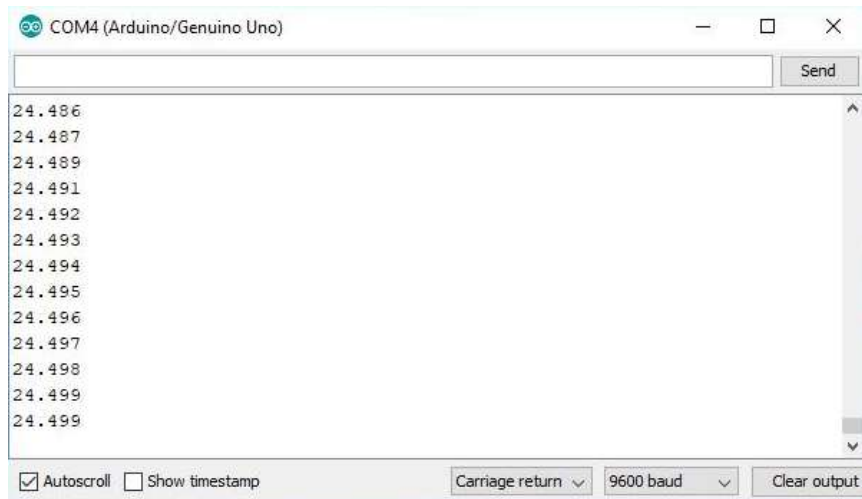
(ก)



(ข)

รูปที่ 4.4 วัดอุณหภูมิของน้ำธรรมดา (ก) เทอร์โมมิเตอร์ (ข) เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ

อุณหภูมิที่วัดได้จากเทอร์โมมิเตอร์มีค่าประมาณ 24 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่วัดได้จากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิมีค่าประมาณ 24.5 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 4.5

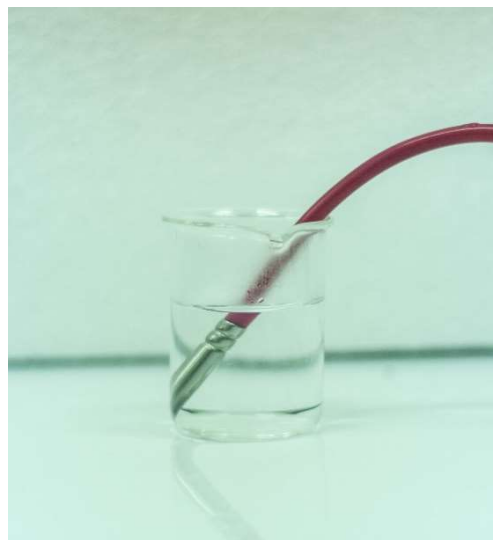


รูปที่ 4.5 ผลการวัดอุณหภูมิของน้ำธรรมดาโดยใช้เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ

วัดอุณหภูมิน้ำอุ่น



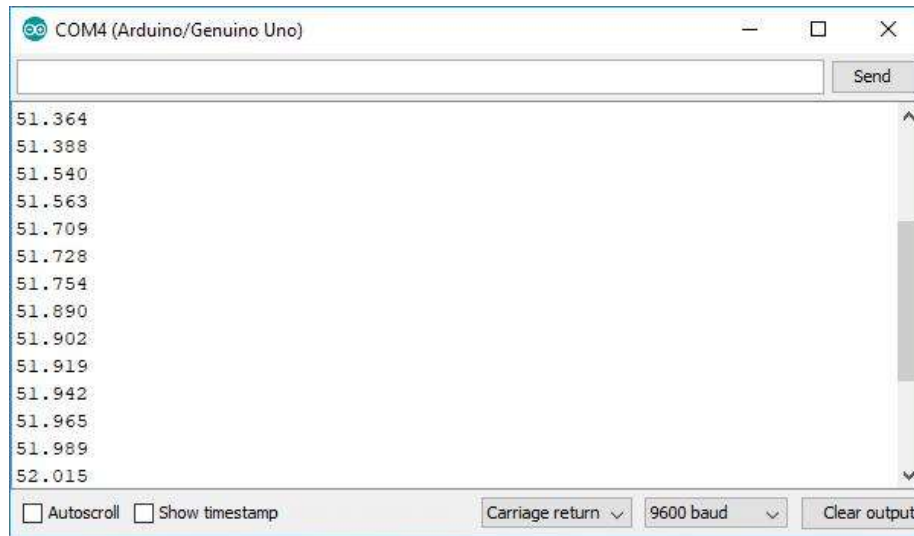
(ก)



(ข)

รูปที่ 4.6 อุณหภูมิของน้ำอุ่น (ก) เทอร์โมมิเตอร์ (ข) เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ

อุณหภูมิที่วัดได้จากเทอร์โมมิเตอร์มีค่าประมาณ 51 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่วัดได้จากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิมีค่าประมาณ 52 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 4.7

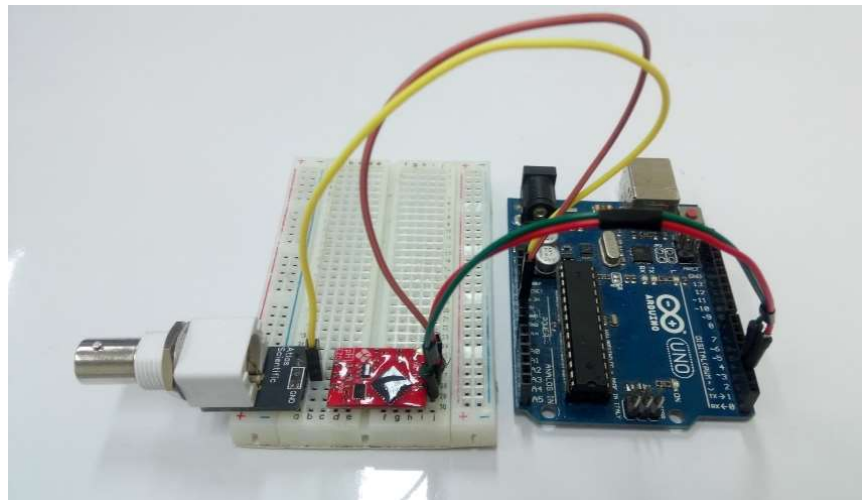


รูปที่ 4.7 ผลการวัดอุณหภูมิของอุณหภูมิโดยใช้เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ

4.1.2 ทดสอบเซ็นเซอร์วัดความเป็นกรด-ด่าง

ทดสอบการทำงานของเซ็นเซอร์วัดความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้เซ็นเซอร์วัดความเป็นกรด-ด่าง วัดค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำยาสอบเทียบมาตรฐานและนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของน้ำยา เพื่อหาค่าความผิดพลาด มีขั้นตอนดังนี้

1. ต่อวงจร ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 การต่อวงจรวัดความเป็นกรด-ด่าง

2. เขียนโปรแกรมเพื่อรับค่าจากเซ็นเซอร์
3. อ่านผลลัพธ์จากหน้าจอของโปรแกรม Arduino IDE

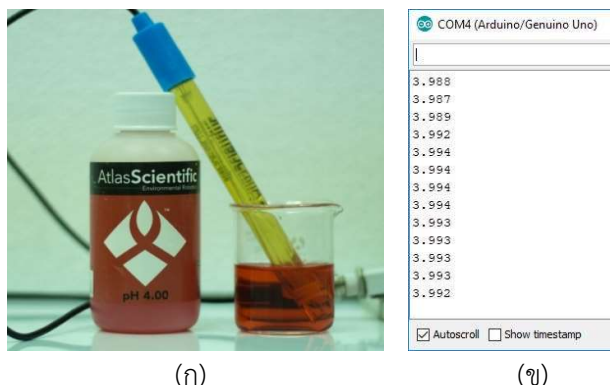
ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบเซ็นเซอร์วัดความเป็นกรด-ด่าง

