

เครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์  
AERATOR AND FLOATING GARBAGE COLLECTOR USING SOLAR ENERGY



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์  
AERATOR AND FLOATING GARBAGE COLLECTOR USING SOLAR ENERGY

	โดย	
นางสาวบัณฑิตา	รักษาบุญ	62010508
นางสาวประภัสสร	ชาวทอง	62010532
นางสาวสุกัญญา	คำคุณ	62010958

อาจารย์ที่ปรึกษา  
ศ. ดร.ชวรงค์ พงศ์เจริญพาณิชย์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2565

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

AERATOR AND FLOATING GARBAGE COLLECTOR USING SOLAR ENERGY

ผู้จัดทำ

- |                   |          |          |
|-------------------|----------|----------|
| 1. นางสาวบัณฑิตา  | รักษาบุญ | 62010508 |
| 2. นางสาวประภัสสร | ขาวทอง   | 62010532 |
| 3. นางสาวสุกัญญา  | คำคุณ    | 62010958 |



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ศ. ดร.ชวรงค์ พงศ์เจริญพาณิชย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่อง “เครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์” จะไม่สามารถดำเนินการล่องไปได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจากอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ศ. ดร.ชวรงค์ พงศ์เจริญพาณิชย์ รวมทั้งรุ่นพี่ทุกท่านในห้องปฏิบัติการทดลองที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ตลอดจนแนวทางอันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษา ค้นคว้า และวิจัย เพื่อให้ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมถึงให้การสนับสนุนอุปกรณ์ต่าง ๆ เครื่องมือ และสถานที่ ในระหว่างการจัดทำปริญญานิพนธ์

ขอขอบคุณคุณอาจารย์ และเจ้าหน้าที่ทุกท่าน ประจำภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม และเจ้าหน้าที่ประจำคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้การสนับสนุนเครื่องมือ และสถานที่ในการทดสอบปริญญานิพนธ์

ขอขอบพระคุณครอบครัว ที่ได้มอบความรัก ความหวังใย และกำลังใจที่สำคัญเสมอมา และให้การสนับสนุนโอกาสทางการศึกษาอันมีค่าแก่ผู้จัดทำ

นางสาวบัณฑิตา	รักษาบุญ
นางสาวประภัสสร	ชาวทอง
นางสาวสุกัญญา	ค้าคุณ
	ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์  
AERATOR AND FLOATING GARBAGE COLLECTOR USING  
SOLAR ENERGY

โดย	นางสาวบัณฑิตา	รักษาบุญ	62010508
	นางสาวประภัสสร	ชาวทอง	62010532
	นางสาวสุกัญญา	คำคุณ	62010958

อาจารย์ที่ปรึกษา ศ. ดร.ชวรงค์ พงศ์เจริญพาณิชย์

### บทคัดย่อ

เนื่องด้วยเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals : SDGs) เพื่อการแก้ปัญหาต่าง ๆ เช่น ความยากจน ความไม่เท่าเทียม สภาพโลกร้อน และสันติสุข โดยหนึ่งใน 17 เป้าหมาย คือการสร้างหลักประกันเรื่องน้ำและการสุขาภิบาล ให้มีการจัดการอย่างยั่งยืน ซึ่งครอบคลุมไปถึงประเด็นที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางน้ำ การบำบัดน้ำเสีย การปกป้องและฟื้นฟูระบบนิเวศที่เกี่ยวข้อง ปริญญาโทฉบับนี้จึงได้จัดทำขึ้นเพื่อให้สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน เพื่อปรับปรุงแหล่งน้ำโดยการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการเพิ่มออกซิเจนลงไปใต้น้ำและเก็บขยะขนาดเล็กที่ลอยอยู่บนผิวน้ำได้ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดภาวะมลพิษทางน้ำที่จะส่งผลกระทบต่อวงจรชีวิตของสัตว์น้ำ และระบบนิเวศ โดยปริญญาโทฉบับนี้เป็นการพัฒนาเครื่องเติมอากาศแบบกักหันตื้นน้ำและเก็บขยะลอยน้ำด้วยการควบคุมทิศทางการไหลผ่านแอปพลิเคชัน พร้อมด้วยการประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำงานร่วมกับมอเตอร์และเซนเซอร์ นอกจากนี้ยังนำพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นพลังงานสะอาดมาประยุกต์ใช้เป็นแหล่งพลังงานให้กับอุปกรณ์ดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ABSTRACT

The Sustainable Development Goals (SDGs) are aimed at addressing pressing societal and environmental issues, such as poverty, inequality, global warming, and peace. Among the 17 goals, ensuring sustainable management of water and sanitation is of paramount importance, covering critical areas such as water pollution, wastewater treatment, and the protection and restoration of ecosystems. Aligned with the SDGs, this thesis focuses on improving water resources by introducing oxygen into wastewater and collecting small floating debris on the water surface. By doing so, it aims to prevent water pollution that poses a threat to the life cycle of aquatic animals and ecosystems. To achieve this, a paddle wheel aerator and floating garbage collector have been developed, both of which are operated by a microcontroller that controls motors and sensors. Furthermore, to ensure a clean energy source, the system is powered by solar energy. Overall, this thesis serves as a valuable contribution to the advancement of sustainable management of water resources, in line with the broader SDGs agenda.

## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	IX
<b>บทที่ 1    บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์	2
<b>บทที่ 2    ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>3</b>
2.1 ESP32-WROOM-32	3
2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	5
2.3 ไมโครสวิตช์มอเตอร์ L298N	7
2.4 เซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก HC-SR04	8
2.5 เซนเซอร์ระบุตำแหน่งพิกัด GPS GY-NEO6MV2 NEO-6M	10
2.6 แผงพลังงานแสงอาทิตย์	11
2.7 โซลาร์ชาร์จคอนโทรลเลอร์	13
2.8 แบตเตอรี่	14
2.9 แอปพลิเคชัน	18
2.10 ระบบแจ้งเตือน Line notify	24
2.11 การตรวจวัดคุณภาพน้ำ	25
<b>บทที่ 3    การออกแบบและการจัดทำปริญญานิพนธ์</b>	<b>29</b>
3.1 การออกแบบ	29
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง	42
<b>บทที่ 4 ผลการทดลอง</b>	<b>46</b>
4.1 ผลการทดสอบการทำงานของเซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก	46
4.2 ผลการทดสอบการทำงานของเซนเซอร์ระบุตำแหน่งพิกัด GPS	49
4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ขณะอยู่บนบก	52
4.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ขณะอยู่ในน้ำ	53
4.5 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ที่ชาร์จโดยแผงพลังงานแสงอาทิตย์	54
4.6 ผลการทดสอบความเร็วของมอเตอร์ที่ใช้สำหรับเครื่องเติมอากาศ	54
4.7 ผลการทดสอบการทำงานของเว็บแอปพลิเคชัน	57
4.8 ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์	60
<b>บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ</b>	<b>65</b>
5.1 สรุปผล	65
5.2 ข้อเสนอแนะ	67
<b>บรรณานุกรม</b>	<b>68</b>
<b>ภาคผนวก</b>	
คำสั่งการควบคุมเว็บแอปพลิเคชันสำหรับเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์	73

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ESP32-WROOM-32	4
2.2 ขาใช้งานของ ESP32-WROOM-32 แบบ 38 PIN	4
2.3 มอเตอร์ ZGA60FM	6
2.4 มอเตอร์ ZGA37RG	6
2.5 โมดูลขับมอเตอร์ L298N	7
2.6 เซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก HC-SR04	9
2.7 หลักการวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก	9
2.8 เซนเซอร์ระบุตำแหน่งพิกัด GPS GY-NEO6MV2 NEO-6M	11
2.9 แผงพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์	13
2.10 แผงพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดโมโนคริสตัลไลน์	13
2.11 โซลาร์ชาร์จคอนโทรลเลอร์	14
2.12 แบตเตอรี่	15
2.13 การเชื่อมต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม	16
2.14 การเชื่อมต่อแบตเตอรี่แบบขนาน	16
2.15 โครงสร้างภาษา C	21
2.16 โครงสร้างไฟล์ HTML	22
2.17 ระบบแจ้งเตือน Line Notify	25
2.18 ชุดทดสอบออกซิเจนในน้ำ	28
3.1 บล็อกไดอะแกรมภาพรวมของระบบ	29
3.2 ภาพจำลองโครงสร้าง 3 มิติของเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์	30
3.3 ภาพถ่ายด้านหน้าของเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์	31
3.4 ภาพถ่ายด้านข้างของเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์	31
3.5 ภาพถ่ายด้านหลังของเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.6 ภาพถ่ายด้านบนของเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์	32
3.7 บล็อกไดอะแกรมของระบบการเคลื่อนที่ของเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์	33
3.8 แผนผังการออกแบบระบบการเคลื่อนที่ของเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์	34
3.9 แผนผังการควบคุมระบบการเก็บขยะลอยน้ำ	35
3.10 แผนผังการออกแบบระบบการเติมอากาศ	36
3.11 การเชื่อมต่อวงจรของเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์	37
3.12 การเคลื่อนที่แบบ DIFFERENTIAL DRIVE	38
3.13 หน้าเว็บแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ	39
3.14 หน้าเว็บแอปพลิเคชันบนคอมพิวเตอร์	39
3.15 กระบวนการในการส่งค่า	40
3.16 ใบพัดกังหันน้ำ	42
4.1 เชื่อมต่อเซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก รุ่น HC-SR04 เข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32	46
4.2 การวัดระยะทางของเซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก	47
4.3 ค่าการวัดระยะทางแสดงผลบนจอ Serial Monitor	47
4.4 การเปรียบเทียบระหว่างค่าระยะทางที่วัดได้กับค่าระยะทางจริง	48
4.5 เชื่อมต่อเซนเซอร์ระบุตำแหน่งพิกัด GPS GY-NEO6MV2 รุ่น NEO-6M เข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32	49
4.6 ค่าละติจูด ลองจิจูด ที่รับได้จากดาวเทียมแสดงผลบนจอ Serial Monitor	50
4.7 การทดสอบหาตำแหน่งพิกัด GPS ณ ตึกภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม เทียบกับตำแหน่งจาก Google Maps	50
4.8 การทดสอบหาตำแหน่งพิกัด GPS ณ อาคารหอประชุม ศ.ประสม รังสีโรจน เทียบกับตำแหน่งจาก Google Maps	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.9 การทดสอบหาตำแหน่งพิกัด GPS ณ คลองประเวศบุรีรมย์เทียบกับตำแหน่งจาก Google Maps	41
4.10 ค่าแรงดันไฟฟ้าขณะใช้งานบนบกของแบตเตอรี่ก้อนที่ 1 และแบตเตอรี่ก้อนที่ 2	52
4.11 ค่าแรงดันไฟฟ้าขณะใช้งานในน้ำของแบตเตอรี่ก้อนที่ 1	53
4.12 ค่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ก้อนที่ 1 ขณะชาร์จโดยแผงพลังงานแสงอาทิตย์	54
4.13 ทดสอบความเร็วของมอเตอร์ที่ใช้สำหรับการเติมอากาศเพื่อบำบัดน้ำเสีย	55
4.14 อุปกรณ์เก็บค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ	55
4.15 การทดสอบระบบแจ้งเตือน Line Notify	57
4.16 การวัดระยะทางด้วยเซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก	58
4.17 ค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิกบนเว็บแอปพลิเคชัน	59
4.18 การทดสอบการเชื่อมต่อเซนเซอร์ระบุตำแหน่งพิกัด GPS กับเว็บแอปพลิเคชัน	60
4.19 ขยะที่เก็บได้จากเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์	61
4.20 สถานที่ที่ใช้ทดสอบการควบคุมความเร็วของเครื่องเติมอากาศผ่านเว็บแอปพลิเคชัน	62
4.21 คุณลักษณะของน้ำขณะเติมอากาศด้วยความเร็วระดับที่ 1	64
4.22 คุณลักษณะของน้ำขณะเติมอากาศด้วยความเร็วระดับที่ 2	64

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
2.1	คุณสมบัติของ ESP32-WROOM-32	3
2.2	คุณสมบัติของโมดูลขับเคลื่อนมอเตอร์ L298N	7
2.3	คุณสมบัติของเซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก HC-SR04	8
2.4	ขาใช้งานของเซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก HC-SR04	8
2.5	คุณสมบัติของเซนเซอร์ระบุตำแหน่งพิกัด GPS GY-NEO6MV2 NEO-6M	10
2.6	คุณสมบัติของแผงพลังงานแสงอาทิตย์รุ่น RAGGIE 18 โวลต์ 20 วัตต์	12
2.7	คุณสมบัติของแบตเตอรี่	15
2.8	พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณการชาร์จแบตเตอรี่	17
4.1	ค่ามาตรฐานของระดับออกซิเจน คุณภาพน้ำ และการใช้ประโยชน์	55
4.2	เปรียบเทียบค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำก่อนและหลังทำการเติมอากาศเพื่อบำบัดน้ำเสีย	56
4.3	เปรียบเทียบค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำก่อนและหลังทำการเติมอากาศด้วยการควบคุมความเร็วของเครื่องเติมอากาศผ่านเว็บแอปพลิเคชัน	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องด้วยเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals : SDGs) ทั้ง 17 เป้าหมาย ของสหประชาชาติ (UN) ที่มีจุดประสงค์เพื่อทำให้โลกดีขึ้นด้วยการพัฒนาทุก ๆ ด้าน อย่างสมดุลบนพื้นฐานของทรัพยากรธรรมชาติ ด้วยการมีส่วนร่วมของประชาชนทุกกลุ่ม โดยใน เป้าหมายที่ 6 คือการสร้างหลักประกันเรื่องน้ำและการจัดการสุขาภิบาลอย่างยั่งยืน ซึ่งครอบคลุมไปถึงประเด็นที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางน้ำ การบำบัดน้ำเสีย การปกป้องและฟื้นฟูระบบนิเวศที่เกี่ยวข้อง ปรวิญญานิพนธ์นี้จึงได้จัดทำขึ้นเพื่อให้สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน เพื่อปรับปรุงแหล่งน้ำ และป้องกันไม่ให้เกิดภาวะมลพิษทางน้ำที่จะส่งผลกระทบต่อวงจรชีวิตของสัตว์น้ำและระบบนิเวศ อีกทั้งได้นำพลังงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้เป็นแหล่งพลังงาน ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายพัฒนาที่ยั่งยืนในเป้าหมายที่ 7 ที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มสัดส่วนของพลังงานทดแทนในการผสมผสานการใช้พลังงานของโลก

ปรวิญญานิพนธ์นี้เป็นการพัฒนาเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ด้วยการควบคุมทิศทางผ่านแอปพลิเคชัน ผ่านการประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำงานร่วมกับมอเตอร์และเซนเซอร์ และนำพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นพลังงานสะอาดมาประยุกต์ใช้เป็นแหล่งพลังงาน ซึ่งเครื่องดังกล่าวสามารถบำบัดน้ำได้ด้วยวิธีการเพิ่มออกซิเจนลงไปใต้น้ำ จนทำให้ปริมาณออกซิเจนเป็นไปตามมาตรฐาน และสามารถใช้ออปพลิเคชันควบคุมการเคลื่อนที่เพื่อเก็บขยะขนาดเล็กที่ลอยอยู่บนผิวน้ำได้ เพื่อช่วยปรับปรุงทัศนียภาพโดยรวมของแหล่งน้ำ ป้องกันไม่ให้เกิดภาวะมลพิษทางน้ำที่จะส่งผลกระทบต่อวงจรชีวิตของสัตว์น้ำตลอดจนระบบนิเวศ และป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นเมื่อใช้แรงงานคนเพื่อเก็บขยะในน้ำ

#### 1.2 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อปรับปรุงทัศนียภาพของแหล่งน้ำ และป้องกันไม่ให้เกิดภาวะมลพิษทางน้ำที่จะส่งผลกระทบต่อวงจรชีวิตของสัตว์น้ำและระบบนิเวศ
- 2) เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นเมื่อใช้แรงงานคนเพื่อเก็บขยะในน้ำ และเพิ่มความสะดวกสบายในการเก็บขยะในจุดที่มนุษย์ไม่สามารถเข้าถึง
- 3) เพื่อนำพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นพลังงานสะอาดมาประยุกต์ใช้เป็นแหล่งพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.3 ขอบเขตของปริญญาโท

ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องเติมอากาศที่สามารถบำบัดน้ำได้ด้วยวิธีการเพิ่มออกซิเจนลงไปใต้น้ำ จนทำให้ปริมาณออกซิเจนเป็นไปตามมาตรฐาน และใช้แอปพลิเคชันเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องเก็บขยะให้สามารถเก็บขยะที่มีขนาดเล็กที่ลอยอยู่บนผิวน้ำ เช่น ใบไม้ และถุงพลาสติก โดยบนแอปพลิเคชันสามารถแสดงข้อมูลที่มาจากรเซนเซอร์ ได้แก่ ปริมาณขยะที่เก็บได้ และระบุตำแหน่งปัจจุบันของเครื่องได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ปริญญานิพนธ์เรื่อง “เครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์” ได้จัดทำเพื่อออกแบบและสร้างอุปกรณ์ที่สามารถเติมอากาศในน้ำเพื่อบำบัดน้ำเสียและเก็บขยะที่ลอยน้ำได้ ซึ่งมีทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