ประเภทของน้ำ	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)		ค่าความผิดพลาด (ร้อยละ)
	ค่ามาตรฐาน	ค่าที่วัดได้	
น้ำยาสอบเทียบมาตรฐานที่พีเอช เท่ากับ 4	4	3.99	0.25
น้ำยาสอบเทียบมาตรฐานที่พีเอช เท่ากับ 7	7	7.00	0
น้ำยาสอบเทียบมาตรฐานที่พีเอช เท่ากับ 10	10	10.01	0.1
น้ำดื่มที่ 1	-	7.02	-
น้ำดื่มที่ 2	-	7.52	-

จากผลการทดสอบเซ็นเซอร์วัดความเป็นกรด-ด่างในตารางที่ 4.2 พบว่า ค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์มีค่าต่างจากน้ำยาสอบเทียบมาตรฐานเพียงเล็กน้อย คุณสมบัติของเซ็นเซอร์ที่เลือกใช้ระบุค่าความแม่นยำที่ ± 0.002

ทดสอบน้ำดื่มที่ 1 และน้ำดื่มที่ 2 มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7.02 และ 7.52 ตามลำดับ ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมของน้ำดื่มอยู่ที่ 7.4-8.5 ซึ่งน้ำดื่มที่ 1 ไม่อยู่ในช่วงที่เหมาะสม อาจเกิดมาจากสิ่งเจือปนในน้ำ วิธีการผลิต และวิธีการเก็บรักษา

วัดค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำยาสอบเทียบมาตรฐานที่พีเอชเท่ากับ 4 ดังแสดงในรูปที่ 4.9



(ก)

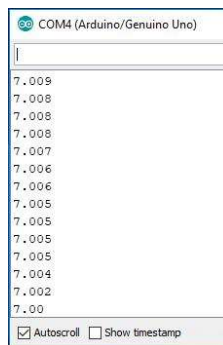
(ข)

รูปที่ 4.9 น้ำยาสอบเทียบมาตรฐานที่พีเอชเท่ากับ 4 (ก) วัดค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำยาสอบเทียบมาตรฐาน (ข) ค่าความเป็นกรด-ด่าง

วัดค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำยาสอบเทียบมาตรฐานที่พีเอชเท่ากับ 7 ดังแสดงในรูปที่ 4.10



(ก)



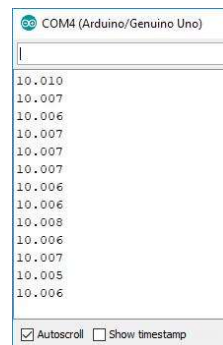
(ข)

รูปที่ 4.10 น้ำยาสอบเทียบมาตรฐานที่พีเอชเท่ากับ 7 (ก) วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง
ของน้ำยาสอบเทียบมาตรฐาน (ข) ค่าความเป็นกรด-ด่าง

วัดค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำยาสอบเทียบมาตรฐานที่พีเอชเท่ากับ 10 ดังแสดงในรูปที่ 4.11



(ก)



(ข)

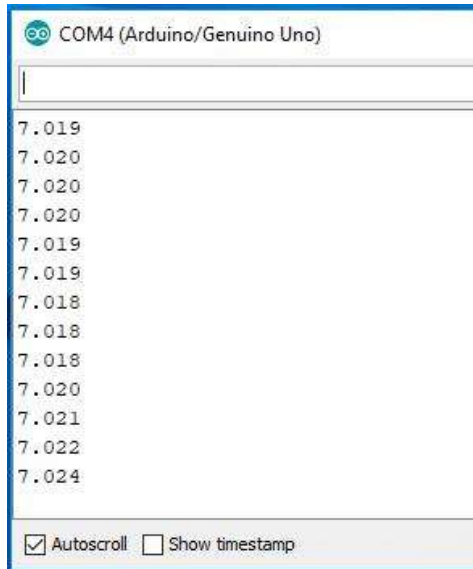
รูปที่ 4.11 น้ำยาสอบเทียบมาตรฐานที่พีเอชเท่ากับ 10 (ก) วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง
ของน้ำยาสอบเทียบมาตรฐาน (ข) ค่าความเป็นกรด-ด่าง

วัดค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำดื่ม ดังแสดงในรูปที่ 4.12

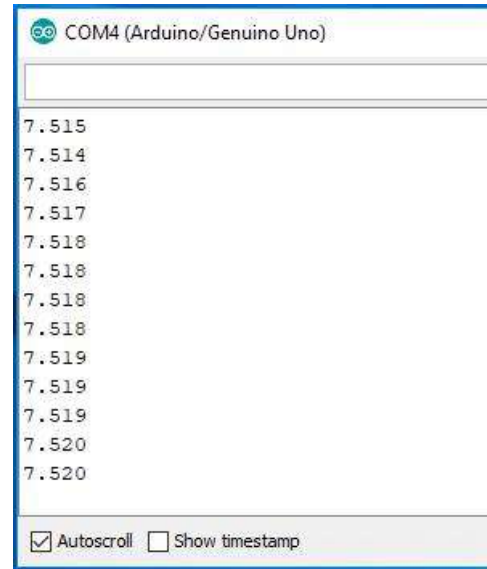


รูปที่ 4.12 วัดค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำดื่ม โดยใช้เซ็นเซอร์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำดื่ม ดังแสดงในรูปที่ 4.13



(ก)



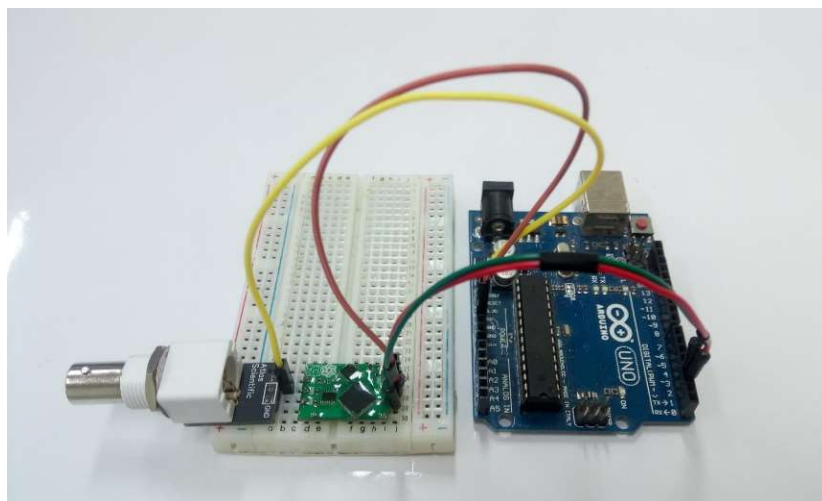
(ข)

รูปที่ 4.13 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (ก) น้ำดื่มที่ 1 (ข) น้ำดื่มที่ 2

4.1.3 ทดสอบเซ็นเซอร์วัดค่าความนำไฟฟ้า

ทดสอบการทำงานของเซ็นเซอร์วัดค่าความนำไฟฟ้าเทียบน้ำยาสอบเทียบมาตรฐาน มีขั้นตอนดังนี้

1. ต่อวงจร ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 การต่อวงจรวัดค่าความนำไฟฟ้า

2. เขียนโปรแกรมเพื่อรับค่าจากเซ็นเซอร์
3. อ่านผลลัพธ์จากหน้าจอของโปรแกรม Arduino IDE

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบเซ็นเซอร์วัดค่าความนำไฟฟ้า

ประเภทของน้ำ	ค่าความนำไฟฟ้า (μS)		ค่าความผิดพลาด (ร้อยละ)
	ค่ามาตรฐาน	ค่าที่วัดได้	
น้ำยาสอบเทียบมาตรฐาน	12880	12,875	0.0388
น้ำดื่มที่อุณหภูมิ 25 °C	-	431	-
น้ำดื่มที่อุณหภูมิ 40 °C	-	802	-
น้ำประปาที่อุณหภูมิ 25 °C	-	990	-