#### 2.1 ESP32-WROOM-32

ESP32-WROOM-32 แสดงดังรูปที่ 2.1 ใช้ชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นใหม่ ESP-32S เป็นบอร์ดที่พัฒนาต่อเนืองมาจาก ESP8266 โดย ESP32 รองรับการทำงานเชื่อมต่อทั้ง Wi-Fi และ Bluetooth ในตัวเดียวกัน นอกจากนี้ยังมีความสามารถที่เพิ่มขึ้นมาจาก ESP8266 เช่น มีเซนเซอร์สัมผัสและเซนเซอร์อุณหภูมิในตัว ความละเอียดของการแปลงข้อมูล Analog-Digital Converter (ADC) มากขึ้น หน่วยความจำมากขึ้นทำให้การต่อพ่วงอุปกรณ์ต่าง ๆ น้อยลง จึงเหมาะเป็นบอร์ดสำหรับทดลอง ใช้ติดต่อกับวงจรหรืออุปกรณ์ภายนอกเนื่องจากใช้งานได้ง่าย มีขาใช้งานถึง 38 ขา แสดงดังรูปที่ 2.2 รองรับเขียนโปรแกรมโดยใช้ Arduino IDE และรองรับไลบรารีส่วนใหญ่ของ Arduino แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการทำงานอยู่ในช่วง 2.7 โวลต์ ถึง 3.6 โวลต์ สามารถทำงานได้ที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส ถึง 125 องศาเซลเซียส คุณสมบัติของ ESP32-WROOM-32 แสดงดังตารางที่ 2.1 [1]

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของ ESP32-WROOM-32

ข้อมูลทางเทคนิค	คำอธิบาย
ซีพียูสถาปัตยกรรม	Xtensa Dual-Core 32bit LX6 600DMIPS
Clock Speed	160 เมกะเฮิร์ตซ์ (Default), 240 เมกะเฮิร์ตซ์
แรงดันไฟฟ้าในการทำงาน	2.7 โวลต์ ถึง 3.6 โวลต์
มีแรมในตัว (SRAM)	512 กิโลไบต์
มี Flash Memory	16 เมกะไบต์
มี GPIO	36 ช่อง
รองรับ Hardware PWM	1 ช่อง
รองรับ Software PWM	16 ช่อง
รองรับ SPI	4 ช่อง
รองรับ I2C	2 ช่อง

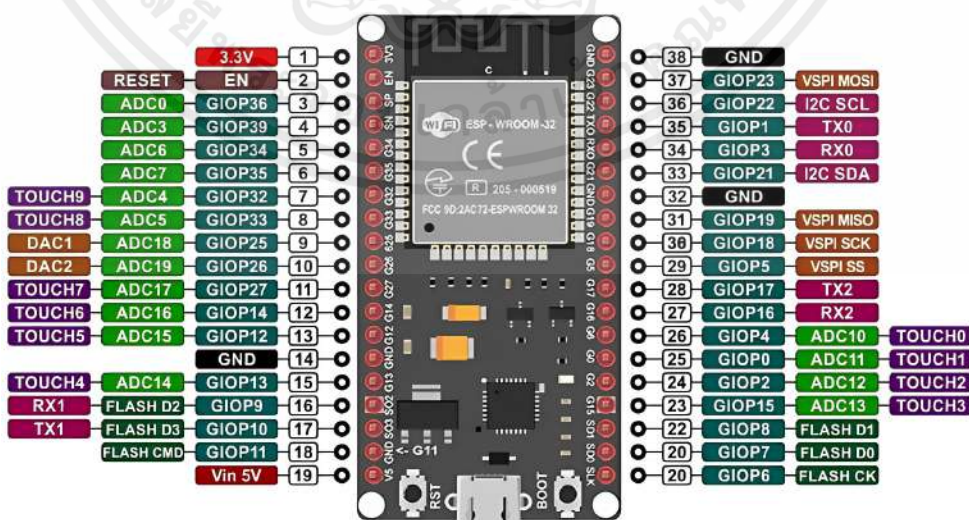
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของ ESP32-WROOM-32 (ต่อ)

ข้อมูลทางเทคนิค	คำอธิบาย
รองรับ I2S	2 ช่อง
รองรับ UART	2 ช่อง
รองรับ ADC	12 ช่อง
รองรับ CAN	1 ช่อง
Wi-Fi	802.11 b/g/n (HT40)
Bluetooth	Bluetooth 4.2
Ethernet MAC Interface	1 ช่อง
Touch Sensor & Temperature Sensor	มี
ทำงานได้ที่อุณหภูมิ	-40 องศาเซลเซียส ถึง 125 องศาเซลเซียส



รูปที่ 2.1 ESP32-WROOM-32 [2]



รูปที่ 2.2 ขาใช้งานของ ESP32-WROOM-32 แบบ 38 PIN [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้า (Motor) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่ในการแปลงพลังงานไฟฟ้า ไม่ว่าจะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) หรือไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ที่ได้จากแหล่งจ่ายของมอเตอร์ให้เป็นพลังงานกล ซึ่งการแปลงดังกล่าวจะทำให้เกิดการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้า

ในปฏิยานิพนธ์นี้ ผู้จัดทำเลือกมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) รุ่น ZGA60FM แสดงดังรูปที่ 2.3 ซึ่งเป็นมอเตอร์เกียร์ที่ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ 200 รอบต่อนาที ทำงานร่วมกับโมดูลขับเคลื่อนมอเตอร์ L298N และใบพัดกังหันตีน้ำ และใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง รุ่น ZGA37RG 12 โวลต์ 100 รอบต่อนาที แสดงดังรูปที่ 2.4 ทำงานร่วมกับโมดูลขับเคลื่อนมอเตอร์ L298N และรอกอะลูมิเนียม เพื่อใช้ในการเปิดและปิดแผ่นกั้นขยะ

โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะมีส่วนประกอบ 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนที่อยู่กับที่ซึ่งมีขดลวดสนาม (Field Coil) เรียกว่า สเตเตอร์ (Stator) และส่วนที่เคลื่อนที่เรียกว่า โรเตอร์ (Rotor) โดยในส่วนนี้จะประกอบไปด้วยขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature Coil) และแปรงถ่าน (Brush) [4]

### 2.2.1 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

หลักการพื้นฐานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง คือ เมื่อแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงไหลผ่านมอเตอร์ กระแสส่วนหนึ่งจะผ่านแปรงถ่านและคอมมิวเตเตอร์ (Commutator) เข้าไปในขดลวดอาร์เมเจอร์เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กขึ้น และกระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าไปในขดลวดสนาม ทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก 2 ขั้ว คือ ขั้วเหนือและขั้วใต้ ซึ่งตามคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็กจะเสริมกันเมื่ออยู่ในทิศทางเดียวกัน และหักล้างกันเมื่ออยู่ในทิศทางตรงกันข้ามทำให้เกิดแรงบิด (Torque) ในตัวขดลวดอาร์เมเจอร์ที่วางอยู่บนแกนเพลานั้นการหมุนในขณะที่อาร์เมเจอร์หมุนจะเรียกว่า โรเตอร์ ซึ่งการหมุนที่เกิดจากอำนาจของเส้นแรงแม่เหล็กทั้งสองทำปฏิกิริยาต่อกันและทำให้ขดลวดอาร์เมเจอร์หรือโรเตอร์หมุนนั้น จะเป็นไปตามกฎมือซ้ายของเฟลมมิง (Fleming left hand rule) [5]

### 2.2.2 ประเภทของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม (Series Motor) เป็นการต่อขดลวดสนามและขดลวดอาร์เมเจอร์แบบอนุกรมกัน ซึ่งกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดทั้ง 2 นั้นจะมีค่าเท่ากัน ซึ่งปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลนั้นจะขึ้นอยู่กับภาระโหลดหรือภาระที่แกนมอเตอร์ โดยความเร็วของมอเตอร์จะลดลงเมื่อโหลดเพิ่มขึ้น คุณสมบัติของมอเตอร์ประเภทนี้ คือ มีแรงบิดสูงมาก และความเร็วของมอเตอร์จะลดลงเมื่อภาระโหลดมากขึ้น ซึ่งการนำไปใช้งานนั้น ส่วนใหญ่จะนิยมใช้กับรถไฟ เครื่องดูดฝุ่น สว่านไฟฟ้าจักรเย็บผ้า สตาร์ทเครื่องยนต์ หรืองานประเภทหนัก อย่างไรก็ตามมอเตอร์ชนิดนี้เมื่อไม่มีโหลดความเร็วรอบจะสูงมาก ดังนั้นเวลาสตาร์ทมอเตอร์จึงจำเป็นต้องต่อโหลดไว้เสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน (Shunt Motor) เป็นการต่อขดลวดสนามและขดลวดอาร์เมเจอร์แบบขนานกัน ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดสนามและขดลวดอาร์เมเจอร์จะไม่เท่ากัน คุณสมบัติของมอเตอร์ประเภทนี้ คือ มีแรงบิดตอนเริ่มหมุนต่ำ มีแรงบิดปานกลาง และมีความเร็วรอบคงที่ ซึ่งการนำไปใช้งานนั้นจะนิยมใช้กับงานที่ต้องการความเร็วคงที่ เช่น มอเตอร์พัดลม เครื่องเจาะ เครื่องกลึง เป็นต้น

3. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม (Compound Motor) เป็นมอเตอร์ที่ประกอบด้วยขดลวดสนามแม่เหล็ก 2 ชุด คือ ขดลวดขนานและขดลวดอนุกรม ซึ่งสนามแม่เหล็กจากขดลวดทั้ง 2 ชุดจะเสริมกัน เมื่อมีโหลดเพิ่มขึ้นกระแสที่ไหลผ่านขดลวดขนานจะลดลง แต่กระแสที่ไหลผ่านขดลวดอนุกรมนั้นจะเพิ่มขึ้น ส่งผลให้สนามแม่เหล็กมีความเข้มมากขึ้น ซึ่งจะทำให้สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นกับขดลวดทั้ง 2 ชุดลวดมีการชดเชยกัน และส่งผลให้สนามแม่เหล็กคงที่ ซึ่งมอเตอร์ประเภทนี้เป็นการรวมคุณสมบัติของมอเตอร์แบบอนุกรมและแบบขนานเข้าด้วยกัน ทำให้มอเตอร์มีแรงบิดสูงแต่ให้ความเร็วรอบที่คงที่ ทั้งในขณะที่ยังไม่มีโหลดจนกระทั่งมีโหลดเต็มที่ การนำไปใช้งานนั้นจะเหมาะสมกับงานที่นำไปใช้หมุนขับโหลดหนัก ต้องการแรงบิดตอนเริ่มสูง และหลังจากนั้นมอเตอร์ก็จะหมุนด้วยความเร็วรอบคงที่ เช่น เครื่องตัดโลหะ เครื่องกดอัด เครื่องม้วนโลหะ เครื่องรีดโลหะ และลิฟต์ เป็นต้น



รูปที่ 2.3 มอเตอร์ ZGA60FM [6]



รูปที่ 2.4 มอเตอร์ ZGA37RG [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 โมดูลขับเคลื่อนมอเตอร์ L298N

โมดูลขับเคลื่อนมอเตอร์ L298N แสดงดังรูปที่ 2.5 เป็นชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ชนิด Dual H-Bridge สามารถขับเคลื่อนมอเตอร์ได้ 2 ตัวพร้อมกันแบบแยกอิสระ โดยจะขับกระแสไฟฟ้าเข้าที่มอเตอร์สูงสุดที่ 2 แอมแปร์ต่อมอเตอร์ 1 ตัว เพื่อควบคุมทิศทางและความเร็วของมอเตอร์ ซึ่งจะถูควบคุมด้วยสัญญาณ Pulse Width Modulation (PWM) โดยมีแรงดันไฟฟ้า 2 ชุดในการใช้งาน คือแรงดันไฟฟ้าขนาด 5 โวลต์ สำหรับวงจร และแรงดันไฟฟ้าขนาด 5 โวลต์ ถึง 35 โวลต์ สำหรับมอเตอร์

ในปฏิญานิพนธ์นี้ ผู้จัดทำเลือกโมดูลขับเคลื่อนมอเตอร์ L298N มาใช้งานร่วมกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ด้วยการประมวลผลบนบอร์ด ESP32 มีคุณสมบัติของโมดูลขับเคลื่อนมอเตอร์ L298N แสดงได้ดังตารางที่ 2.2 [8]



รูปที่ 2.5 โมดูลขับเคลื่อนมอเตอร์ L298N [9]

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติของโมดูลขับเคลื่อนมอเตอร์ L298N

ข้อมูลทางเทคนิค	คำอธิบาย
ประเภท	Dual H-Bridge ขับเคลื่อนมอเตอร์ได้ 2 ตัว
ไดเรกต์ชิป	L298N (ST NEW)
การทำงาน	ควบคุม เดินหน้าถอยหลัง ความเร็วได้ทั้งหมด
แรงดันไฟฟ้าในการทำงาน	5 โวลต์
แรงดันไฟฟ้าของไดเรกต์	5 โวลต์ ถึง 35 โวลต์
กระแสของสัญญาณลอจิก	0 มิลลิแอมแปร์ ถึง 36 มิลลิแอมแปร์
กระแสขับเคลื่อนมอเตอร์	2 แอมแปร์ (เมื่อใช้มอเตอร์ตัวเดียว)
ทำงานได้ที่อุณหภูมิ	-20 องศาเซลเซียส ถึง 135 องศาเซลเซียส
กำลังไฟสูงสุด	25 วัตต์ (คิดจากช่วง Peak ช่วงของมอเตอร์)
น้ำหนัก	30 กรัม
ขนาด	43 × 43 × 27 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 เซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก HC-SR04

เซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก HC-SR04 แสดงดังรูปที่ 2.6 เป็นโมดูลวัดระยะทางที่ใช้หลักการส่งคลื่นเสียงอัลตราโซนิกที่มีความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ แล้วสะท้อนวัตถุกลับมายังตัวรับ โดยหลักการวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิกคือการส่งคลื่นอัลตราโซนิกจำนวนหนึ่งออกไปสะท้อนกับวัตถุที่อยู่ด้านหน้ากลับมายังตัวรับสัญญาณ โดยระยะทางที่วัดได้จะสัมพันธ์กับระยะเวลาที่คลื่นอัลตราโซนิกเคลื่อนที่ไปกระทบวัตถุและสะท้อนกลับมายังตัวรับ ดังแสดงในรูปที่ 2.7 แล้วจับเวลาเพื่อคำนวณหาระยะทาง โดยความเร็วของคลื่นเสียงในอากาศมีค่าเท่ากับ 343 เมตรต่อวินาที สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (2.1)–(2.3) คุณสมบัติของเซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก HC-SR04 แสดงดังตารางที่ 2.3 [10] และการใช้งานของเซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก HC-SR04 สามารถอธิบายได้ดังตารางที่ 2.4

โดยในปริญญานิพนธ์นี้ ผู้จัดทำเลือกใช้เซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก HC-SR04 มาเชื่อมต่อกับ ESP32 เพื่อวัดปริมาณขยะที่เก็บได้ และนำค่าที่วัดได้ไปแสดงค่าบนเว็บแอปพลิเคชัน

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติของเซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก HC-SR04

ข้อมูลทางเทคนิค	คำอธิบาย
แรงดันไฟฟ้าในการทำงาน	5 โวลต์
กระแสไฟฟ้าที่ใช้	15 มิลลิแอมแปร์
คลื่นความถี่ในการทำงาน	40 กิโลเฮิร์ตซ์
ระยะสูงสุดที่สามารถวัดได้	4 เมตร
ระยะต่ำสุดที่สามารถวัดได้	2 เซนติเมตร
ความแม่นยำ	±3 มิลลิเมตร
องศาในการวัด	15 องศา
Trigger Input Signal	10 ไมโครวินาที TTL Pulse

ตารางที่ 2.4 ขาใช้งานของเซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก HC-SR04

ขาใช้งาน	การทำงาน
VCC	ช่องจ่ายแรงดันไฟฟ้า 5 โวลต์
Trig	สัญญาณขาเข้า
Echo	สัญญาณขาออก
GND	ช่องต่อกราวด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$s = vt \quad (2.1)$$

โดยที่  $s$  คือ ระยะห่างระหว่างวัตถุ (เซนติเมตร)

$v$  คือ ความเร็วของคลื่นเสียงในอากาศ (เมตรต่อวินาที)

$t$  คือ เวลาที่ใช้ในการเดินทาง (วินาที)