จากผลการทดสอบเซ็นเซอร์วัดค่าความนำไฟฟ้าในตารางที่ 4.3 พบว่า ค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์มีค่าต่างจากน้ำยาสอบเทียบมาตรฐานเพียงเล็กน้อย

- น้ำดื่มที่อุณหภูมิ 25 และ 40 องศาเซลเซียส ค่าความนำไฟฟ้าที่ได้เท่ากับ 431 ไมโครซีเมนต์ และ 802 ไมโครซีเมนต์ ตามลำดับ ค่าความนำไฟฟ้าของน้ำดื่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสน้อยกว่าค่าความนำไฟฟ้าของน้ำดื่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เนื่องจากอุณหภูมิส่งผลต่อค่าความนำไฟฟ้า
- น้ำประปามีค่าความนำไฟฟ้าเท่ากับ 990 ไมโครซีเมนต์ ซึ่งมากกว่าน้ำดื่มทุกอุณหภูมิ เนื่องจากสิ่งเจือปนในน้ำ

จากการทดลองสรุปได้ว่า ความสะอาดของน้ำเป็นตัวแปรสำคัญที่สุดต่อค่าความนำไฟฟ้า รองลงมาคือค่าอุณหภูมิ

วัดค่าความนำไฟฟ้าของน้ำยาสอบเทียบมาตรฐานที่ 12,880 ไมโครซีเมนต์ ดังในรูปที่ 4.15



(ก)

(ข)

รูปที่ 4.15 ค่าความนำไฟฟ้า (ก) วัดค่าความนำไฟฟ้าของน้ำยาสอบเทียบมาตรฐาน

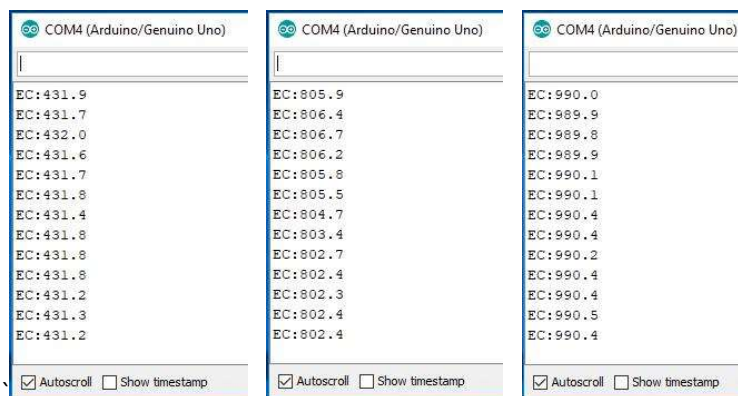
(ข) ค่าความนำไฟฟ้าของน้ำยาสอบเทียบมาตรฐาน

วัดค่าความนำไฟฟ้าของน้ำดื่มและน้ำประปา ดังแสดงในรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 วัดค่าความนำไฟฟ้าของน้ำดื่มและน้ำประปา โดยเซ็นเซอร์วัดค่าความนำไฟฟ้า

ค่าความนำไฟฟ้าของน้ำดื่มและน้ำประปา ดังแสดงในรูปที่ 4.17



(ก)

(ข)

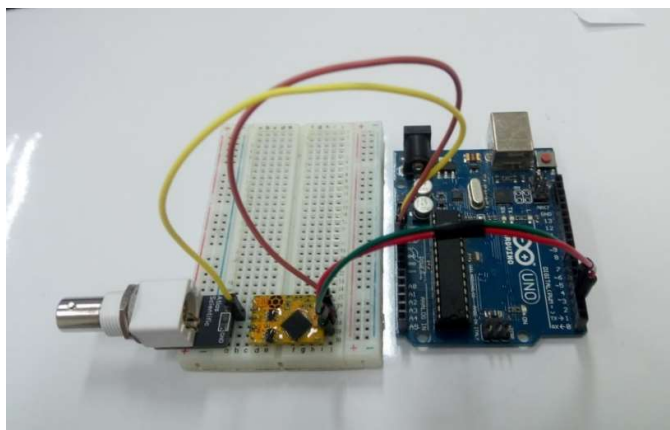
(ค)

รูปที่ 4.17 ค่าความความนำไฟฟ้า (ก) น้ำดื่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
(ข) น้ำดื่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (ค) น้ำประปาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

4.1.4 ทดสอบเซ็นเซอร์วัดค่าปริมาณออกซิเจน

ทดสอบการทำงานของเซ็นเซอร์วัดค่าปริมาณออกซิเจนเทียบน้ำยาสอบเทียบมาตรฐาน มีขั้นตอนดังนี้

1. ต่อบางจร ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.18 การต่อวงจรวัดค่าปริมาณออกซิเจน

2. เขียนโปรแกรมเพื่อรับค่าจากเซ็นเซอร์
3. อ่านผลลัพธ์จากหน้าจอของโปรแกรม Arduino IDE

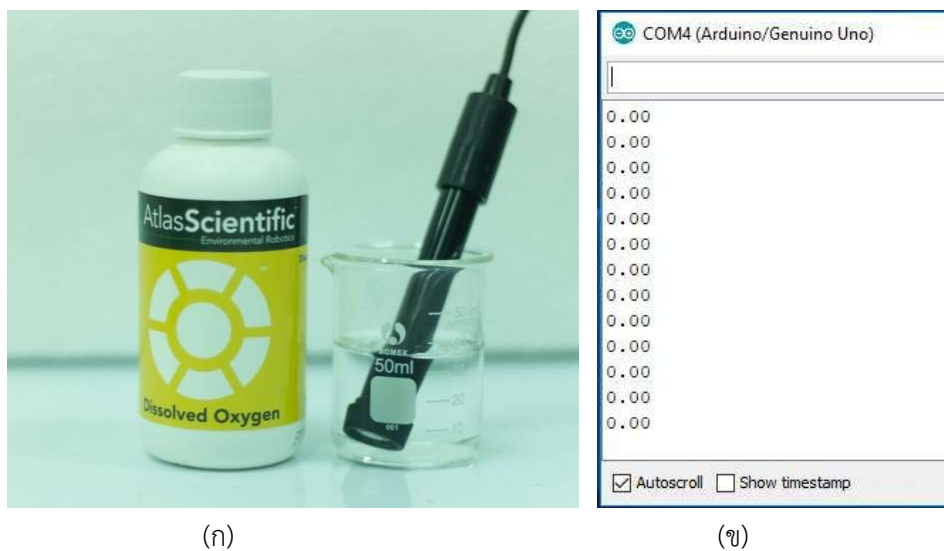
ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบเซ็นเซอร์วัดค่าปริมาณออกซิเจน

ประเภทของน้ำ	ปริมาณออกซิเจน(mg/L)		ค่าความผิดพลาด (ร้อยละ)
	ค่ามาตรฐาน	ค่าที่วัดได้	
น้ำยาสอบเทียบมาตรฐาน	0	0	0
น้ำดื่ม	-	5.21	-
น้ำประปา	-	4.48	-