เนื่องจากค่าความเร็วเสียงคือ 343 เมตรต่อวินาที หรือเท่ากับ 0.034 เซนติเมตรต่อไมโครวินาที เมื่อนำไปแทนค่า  $v$  จะได้สมการที่ 2.2

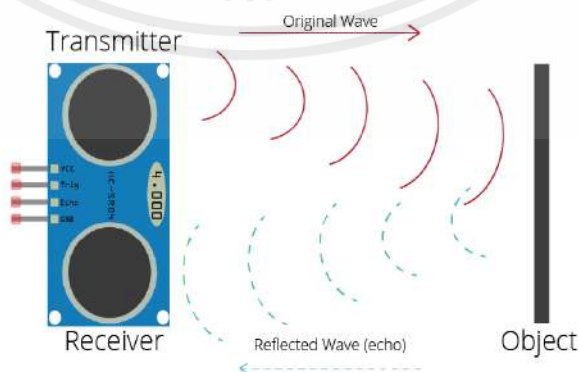
$$s = 0.034t \quad (2.2)$$

ทั้งนี้เมื่อปล่อยลูกคลื่นออกไปและจับเวลาที่คลื่นเดินทางออกไปจนกลับมากกระทบกับตัวรับ (ในหน่วยไมโครวินาที) จะได้ค่าเวลา ( $t$ ) สามารถคำนวณหาระยะทางที่เสียงเดินทาง ( $s$ ) ซึ่งจะได้ระยะห่างเท่ากับระยะกระจัด แต่เนื่องจากเวลาที่ได้มาเป็นเวลาที่คลื่นเสียงเดินทางออกไปพร้อมกับเวลาที่สะท้อนและเดินทางกลับมา เมื่อต้องการระยะห่างเฉพาะที่คลื่นเดินทางออกไปกระทบวัตถุเท่านั้น จึงต้องนำระยะทางมาหารด้วย 2 จะได้สมการที่ 2.3

$$s = \frac{0.034t}{2} \quad (2.3)$$



รูปที่ 2.6 เซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก HC-SR04 [11]



รูปที่ 2.7 หลักการวัดระยะด้วยคลื่นอัลตราโซนิก [12]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5 เซนเซอร์ระบุตำแหน่งพิกัด GPS GY-NEO6MV2 NEO-6M

เซนเซอร์ระบุตำแหน่งพิกัด GPS GY-NEO6MV2 โมดูล Ublox รุ่น NEO-6M แสดงดังรูปที่ 2.8 เป็นโมดูลสำหรับระบุตำแหน่งต่าง ๆ บนโลก แสดงเป็นค่าละติจูด ลองจิจูด โดยโมดูลจะมาพร้อมกับสายอากาศเซรามิกในตัว และไฟ LED บอกระยะของสัญญาณ หากไฟ LED ทำงานตลอดเวลา แสดงถึงโมดูลที่กำลังค้นหาสัญญาณอยู่ เมื่อโมดูลจับสัญญาณได้จะขึ้นไฟสีเขียวกระพริบภายในโมดูลจะมีแบตเตอรี่เก็บตำแหน่งล่าสุดและคำสั่งควบคุมต่าง ๆ สามารถสื่อสารกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ได้หลายวิธี ทั้ง I2C SPI และ UART และข้อมูลที่ได้รับมาจากโมดูลจะนำไปใช้งานที่ Google Maps เพื่อให้แสดงรายละเอียดของตำแหน่ง แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการทำงานอยู่ในช่วง 3.3 โวลต์ ถึง 5 โวลต์ โดยการใช้งานโมดูลครั้งแรกจะต้องรอตั้งค่าสัญญาณให้คงที่ประมาณ 15 นาทีระหว่างการตั้งค่าสัญญาณให้คงที่ครั้งแรกต้องเอาโมดูลไว้ภายนอกอาคาร หากตั้งค่าสัญญาณให้คงที่ได้แล้วไฟ LED จะกระพริบ โดยคุณสมบัติของเซนเซอร์ระบุตำแหน่งพิกัด GPS GY-NEO6MV2 NEO-6M แสดงดังตารางที่ 2.5 [13]–[16]

โดยในปฏิญานีพจน์นี้ ผู้จัดทำใช้เซนเซอร์ระบุตำแหน่งพิกัด GPS GY-NEO6MV2 NEO-6M เชื่อมต่อกับ ESP32 ผ่านการสื่อสารแบบ UART เพื่อนำค่าที่รับได้จากเซนเซอร์ไปแสดงบนเว็บแอปพลิเคชัน เพื่อใช้ระบุตำแหน่งปัจจุบันของเครื่อง

ตารางที่ 2.5 คุณสมบัติของเซนเซอร์ระบุตำแหน่งพิกัด GPS GY-NEO6MV2 NEO-6M

ข้อมูลทางเทคนิค	คำอธิบาย
แรงดันไฟฟ้าในการทำงาน	3.3 โวลต์ ถึง 5 โวลต์
กระแสไฟฟ้าที่ใช้	45 มิลลิแอมแปร์
การสื่อสาร	Serial UART 9600 บิตต่อวินาที
TXD/RXD อิมพีแดนซ์	510 โอห์ม
Navigation Sensitivity	-161 เดซิเบล-มิลลิวัตต์
Capture Time	Cool start (27 วินาที), Hot start (1 วินาที)
โปรโตคอลด้านการสื่อสาร	NMEA, UBX Binary, RTCM
อัตราการรับส่งข้อมูล	4800 บิตต่อวินาที ถึง 230400 บิตต่อวินาที
ประเภท	50 แชนแนล, GPS L1 (1575.42 เมกะเฮิรตซ์)
Navigation Update Rate	1 เฮิรตซ์ (สูงสุด 5 เฮิรตซ์)
ทำงานได้ที่อุณหภูมิ	-40 ถึง 85 องศาเซลเซียส
น้ำหนัก	22 กรัม
ขนาด	3.6 × 2.6 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 เซนเซอร์ระบุตำแหน่งพิกัด GPS GY-NEO6MV2 NEO-6M [17]

## 2.6 แผงพลังงานแสงอาทิตย์

แผงพลังงานแสงอาทิตย์ หรือโซลาร์เซลล์ (Solar Panel) หรือเซลล์โฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic Cell) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำชนิดพิเศษ ที่มีคุณสมบัติในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงพลังงานแสงอาทิตย์นั้นจะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทันที รวมทั้งสามารถเก็บไว้ในแบตเตอรี่เพื่อใช้งานภายหลังได้ โดยพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากแผงพลังงานแสงอาทิตย์นั้นเป็นแหล่งพลังงานสะอาด และไม่สร้างมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม

### 2.6.1 ขั้นตอนการทำงานของระบบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อนำพลังงานไปใช้ [18]

1. แผงพลังงานแสงอาทิตย์รับพลังงานแสงอาทิตย์มาแล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า
2. ปรับแรงดันไฟฟ้าที่ได้รับมาให้เป็น 12 โวลต์ ด้วยเครื่องควบคุมประจุ เพื่อควบคุมให้แรงดันไฟฟ้าให้คงที่
3. นำพลังงานไฟฟ้าไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่
4. แปลงพลังงานไฟฟ้าจากกระแสตรงเป็นกระแสสลับ

### 2.6.2 หลักการทำงานของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ [19]

การทำงานของแผงพลังงานแสงอาทิตย์นั้นเป็นกระบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเมื่อแสงที่เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงานไปกระทบกับสารกึ่งตัวนำ จะทำให้เกิดการถ่ายเทพลังงานระหว่างกัน โดยพลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า (อิเล็กตรอน) ขึ้นในสารกึ่งตัวนำทั้ง 2 ชนิด ได้แก่

1. N-Type คือแผ่นซิลิคอนที่ผ่านกระบวนการโด๊ป (Doping) ด้วยสารฟอสฟอรัส ทำให้มีคุณสมบัติเป็นตัวส่งอิเล็กตรอนเมื่อได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. P-Type คือแผ่นซิลิคอนที่ผ่านกระบวนการโดปด้วยสารโบรอน ทำให้โครงสร้างของอะตอมสูญเสียอิเล็กตรอน (โฮล) โดยเมื่อได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์จะมีคุณสมบัติเป็นตัวรับอิเล็กตรอน

โดยหลักการทำงานคือ เมื่อมีแสงอาทิตย์มาตกกระทบบนแผงพลังงานแสงอาทิตย์ แสงอาทิตย์จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนและโฮล ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวขึ้น โดยอิเล็กตรอนจะเคลื่อนไปรวมกันที่ Front Electrode ส่วนโฮลจะเคลื่อนไปรวมกันที่ Back Electrode และเมื่อมีการเชื่อมต่อระบบวงจรไฟฟ้าจาก Front Electrode และ Back Electrode ครบทั้งวงจร จะเกิดเป็นกระแสไฟฟ้าขึ้น และสามารถนำไปใช้งานได้

### 2.6.3 ชนิดของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ [20]

1. โพลีคริสตัลไลน์ (Poly Crystalline) เป็นแผงพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดแรก ที่ผลิตมาจากผลึกซิลิคอน โดยการนำซิลิคอนเหลวมาเทใส่โมลด์ที่เป็นสี่เหลี่ยม และนำมาตัดเป็นแผ่นบาง ทำให้แต่ละเซลล์เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส และสีของแผงจะเป็นสีน้ำเงิน ซึ่งแผงชนิดนี้จะมีราคาถูกกว่า และมีประสิทธิภาพในการใช้งานในที่อุณหภูมิสูงกว่าชนิดโมโนคริสตัลไลน์ แสดงดังรูปที่ 2.9

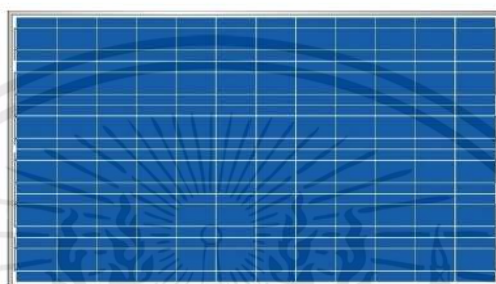
โดยในปริญญานิพนธ์นี้ ผู้จัดทำได้เลือกใช้แผงพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์ รุ่น 18 โวลต์ 20 วัตต์ เพื่อนำพลังงานไฟฟ้าไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่และนำไปประยุกต์ใช้เป็นแหล่งพลังงาน แผงพลังงานแสงอาทิตย์นี้ไม่สามารถจ่ายไฟฟ้าให้กับโหลดไฟฟ้าได้โดยตรง เนื่องจากค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงนี้มีค่าน้อยกว่าค่ากำลังไฟฟ้าที่โหลดต้องการ โดยรายละเอียดคุณสมบัติของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ แสดงดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 คุณสมบัติของแผงพลังงานแสงอาทิตย์รุ่น RAGGIE 18 โวลต์ 20 วัตต์

ข้อมูลทางเทคนิค	คำอธิบาย
ยี่ห้อ	RAGGIE
รุ่น	RG-P20W
ชนิด	โพลีคริสตัลไลน์
ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด	20 วัตต์
ค่ากระแสที่กัลังไฟฟ้าสูงสุด	1.15 แอมแปร์
ค่าแรงดันที่กัลังไฟฟ้าสูงสุด	17.5 โวลต์
ค่าแรงดันไฟเปิดวงจร	21.5 โวลต์
ค่ากระแสลัดวงจร	1.31 แอมแปร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โมโนคริสตัลไลน์ (Mono Crystalline) เป็นแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทำมาจากผลึกซิลิคอนเชิงเดี่ยวที่มีความบริสุทธิ์สูง นำมาทอให้เป็นผลึกเกาะกันที่แกนกลางให้เป็นแผงทรงกระบอก แล้วนำมาตัดให้เป็นสี่เหลี่ยมและลบมุมทั้งสี่ออก ทำให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด และลดการใช้วัตถุดิบโมโนซิลิคอนลงก่อนที่จะนำมาตัดเป็นแผ่นอีกที ซึ่งแผงชนิดนี้จะมีอายุการใช้งานยาวนานที่สุด และมีราคาแพงที่สุดแสดงดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.9 แผงพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์ [21]



รูปที่ 2.10 แผงพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดโมโนคริสตัลไลน์ [21]

## 2.7 โซลาร์ชาร์จคอนโทรลเลอร์

เครื่องควบคุมประจุแบตเตอรี่ หรือโซลาร์ชาร์จคอนโทรลเลอร์ (Solar Charge Controller) ทำหน้าที่ควบคุมการชาร์จไฟฟ้าที่ได้รับจากแผงพลังงานแสงอาทิตย์ให้มาจัดเก็บในแบตเตอรี่อย่างเหมาะสม และทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายไฟฟ้าให้กับโหลดไฟฟ้า ซึ่งการทำงานจะจ่ายกระแสไฟฟ้าเมื่อแรงดันของแบตเตอรี่อยู่ในระดับต่ำกว่าตามที่ตั้งค่าไว้ เมื่อแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่อยู่ในระดับสูงกว่าตามที่ตั้งค่าไว้ จะทำการตัดการจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังแบตเตอรี่ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการชาร์จประจุเข้าแบตเตอรี่มากเกินไป ซึ่งอาจทำให้แบตเตอรี่เกิดความเสียหาย หรืออาจเกิดการรั่วไหลของกระแสไฟฟ้า [22] โซลาร์ชาร์จคอนโทรลเลอร์ แบ่งเป็น 2 ประเภทตามลักษณะการทำงาน ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Pulse Width Modulation (PWM) มีหลักการทำงานคือ ควบคุมความถี่ของคลื่นไฟฟ้าจากแผงพลังงานแสงอาทิตย์ให้คงที่ด้วยระบบดิจิทัล เพื่อให้ประหยัดพลังงานและควบคุมประจุไฟฟ้าให้เข้าสู่แบตเตอรี่ได้ดี ทำให้แบตเตอรี่ไม่เสื่อมเร็ว และมีฟังก์ชันของไฟแสดงสถานะการทำงานเมื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น การทำงานของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ ระดับการเก็บประจุของแบตเตอรี่ การจ่ายไฟให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่กำลังเชื่อมต่อกับวงจร ระบบการตัดไฟอัตโนมัติในกรณีไฟแบตเตอรี่ใกล้หมดเพื่อป้องกันแบตเตอรี่เสื่อมสภาพ เนื่องจากการใช้ไฟเกินกำลัง (Over Charge หรือ Over Discharge Protection) โดยในปริญญานิพนธ์นี้ ผู้จัดทำเลือกใช้โซลาร์ชาร์จคอนโทรลเลอร์ประเภท PWM รุ่น 12 โวลต์ 15 แอมแปร์ แสดงดังรูปที่ 2.11

2. Maximum Power Point Tracking (MPPT) หลักการทำงานคือ มีตัวจับสัญญาณเพื่อควบคุมสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากแผงพลังงานแสงอาทิตย์ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับแรงดันกระแสในแบตเตอรี่ และเลือกสัญญาณไฟฟ้าที่สูงที่สุดจากแผงพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อประจุลงในแบตเตอรี่ให้เต็มที่ตลอดเวลา [23]



รูปที่ 2.11 โซลาร์ชาร์จคอนโทรลเลอร์ [24]

## 2.8 แบตเตอรี่

แบตเตอรี่ (Battery) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จัดเก็บพลังงานเพื่อไว้ใช้ สามารถแปลงพลังงานเคมีให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรงด้วยการใช้เซลล์กัลวานิก (Galvanic Cell) ที่ประกอบด้วยขั้วบวกและขั้วลบ พร้อมกับสารละลายอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte Solution) แบตเตอรี่ประกอบด้วยเซลล์กัลวานิก 1 เซลล์ หรือมากกว่านั้น ซึ่งแบตเตอรี่ไม่ได้ทำหน้าที่ผลิตไฟฟ้า แต่เป็นอุปกรณ์สำหรับจัดเก็บไฟฟ้าเท่านั้น สามารถประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่ได้หลายครั้ง โดยประสิทธิภาพจะไม่เต็มที่ 100 เปอร์เซ็นต์ จะลดลงเหลือ 80 เปอร์เซ็นต์ เพราะจะมีการสูญเสียพลังงานบางส่วนไปในรูปความร้อน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งอายุการใช้งานของแบตเตอรี่แต่ละชนิดนั้นจะแตกต่างกันไป เนื่องด้วยวิธีการใช้ การบำรุงรักษา การประจุ และอุณหภูมิ โดยแบตเตอรี่ที่เหมาะสมสำหรับใช้งานกับระบบพลังงานแสงอาทิตย์มากที่สุดคือ แบตเตอรี่แบบจ่ายประจุสูง (Deep Discharge Battery) เพราะถูกออกแบบให้สามารถจ่ายพลังงานปริมาณมากหรือน้อยได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน ๆ โดยไม่เกิดความเสียหาย สามารถนำไฟฟ้าที่เก็บอยู่ในแบตเตอรี่มาใช้ได้อย่างต่อเนื่องโดยที่แบตเตอรี่ไม่ได้รับความเสียหาย แบตเตอรี่ที่ใช้ในระบบพลังงานแสงอาทิตย์ส่วนมากจะมีฝาครอบด้านบนที่เปิดออกได้เพื่อตรวจสอบเซลล์และเติมน้ำในเวลาที่เป็นประจำ เรียกว่า แบตเตอรี่แบบเซลล์เปิด (Open Cell) [25] และคุณสมบัติของแบตเตอรี่แสดงดังตารางที่ 2.7 [26] โดยในปฏิญานิพนธ์นี้ ผู้จัดทำได้เลือกแบตเตอรี่ 12 โวลต์ 7.2 แอมแปร์ต่อชั่วโมง เพื่อมาจัดเก็บพลังงานร่วมกับการใช้แผงพลังงานแสงอาทิตย์ แสดงดังรูปที่ 2.12