จากตารางที่ 4.4 ค่าปริมาณออกซิเจนที่ได้จากการวัดน้ำยาสอบเทียบมาตรฐานมีความผิดพลาดเท่ากับ 0 ในส่วนของน้ำดื่มและน้ำประปาค่าปริมาณออกซิเจนที่ได้เท่ากับ 5.21 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 4.48 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งค่าออกซิเจนของน้ำปกติควรอยู่ในช่วง 5-8 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำประปามีค่าออกซิเจนน้อยกว่าค่าออกซิเจนของน้ำปกติอยู่เล็กน้อย อาจมาจากแหล่งกักเก็บน้ำแบบปิดทำให้อากาศไม่สามารถถ่ายเทได้ แต่น้ำประปาไม่ถึงกับเน่าเสีย ซึ่งน้ำเสียจะมีค่าปริมาณออกซิเจนต่ำกว่า 2 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากการทดลองสรุปได้ว่า ค่าปริมาณออกซิเจนในน้ำของน้ำที่ต่างกันจะมีค่าไม่เท่ากัน อาจเกิดจากแหล่งกักเก็บ หรือความสะอาดของน้ำ ในส่วนของความแม่นยำของเซ็นเซอร์ เซ็นเซอร์วัดค่าออกซิเจน มีความแม่นยำสูง

วัดค่าปริมาณออกซิเจนของน้ำยาสอบเทียบมาตรฐานที่ 0 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังแสดงในรูปที่ 4.19



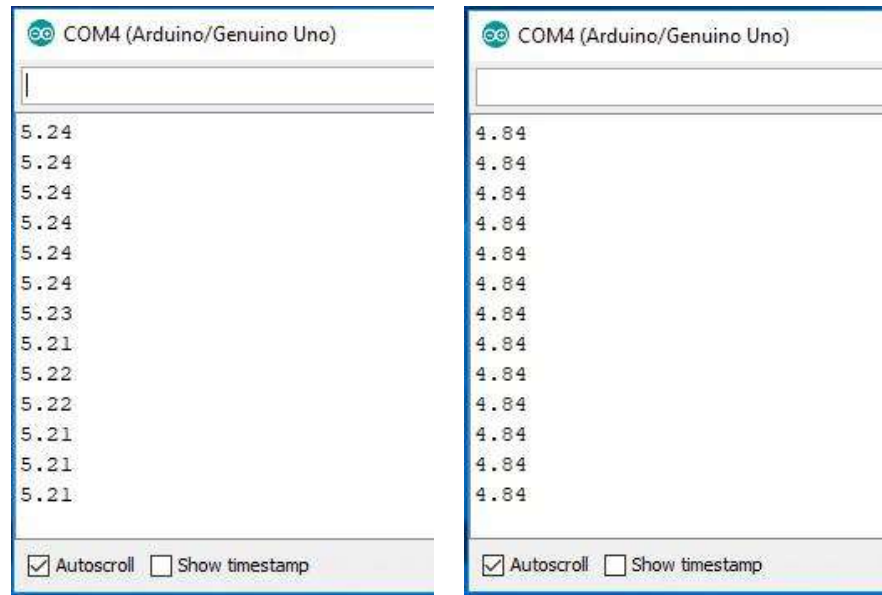
รูปที่ 4.19 ค่าปริมาณออกซิเจน (ก) วัดค่าปริมาณออกซิเจนของน้ำยาสอบเทียบมาตรฐาน
(ข) ค่าปริมาณออกซิเจนของน้ำยาสอบเทียบมาตรฐาน

วัดค่าปริมาณออกซิเจนของน้ำดื่มและน้ำประปา ดังแสดงในรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 วัดค่าปริมาณออกซิเจนของน้ำดื่มและน้ำประปา โดยใช้เซ็นเซอร์วัดค่าปริมาณออกซิเจน

ค่าปริมาณออกซิเจนของน้ำดื่มและน้ำประปา ดังแสดงในรูปที่ 4.21



(ก)

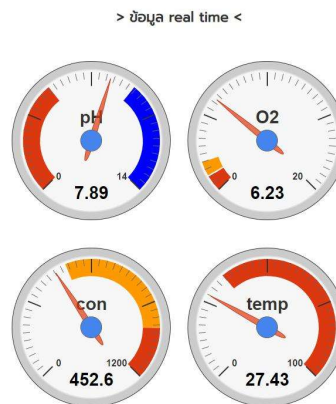
(ข)

รูปที่ 4.21 ค่าปริมาณออกซิเจน (ก) น้ำดื่ม (ข) น้ำประปา

4.2 ทดสอบการแสดงผลบนเว็บแอปพลิเคชัน

4.2.1 ทดสอบการแสดงผลบนเว็บแอปพลิเคชัน

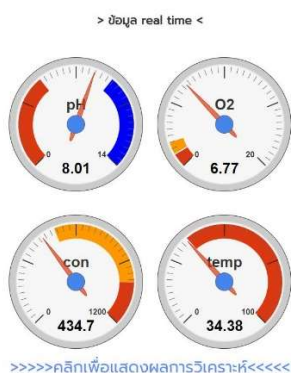
ทดสอบการแสดงผลแบบเรียลไทม์บนเว็บแอปพลิเคชัน ดังแสดงในรูปที่ 4.22 การแสดงผลบนเว็บแอปพลิเคชันตรงกับค่าที่เก็บไว้ในฐานข้อมูล เมื่อเซ็นเซอร์มีการส่งค่าผิดพลาดเข้ามาเว็บแอปพลิเคชันจะไม่อัปเดตข้อมูล



รูปที่ 4.22 การแสดงผลแบบเรียลไทม์บนเว็บแอปพลิเคชัน

4.2.2 ทดสอบการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ทดสอบการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ โดยนำค่าคุณภาพน้ำแบบเรียลไทม์บนเว็บแอปพลิเคชันมาเทียบกับผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง
ค่าคุณภาพน้ำแบบเรียลไทม์อยู่ในเกณฑ์ “ปกติ” ดังแสดงในรูปที่ 4.23



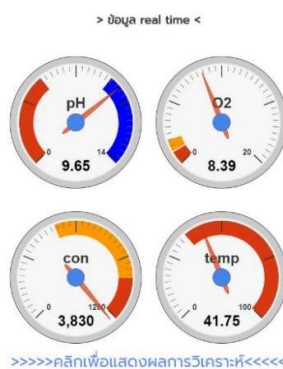
รูปที่ 4.23 ค่าคุณภาพน้ำแบบเรียลไทม์อยู่ในเกณฑ์ “ปกติ”

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเป็น “ปกติ” ตรงกับค่าคุณภาพน้ำแบบเรียลไทม์ ดังแสดงในรูปที่ 4.24



รูปที่ 4.24 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเป็น “ปกติ”

ค่าคุณภาพน้ำแบบเรียลไทม์อยู่ในเกณฑ์ “วิกฤติ” ดังแสดงในรูปที่ 4.25



รูปที่ 4.25 ค่าคุณภาพน้ำแบบเรียลไทม์อยู่ในเกณฑ์ “วิกฤติ”

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเป็น “วิกฤติ” ตรงกับค่าคุณภาพน้ำแบบเรียลไทม์ ดังแสดงในรูปที่ 4.26



รูปที่ 4.26 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเป็น “วิกฤติ”

4.3 ทดสอบการลอยน้ำ

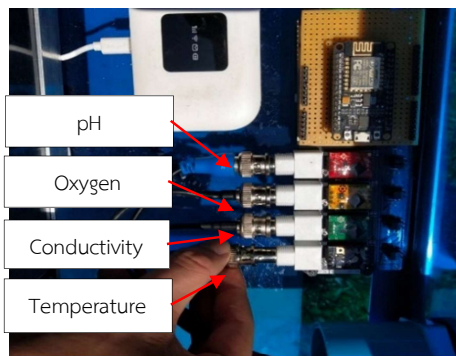
การทดสอบการลอยน้ำเป็นการทดสอบการนำอุปกรณ์ที่จัดทำขึ้นไปลอยในแหล่งน้ำนิ่ง น้ำหนักรวมอุปกรณ์อยู่ที่ 20 กิโลกรัม ใช้วัสดุสำคัญที่ช่วยรับน้ำหนัก คือ ท่อพีวีซี ขนาด 4 นิ้ว จำนวน 2 ท่อ ขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์ ดังนี้