ตารางที่ 2.7 คุณสมบัติของแบตเตอรี่

ข้อมูลทางเทคนิค	คำอธิบาย
ยี่ห้อ	CSB
รุ่น	PG1272
ประเภท	แบตเตอรี่ตะกั่วกรดแบบปิดผนึก
ความจุ	7.2 แอมแปร์ชั่วโมง
กระแสไฟฟ้าเริ่มแรก/สูงสุด	100 แอมแปร์/130 แอมแปร์ (5 วินาที)
แรงดันไฟฟ้าพร้อมใช้งาน	13.5 โวลต์ ถึง 13.8 โวลต์
แรงดันไฟฟ้าใช้งานแบบวนลูบ	14.4 โวลต์ ถึง 15.0 โวลต์
ขนาด	6.5 × 15.0 × 9.5 เซนติเมตร
น้ำหนัก	2.30 กิโลกรัม
ปริมาตร	878.85 ลูกบาศก์เซนติเมตร



รูปที่ 2.12 แบตเตอรี่ [27]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.8.1 การเชื่อมต่อแบตเตอรี่

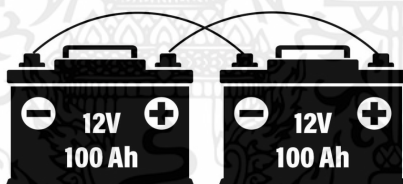
การเชื่อมต่อแบตเตอรี่มี 2 ลักษณะ ดังนี้ [28]

1. แบบอนุกรม คือ การต่อเพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้า โดยที่ความจุแบตเตอรี่ยังคงเท่าเดิม แสดงดังรูปที่ 2.13 แรงดันไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นจาก 12 โวลต์ เป็น 24 โวลต์ แต่ความจุแบตเตอรี่คงที่ที่ 100 แอมแปร์ต่อชั่วโมง

2. แบบขนาน คือ การต่อเพื่อเพิ่มความจุแบตเตอรี่ โดยที่แรงดันไฟฟ้าคงที่ แสดงดังรูปที่ 2.14 แรงดันไฟฟ้าจะเท่าเดิมที่ 12 โวลต์ แต่ความจุแบตเตอรี่จะเพิ่มขึ้นจาก 100 แอมแปร์ต่อชั่วโมง เป็น 200 แอมแปร์ต่อชั่วโมง



รูปที่ 2.13 การเชื่อมต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม [29]



รูปที่ 2.14 การเชื่อมต่อแบตเตอรี่แบบขนาน [29]

### 2.8.2 การชาร์จแบตเตอรี่

แรงดันไฟฟ้า หรือความต่างศักย์ไฟฟ้า คือความแตกต่างในพลังงานศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุดสองจุดต่อหน่วยประจุไฟฟ้า เมื่อแรงดันไฟฟ้าข้างใดข้างหนึ่งมีค่าสูงกว่าอีกข้างหนึ่ง อิเล็กตรอนจึงเกิดการเคลื่อนที่ได้ โดยจะเคลื่อนที่จากแรงดันไฟฟ้าที่สูงกว่าไปยังแรงดันไฟฟ้าที่ต่ำกว่า ซึ่งหลักการชาร์จแบตเตอรี่ คือแรงดันไฟฟ้าจากแผงพลังงานแสงอาทิตย์ต้องมีค่ามากกว่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่อย่างน้อย 1.5 เท่า จึงจะทำให้อิเล็กตรอนสามารถเคลื่อนที่และสามารถชาร์จแบตเตอรี่ได้

โดยค่าที่บอกถึงความสามารถของแบตเตอรี่ ในการนำความจุที่มีอยู่ออกมาใช้งาน เรียกว่า ค่า DOD (Depth of Discharge) ของแบตเตอรี่ โดยทั่วไปแบตเตอรี่ที่มีแรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ จะใช้ค่า DOD 30 เปอร์เซ็นต์ นั่นคือ แบตเตอรี่เต็มมีความจุ 100 เปอร์เซ็นต์ แต่นำออกมาใช้งานเพียง 30 เปอร์เซ็นต์ และเหลือไว้ 70 เปอร์เซ็นต์ เก็บสำรองไว้เพื่อรักษารอบการชาร์จของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบตเตอรี่เอาไว้ให้ยาวนานที่สุด ซึ่งค่า DOD เปรียบเสมือนภาษาที่ใช้สื่อสารระหว่างแบตเตอรี่ แต่ในการสื่อสารระหว่างแบตเตอรี่กับผู้ใช้งานจะใช้ค่าแรงดันไฟฟ้า โดยเมื่อชาร์จแบตเตอรี่ในตอนกลางวัน แบตเตอรี่จะชาร์จด้วยแรงดันปกติ เพื่อให้แบตเตอรี่เต็ม (Floating Charge) จะมีค่าแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ 13.5 โวลต์ ถึง 14.0 โวลต์ และเมื่อไม่มีแสงอาทิตย์ แบตเตอรี่ที่ใช้งานจะมีค่าแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ 12.6 โวลต์ และจะค่อย ๆ ลดลงเรื่อย ๆ ตามการใช้งานจนมีค่าแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดที่ 11.5 โวลต์ ซึ่งเป็นไปตามค่า DOD ของแบตเตอรี่ที่ใช้ค่า DOD 30 เปอร์เซนต์ [30]

ในการชาร์จแบตเตอรี่จากแผงพลังงานแสงอาทิตย์นั้น กระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการชาร์จจะต้องมีค่ามากกว่ากระแสไฟฟ้าที่แบตเตอรี่ต้องการ โดยค่ากระแสไฟฟ้าของการชาร์จ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2.4) และค่ากระแสไฟฟ้าที่แบตเตอรี่ต้องการสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2.5) โดยค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณการชาร์จแบตเตอรี่ จะแสดงดังตารางที่ 2.8

$$\text{กระแสไฟฟ้าของการชาร์จ} = \text{ค่ากระแสเปิดวงจร} \times \text{แสงอาทิตย์สำหรับ} \quad (2.4)$$

ชาร์จแบตเตอรี่ใน 1 วัน

$$\text{กระแสไฟฟ้าที่แบตเตอรี่ต้องการ} = \text{ความจุของแบตเตอรี่} \times \text{ค่า DOD} \quad (2.5)$$

ของแบตเตอรี่

ตารางที่ 2.8 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณการชาร์จแบตเตอรี่

พารามิเตอร์	ค่าที่ใช้ในการคำนวณ
ค่ากระแสเปิดวงจร	1.31 แอมแปร์
ปริมาณแสงอาทิตย์สำหรับชาร์จแบตเตอรี่ ใน 1 วัน	5 ชั่วโมง
ความจุของแบตเตอรี่	7.2 แอมแปร์ชั่วโมง
ค่า DOD ของแบตเตอรี่	30 เปอร์เซนต์

จากการคำนวณการชาร์จไฟฟ้าของแบตเตอรี่ โดยใช้เวลา 5 ชั่วโมง จะได้ค่ากระแสไฟฟ้าของการชาร์จ 6.55 แอมแปร์ชั่วโมง และค่ากระแสไฟฟ้าที่แบตเตอรี่ต้องการ 2.16 แอมแปร์ชั่วโมง ซึ่งค่าที่ได้จากการคำนวณเป็นไปตามทฤษฎีที่กล่าวไปข้างต้น ถ้าต้องการปรับเวลาการชาร์จให้เร็วขึ้นสามารถทำได้โดยการปรับเวลาการชาร์จต่ำสุดได้เพียง 2 ชั่วโมง เนื่องจากเมื่อคำนวณค่ากระแสไฟฟ้าในการชาร์จ ยังคงมีค่ามากกว่าค่ากระแสไฟฟ้าที่แบตเตอรี่ต้องการ จึงสามารถทำการชาร์จกระแสไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ได้