1. ทำการติดตั้งบอร์ดและ Pocket WiFi ลงในอุปกรณ์ที่ได้เตรียมไว้ ดังแสดงในรูปที่ 4.27



รูปที่ 4.27 ติดตั้งบอร์ดกับ Pocket WiFi ลงอุปกรณ์

2. เสียบหัวโพรบของเซ็นเซอร์ทั้ง 4 ตัวเข้ากับตัวบอร์ด ดังแสดงในรูปที่ 4.28



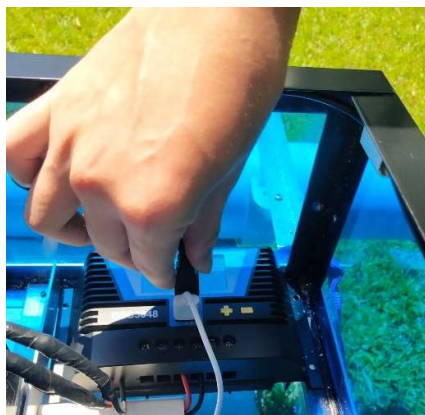
รูปที่ 4.28 ต่อเซ็นเซอร์เข้ากับตัวบอร์ด

3. ติดตั้งแบตเตอรี่ ดังแสดงในรูปที่ 4.29



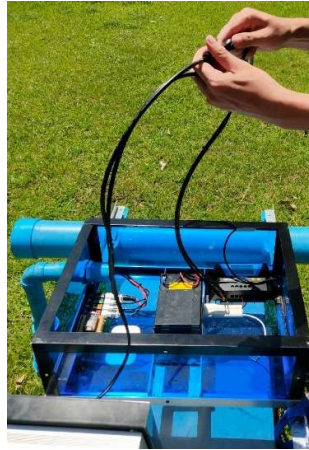
รูปที่ 4.29 ติดตั้งแบตเตอรี่

4. ติดตั้งเครื่องควบคุมการชาร์จ ดังแสดงในรูปที่ 4.30



รูปที่ 4.30 ติดตั้งเครื่องควบคุมการชาร์จ

5. ต่อสายไฟโซล่าเซลล์เข้ากับเครื่องควบคุมการชาร์จให้ถูกต้อง ดังแสดงในรูปที่ 4.31



รูปที่ 4.31 ต่อสายไฟโซลาร์เซลล์เข้ากับเครื่องควบคุมการชาร์จ

6. ปิดฝาครอบอุปกรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.32



รูปที่ 4.32 ปิดฝาครอบอุปกรณ์

7. ติดตั้งทุกอย่างครบเรียบร้อยและเช็คความเรียบร้อย ดังแสดงในรูปที่ 4.33



รูปที่ 4.33 ติดตั้งทุกอย่างครบเรียบร้อย

นำอุปกรณ์ไปลอยในแหล่งน้ำดังรูปที่ 4.34 พบว่าอุปกรณ์มีการลอยตัวที่ระดับกึ่งกลางของท่อพีวีซีดังรูปที่ 4.35 เนื่องจากกระแหว่งทำการทดสอบมีฝนและลมแรง ซึ่งเกิดการเคลื่อนไหวในทิศทางซ้ายขวาตามลม แต่ยังสามารถทรงตัวได้และไม่ทำให้น้ำซึมเข้าไปด้านใน



รูปที่ 4.34 นำอุปกรณ์ไปลอยในแหล่งน้ำ



รูปที่ 4.35 ทดสอบการลอยน้ำ

4.4 ทดสอบแหล่งจ่ายพลังงาน

การทดสอบแหล่งจ่ายพลังงานแบบกลางแจ้ง โดยนำอุปกรณ์ไปลอยในแหล่งน้ำกลางแจ้งเป็นระยะเวลา 7 วัน ดังแสดงในรูปที่ 4.36



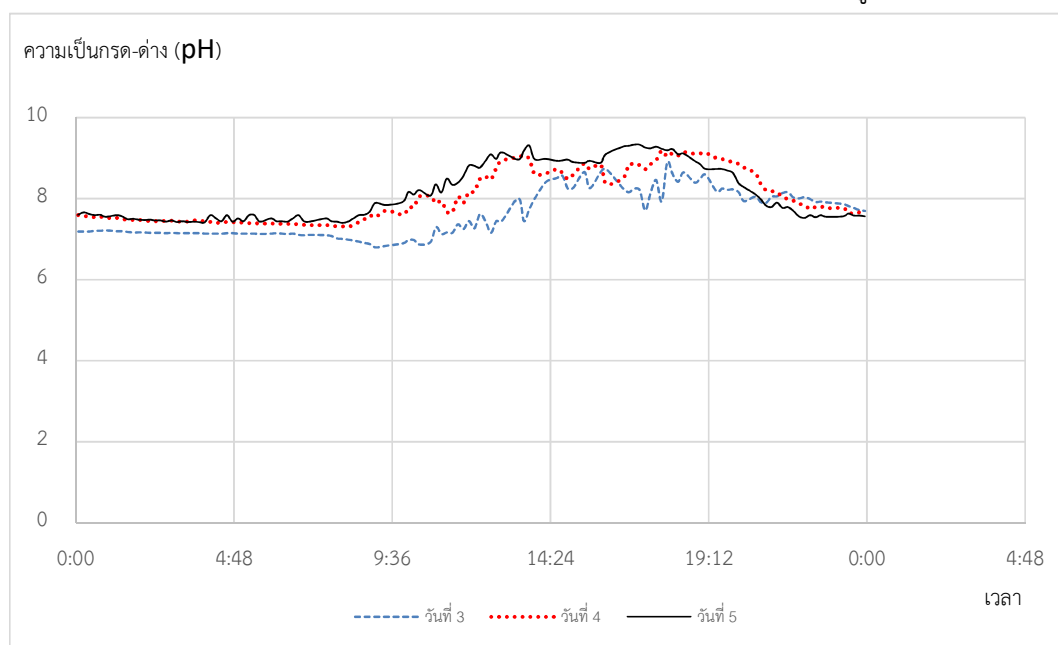
รูปที่ 4.36 ทดสอบแหล่งจ่ายพลังงานแบบกลางแจ้ง

จากการทดสอบแหล่งจ่ายพลังงาน พบว่า อุปกรณ์สามารถทำงานได้ตลอดระยะเวลา 7 วันและสามารถทำงานต่อไปได้อีก เนื่องจากช่วงเวลากลางวันอุปกรณ์จะมีการชาร์จพลังงานจากโซลาร์เซลล์ ซึ่งเพียงพอสำหรับการเลี้ยงอุปกรณ์ให้สามารถทำงานในช่วงกลางคืนได้

4.5 ทดสอบระบบวัดคุณภาพน้ำอัตโนมัติ

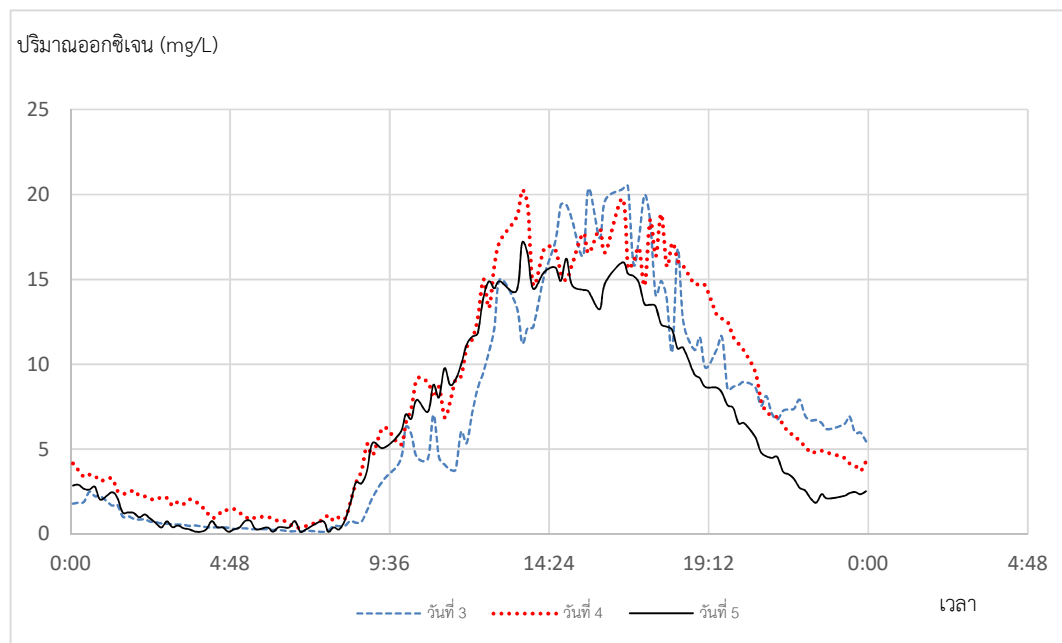
ทดสอบระบบฯ โดยนำอุปกรณ์ที่ได้ออกแบบไว้ไปลอยในแหล่งน้ำที่ต้องการทดสอบเป็นระยะเวลา 3 วัน ตั้งแต่ วันที่ 3 เมษายน 2562 ถึง 5 เมษายน 2562 ระบบจะมีการเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำทุกๆ 10 นาที

ค่าความเป็นกรด-ด่าง ตั้งแต่วันที่ 3 เมษายน ถึง 5 เมษายน 2562 แสดงดังในรูปที่ 4.38



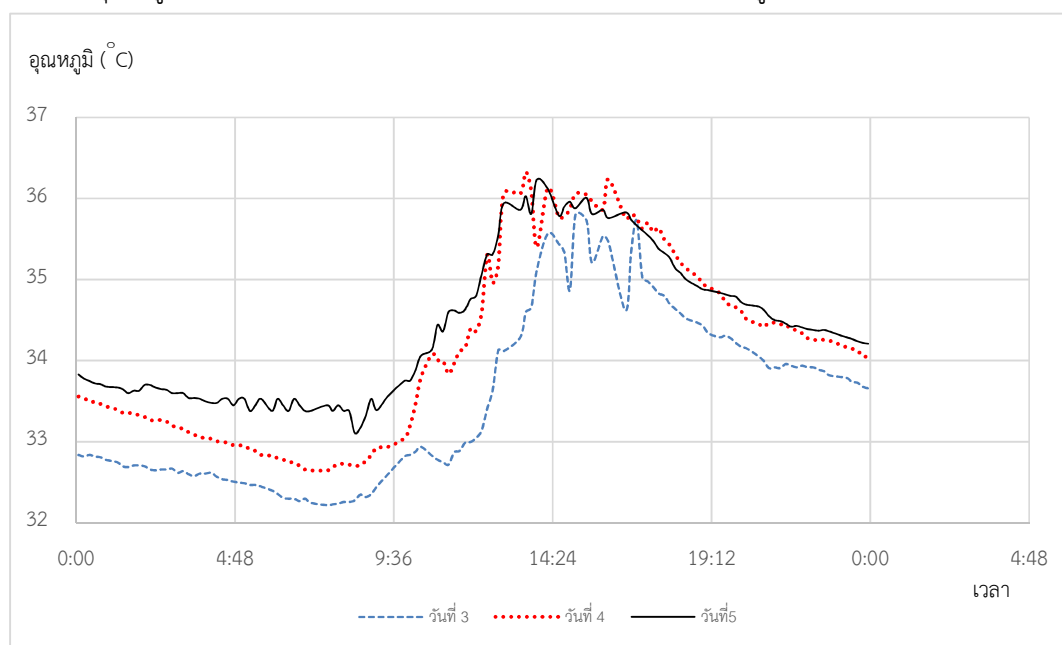
รูปที่ 4.38 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ตั้งแต่วันที่ 3 เมษายน ถึง 5 เมษายน

ค่าปริมาณออกซิเจนตั้งแต่วันที่ 3 เมษายน ถึง 5 เมษายน 2562 แสดงดังในรูปที่ 4.39



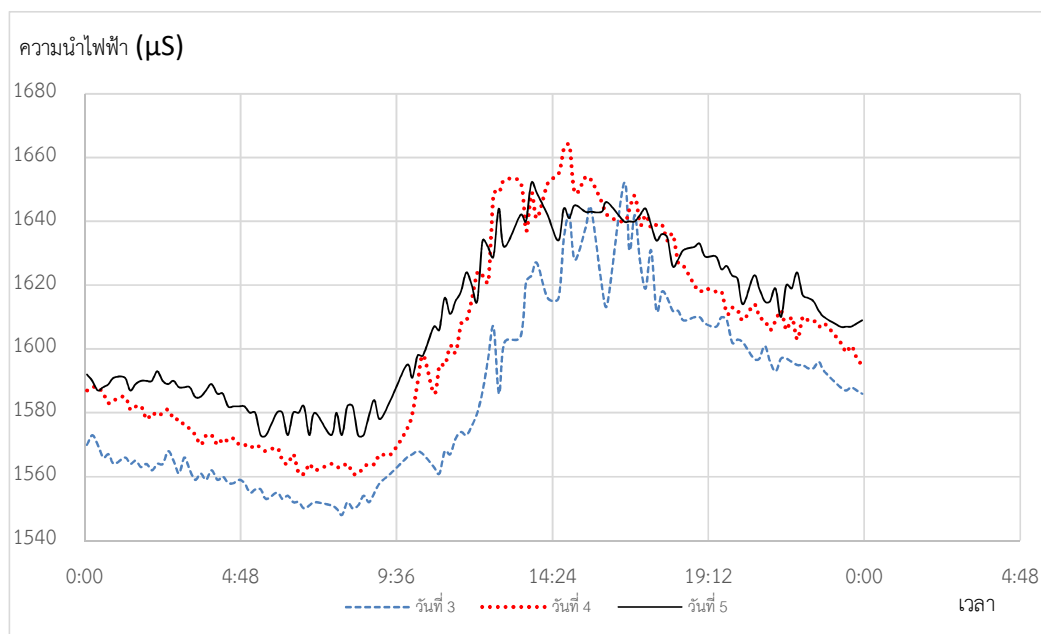
รูปที่ 4.39 ค่าปริมาณออกซิเจน ตั้งแต่วันที่ 3 เมษายน ถึง 5 เมษายน 2562

ค่าอุณหภูมิ ตั้งแต่วันที่ 3 เมษายน ถึง 5 เมษายน 2562 แสดงดังในรูปที่ 4.40



รูปที่ 4.40 ค่าอุณหภูมิ ตั้งแต่วันที่ 3 เมษายน ถึง 5 เมษายน 2562

ค่าความนำไฟฟ้า ตั้งแต่วันที่ 3 เมษายน ถึง 5 เมษายน แสดงดังในรูปที่ 4.41



รูปที่ 4.41 ค่าความนำไฟฟ้า ตั้งแต่วันที่ 3 เมษายน ถึง 5 เมษายน 2562

จากการทดลอง พบว่า ข้อมูลคุณภาพน้ำในแต่ละวันมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน ค่าความเป็นกรด-ด่างในแต่ละวันมีการเปลี่ยนแปลงน้อย เนื่องจากค่าความเป็นกรด-ด่างขึ้นอยู่กับสารเจือปนในน้ำ เช่น โลหะ ซึ่งในแต่ละวันแหล่งน้ำไม่ได้มีการหมุนเวียน

ค่าปริมาณออกซิเจนในน้ำมีการเปลี่ยนแปลงตลอดทั้งวัน โดยจะมีค่าสูงขึ้นในตอนกลางวันและลดลงในตอนกลางคืน ซึ่งปริมาณออกซิเจนจะสูงสุดเมื่อช่วงเวลาประมาณ 13.00-16.00 น. และต่ำสุดเมื่อช่วงเวลาประมาณ 3.00-8.00 น. เนื่องจากในช่วงกลางวันมีการเปิดเครื่องบำบัดน้ำและพืชในน้ำมีการสังเคราะห์แสงส่งผลให้มีปริมาณออกซิเจนเพิ่มขึ้น ส่วนช่วงกลางคืนแหล่งน้ำไม่ได้เปิดเครื่องบำบัดน้ำและพืชในน้ำไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ส่งผลให้มีปริมาณออกซิเจนลดลง

ค่าอุณหภูมิของแหล่งน้ำแต่ละวันมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย เนื่องจากในช่วงกลางวันและกลางคืนมีอุณหภูมิที่ไม่เท่ากันส่งผลให้อุณหภูมิของน้ำเปลี่ยนแปลง โดยค่าสูงสุดที่ 36 องศาเซลเซียส และต่ำสุดที่ 32 องศาเซลเซียส ค่าความนำไฟฟ้ามีหลายปัจจัยที่ทำให้ค่ามีการเปลี่ยนแปลง เช่น สารที่ละลายในน้ำ อุณหภูมิและลักษณะทางธรณีวิทยา แต่ปัจจัยที่ส่งผลต่อการทดลองนี้ คือ อุณหภูมิ สังเกตได้จากกราฟค่าความนำไฟฟ้า (รูปที่ 4.41) และกราฟค่าอุณหภูมิ (รูปที่ 4.40) มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน

บทที่ 5

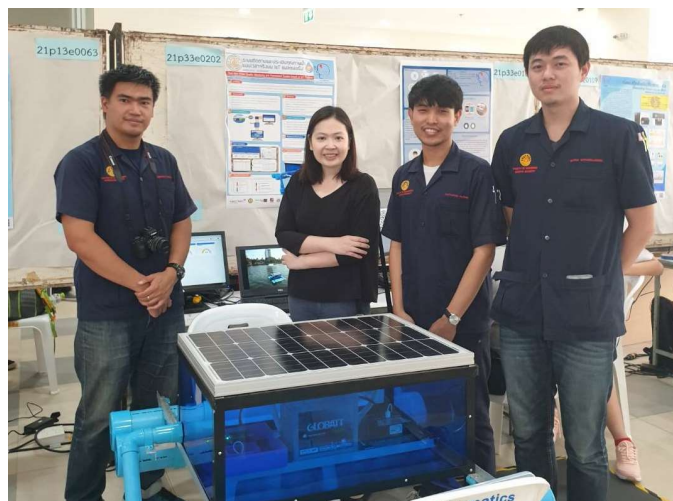
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ระบบวัดคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัติประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนแหล่งจ่ายพลังงาน ที่ประกอบด้วย แผงโซลาร์เซลล์ เครื่องควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ และแบตเตอรี่ ส่วนอุปกรณ์ของระบบฯ ประกอบไปด้วย เซ็นเซอร์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ เซ็นเซอร์วัดปริมาณออกซิเจนในน้ำ เซ็นเซอร์วัดความนำไฟฟ้า บอร์ดควบคุม NodeMCU และ Pocket WiFi ขั้นตอนการทำงานของระบบฯ เริ่มต้นจากบอร์ด Arduino อ่านค่าจากเซ็นเซอร์ทั้ง 4 ตัว ทุกๆ 10 นาที จากนั้น NodeMCU รับค่าจากบอร์ด Arduino ระบบจะเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตไร้สายผ่านทาง WiFi เพื่อจัดเก็บค่าต่างๆ ลงฐานข้อมูลสำหรับการเรียกดูข้อมูลย้อนหลัง และแสดงผลแบบเรียลไทม์ พร้อมทั้งมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้นบนเว็บแอปพลิเคชันที่จัดทำขึ้น โดยเกณฑ์ที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ปกติ ฝ้าระวัง และวิกฤติ จากผลทดสอบการทำงานของเซ็นเซอร์ทั้ง 4 ตัว พบว่าเซ็นเซอร์วัดความเป็น กรด-ด่าง เซ็นเซอร์วัดปริมาณออกซิเจน เซ็นเซอร์วัดความนำไฟฟ้า ค่าความคลาดเคลื่อนต่ำกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ระบบฯ สามารถทำงานได้ถึง 7 วัน หรือมากกว่าในวันที่มีแสงแดดเพียงพอ

ผลผลิต (Output)

เครื่องมือจัดแสดงงานในงานแข่งขันโปรแกรมคอมพิวเตอร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 18 (NSC 2019) หมวดโปรแกรมเพื่อการประยุกต์ใช้งานสำหรับสื่อสารระหว่างสรรพสิ่ง (Internet of Things) โครงการเรื่อง “ระบบติดตามและประเมินคุณภาพน้ำแบบเวลาจริงบน IoT แพลตฟอร์ม รอบภูมิภาค (ภาคตะวันออก)”

วันที่ 31 มกราคม 2562 ณ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยบูรพา

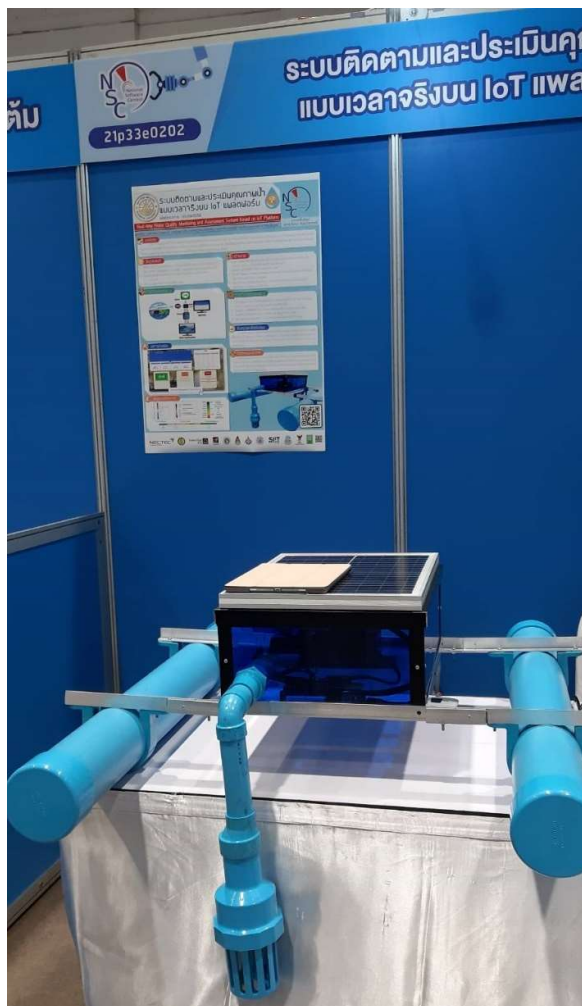




รอบชิงชนะเลิศ

วันที่ 13-15 มีนาคม 2562 เวลา 8:30-19:00 น. ณ ไอส์แลนด์ฮอลล์ ชั้น 3 ศูนย์การค้าแฟชั่นไอส์แลนด์
ภายใต้งาน “มหกรรมประกวดเทคโนโลยีสารสนเทศแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 18”







มหาวิทยาลัยบูรพา
BURAPHA UNIVERSITY

ระบบติดตามและประเมินคุณภาพน้ำแบบเวลาจริงบน IoT แพลตฟอร์ม

รหัสโครงการ : 21p33e0202



NSC
National Software Contest

Real-time Water Quality Monitoring and Assessment System based on IoT Platform

พัฒนาโดย : นายธีระพัฒน์ หายเคราะห์ นายณัฐพล นามชน นายชวณัฐ กัญญาณชัยเจริญ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ.ดร.จินกนา บัญญาวารสารณ์

บทคัดย่อ

การตรวจวัดคุณภาพน้ำเป็นการแสวงหาข้อมูลเพื่อให้ทราบถึงสภาพของคุณภาพน้ำ ณ ตำแหน่งที่ทดสอบ โดยจะวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าอุณหภูมิ ค่าออกซิเจนในน้ำ และค่าความนำไฟฟ้า ซึ่งค่าดังกล่าวข้างต้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้ด้านการเกษตร เช่น เสถียรของดินซึ่งเหมาะปลูกตามสภาพน้ำ เป็นต้น ด้านสิ่งแวดล้อม เช่น ตรวจสอบคุณภาพน้ำใกล้แหล่งชุมชนที่อยู่อาศัย หรือตรวจสอบคุณภาพน้ำที่ปล่อยจากโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการทำงานของเซ็นเซอร์ตรวจวัดคุณภาพน้ำที่ประกอบด้วย ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อุณหภูมิ (Temperature) ความนำไฟฟ้า (Conductivity) และปริมาณออกซิเจนในน้ำ
2. เพื่อออกแบบและสร้างอุปกรณ์ตรวจสอบคุณภาพของน้ำที่สามารถตรวจวัดค่าต่างๆ แบบเวลาจริง
3. เพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ณ ตำแหน่งที่ตรวจสอบ

เป้าหมาย

- 1.บอร์ด Arduino UNO เชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์ตรวจวัดคุณภาพน้ำทั้ง 4 ตัว คือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ ความนำไฟฟ้า และปริมาณออกซิเจนในน้ำ
2. NodeMCU (ESP8266) ใช้สำหรับเชื่อมต่อผ่าน WIFI
3. NETPIE (Network Platform for Internet of Everything) ใช้สำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่อยู่บนอินเทอร์เน็ต พร้อมทั้งแสดง dashboard
4. แสดงผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำแบบเวลาจริงและสามารถเรียกดูค่าต่างๆ ย้อนหลัง พร้อมทั้งวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น

ภาพรวมของระบบ



การทำงานของระบบ

1. บอร์ด Arduino UNO อ่านค่าจากเซ็นเซอร์ตรวจวัดคุณภาพน้ำทั้ง 4 ตัว คือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ ความนำไฟฟ้า และปริมาณออกซิเจนในน้ำ
2. NodeMCU (ESP8266) รับค่าการตรวจวัดคุณภาพน้ำจากบอร์ด Arduino UNO
3. NodeMCU (ESP8266) เชื่อมต่อ NETPIE และ Server ผ่านทาง WIFI
4. Web application แสดงผลค่าการตรวจวัดคุณภาพน้ำย้อนหลังที่เก็บใน Server

ผลการทดสอบ

The screenshot shows the web application interface. It displays real-time water quality data including pH, Temperature, Conductivity, and Dissolved Oxygen. There are three status indicators: 'ปกติ' (Good), 'เตือน' (Warning), and 'วิกฤติ' (Critical). A 'Data' table is also visible on the right side of the interface.

ข้อมูลการวิเคราะห์

This section contains three charts and a data table. The first chart shows pH levels, the second shows Temperature, and the third shows Conductivity. The data table below provides numerical values for these parameters.

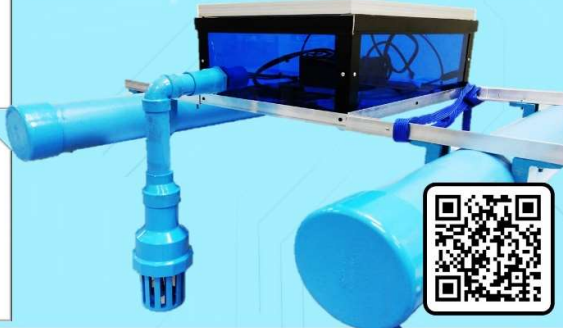
ค่า	pH	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าความนำไฟฟ้า (µS/cm)
min	6.85	-2	< 100
max	8.55	35.9	300-900
avg	7.5	27	< 1000

ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ

ระบบติดตามและประเมินคุณภาพน้ำแบบเวลาจริงสามารถใช้งานได้จริงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งเป้าหมายไว้ โดยระบบจะวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าอุณหภูมิ ค่าออกซิเจนในน้ำ และค่าความนำไฟฟ้า ซึ่งค่าดังกล่าวข้างต้นเหมาะสำหรับวิเคราะห์ค่าน้ำที่ปล่อยจากโรงงานอุตสาหกรรม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สำหรับสถานที่ทำโครงการวิจัย อุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ สภานิติบัญญัติ (แผ่นดิน) 43/2559 และโปรแกรมที่พัฒนาได้รับทุนอุดหนุนจาก NECTEC รหัสโครงการ 21p33e0202





NECTEC
a member of NSTDA



ไทยพาณิชย์
SCB



SIT
25



NSCT

โปสเตอร์แสดงผลงานในงานแข่งขันโปรแกรมคอมพิวเตอร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 18

บรรณานุกรม

- การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2558. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก:
<http://www3.egat.co.th/re/solarcell/solarcell.htm> (วันที่สืบค้น 5 พ.ย. 2558).
- ชูกิจ ลิมปิจำนงค์. (2018). *globethailand*. เรียกใช้เมื่อ 2 ธันวาคม 2561 จาก globethailand:
<http://globethailand.ipst.ac.th/>
- บริษัท กรีน บรรอยด์ จำกัด. 2558. สถานีรายงานคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัติ ต.ศรีสำโรง จ.สุโขทัย. [ออนไลน์]. สืบค้น
 จาก: <http://goo.gl/pfW3ol> (วันที่สืบค้น 25 ตุลาคม 2558).
- สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 6. 2558. เจ้าหน้าที่สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 6 (นนทบุรี) ลงพื้นที่เก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: <http://goo.gl/sdbP1D> (วันที่สืบค้น 25 ตุลาคม 2558).
- Atlas Scientific. Retrieved from: <https://www.atlas-scientific.com> (Retrieved Nov 5, 2015).
- Damian, C., Fosalau, C., Dias Pereira, J. M., Postolache, O., & Girao, P. (2012, October). Sensor network for water quality assesment. In *Electrical and Power Engineering (EPE), 2012 International Conference and Exposition on* (pp. 849-852). IEEE.
- Nasser, N., Ali, A., Karim, L., & Belhaouari, S. (2013, May). An efficient Wireless Sensor Network-based water quality monitoring system. In *Computer Systems and Applications (AICCSA), 2013 ACS International Conference on* (pp. 1-4). IEEE.
- Osborne, P. W., Hoffman, E., Lovelady, R. W., Holloway, R., & Ferguson, R. L. (1981, September). A Water Quality Monitoring Robot. In *OCEANS 81* (pp. 512-516). IEEE.
- Regan, F., Lawlor, A., Flynn, B. O., Torres, J., Martinez-Catala, R., Mathuna, C. O., & Wallace, J. (2009, October). A demonstration of wireless sensing for long term monitoring of water quality. In *Local Computer Networks, 2009. LCN 2009. IEEE 34th Conference on* (pp. 819-825). IEEE.
- U.S. Environmental Protection Agency. 2558. Retrieved from:
<http://water.epa.gov/type/rsl/monitoring/vms59.cfm> (Retrieved Nov 5, 2015).
- Yue, R., & Ying, T. (2011, March). A water quality monitoring system based on wireless sensor network & solar power supply. In *Cyber Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems (CYBER), 2011 IEEE International Conference on* (pp. 126-129). IEEE.