## 2.9 แอปพลิเคชัน

แอปพลิเคชัน (Application) หรือแอปพลิเคชันบนมือถือ (Mobile Application) เป็นโปรแกรมที่ออกแบบและพัฒนาเพื่อรองรับการใช้งานบนโทรศัพท์มือถือ หรืออุปกรณ์เคลื่อนที่อื่น ๆ เพื่ออำนวยความสะดวกในด้านต่าง ๆ ให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน โดยแอปพลิเคชันบนมือถือจะแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้ [31][32]

1. Native Application เป็นแอปพลิเคชันที่ถูกพัฒนาด้วยไลบรารี (Library) หรือชุดพัฒนาแอปพลิเคชัน (SDK) เป็นเครื่องมือสำหรับพัฒนาโปรแกรมหรือแอปพลิเคชันของระบบปฏิบัติการบนโทรศัพท์มือถืออื่น ๆ โดยเฉพาะ เช่น แอนดรอยด์ (Android) ที่ใช้ Android SDK หรือไอโอเอส (IOS) ที่ใช้ Objective C และ Windows Phone ที่ใช้ C# เป็นต้น

2. Hybrid Application เป็นแอปพลิเคชันที่ถูกพัฒนาขึ้นมาโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้สามารถทำงานบนทุกระบบปฏิบัติการได้ โดยจะใช้เฟรมเวิร์ก (Framework) เข้ามาช่วย เพื่อให้สามารถทำงานบนระบบปฏิบัติการทั้งหมดได้

3. Web Application เป็นแอปพลิเคชันที่เขียนขึ้นมาเพื่อเป็นเบราว์เซอร์ (Browser) สำหรับการใช้งานเว็บเพจต่าง ๆ ซึ่งจะปรับให้แสดงเฉพาะส่วนที่จำเป็น เพื่อลดทรัพยากรเวลาในการประมวลผลของอุปกรณ์ จะทำให้หน้าเว็บไซต์โหลดเร็วขึ้น และผู้ใช้งานยังสามารถใช้อินเทอร์เน็ตด้วยความเร็วต่ำได้

โดยในปฏิญญาฉบับนี้ ผู้จัดทำเลือกใช้เว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) สำหรับควบคุมเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

### 2.9.1 เว็บแอปพลิเคชัน

เว็บไซต์ (Website) เป็นหน้าเพจที่ถูกจัดทำขึ้นเพื่อนำเสนอข้อมูล ข่าวสาร และมีการเชื่อมโยงข้อมูลไปยังเว็บเพจย่อยต่าง ๆ ตามแต่รูปแบบของเว็บไซต์นั้นที่ได้กำหนดและตั้งค่าไว้ โดยเว็บไซต์จะเน้นให้ผู้ใช้งานเข้ามาดูเป็นหลัก ส่วนเว็บแอปพลิเคชันจะทำหน้าที่เหมือนกับเว็บไซต์ แต่จะสามารถใช้งานเป็นแอปพลิเคชันได้ จึงเน้นให้ผู้ใช้งานเข้ามาใช้มากกว่าดู เช่น เว็บแอปพลิเคชันสำหรับเครื่องคิดเลข โดยเว็บแอปพลิเคชันนั้นมีข้อดีคือ ผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องติดตั้งโปรแกรมหรือแอปพลิเคชัน เพียงแค่มีอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตและเปิดใช้งานเว็บแอปพลิเคชันผ่านเบราว์เซอร์ ก็จะใช้งานได้ทันที [33]

#### 2.9.1.1 ส่วนประกอบของเว็บแอปพลิเคชัน

เว็บแอปพลิเคชันจะประกอบไปด้วยการทำงานของระบบเทคโนโลยีต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นตัวโปรแกรมเว็บแอปพลิเคชัน เว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web Server) เว็บเซิร์ฟเวอร์ซอฟต์แวร์ (Web Server Software) ฐานข้อมูล (Database) เว็บเบราว์เซอร์ (Web Browser) และอื่น ๆ ซึ่งใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ส่วนนั้นก็จะมีหน้าที่และการทำงานที่แตกต่างกันออกไป โดยส่วนประกอบของการทำงานของเว็บแอปพลิเคชันจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ คือ เทคโนโลยีฝั่งผู้ใช้งาน (Client-Side Technology) และเทคโนโลยีฝั่งเซิร์ฟเวอร์ (Server-Side Technology)

ส่วนประกอบของเทคโนโลยีฝั่งผู้ใช้งาน มีดังนี้ [34] [35]

1. เว็บเบราว์เซอร์ เป็นซอฟต์แวร์ที่ผู้ใช้งานใช้ในการเข้าถึงเว็บแอปพลิเคชัน โดยที่ ผู้ใช้งานทำการใส่ชื่อของเว็บไซต์ที่ต้องการเข้าใช้งาน หรือ URL เมื่อเบราว์เซอร์ได้รับชื่อของเว็บไซต์ก็จะทำการแปลงจากชื่อของเว็บไซต์เป็น IP address ผ่านทาง DNS ให้เป็นข้อมูลที่ใช้ในการแสดงผลให้กับผู้ใช้งาน

2. ส่วนต่อความสามารถเว็บและเบราว์เซอร์ (Web Plugin) คือ โปรแกรมที่ถูกเขียนให้ทำงานร่วมกับเว็บเบราว์เซอร์ เช่น Adobe Flash, PDF reader, Java Applet และอื่น ๆ และส่วนเพิ่มความสามารถเบราว์เซอร์ (Browser Add-on/Extension) เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการเพิ่มความสามารถให้กับเบราว์เซอร์

3. ระบบปฏิบัติการ (Operating System) ทำหน้าที่ในการจัดการกับทรัพยากรของเครื่องคอมพิวเตอร์ และสร้างการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องผู้ใช้งานและเครื่องเซิร์ฟเวอร์

ส่วนประกอบของเทคโนโลยีฝั่งเซิร์ฟเวอร์ มีดังนี้

1. เว็บแอปพลิเคชัน เป็นส่วนสำคัญของเว็บไซต์ในการทำหน้าที่ติดต่อกับผู้ใช้งานด้วยการรับและแสดงข้อมูล ประมวลผลข้อมูล จัดการข้อมูลในฐานข้อมูล และอื่น ๆ

2. เว็บเซิร์ฟเวอร์ซอฟต์แวร์ เป็นโปรแกรมที่ทำงานอยู่บนเว็บเซิร์ฟเวอร์ ทำหน้าที่ประมวลผล HTTP request ที่ได้รับมา และตอบกลับด้วย HTTP response โดยเว็บเซิร์ฟเวอร์ซอฟต์แวร์ที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน คือ Apache HTTP server ซึ่งจะใช้งานคู่กับ PHP และ MySQL

3. ระบบปฏิบัติการ มีหน้าที่จัดการกับทรัพยากรของเครื่องเซิร์ฟเวอร์ เช่น CPU Memory และ Bandwidth ซึ่งระบบปฏิบัติการบนเซิร์ฟเวอร์จะต้องมีความเสถียรและสามารถจัดการกับทรัพยากรของเครื่องได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากเว็บแอปพลิเคชันเป็นบริการที่เปิดให้ผู้ใช้งานเข้าถึงได้ตลอดเวลา

#### 2.9.1.2 เว็บแอปพลิเคชันแบบอะซิงโครนัส

การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous) หมายถึง การสื่อสารใด ๆ ที่ไม่ได้ทำแบบเรียลไทม์ โดยมีการแยกส่วนฟังก์ชันในการทำงาน จะส่งผลให้โปรแกรมทำงานได้ไวขึ้น เนื่องจากมีการทำงานแค่เฉพาะในส่วนที่มีการเรียกใช้งานหรือส่วนที่จำเป็นเท่านั้น เช่น เมื่อมีฟังก์ชันที่ 1 ถึง ฟังก์ชันที่ 10 อะซิงโครนัสจะมีหน้าที่ช่วยในการทำงานโดยที่สามารถข้ามการทำงานไปเฉพาะในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของการขอข้อมูลเท่านั้น เช่น จากฟังก์ชันที่ 1 ข้ามไปฟังก์ชันที่ 6 ได้ทันที โดยไม่จำเป็นต้องทำงานตั้งแต่ฟังก์ชันที่ 1 ถึง ฟังก์ชัน 10 ทั้งหมด แต่ในทางกลับกันการทำงานแบบทั่วไป คือแบบซิงโครนัส (Synchronous) จะต้องมีเงื่อนไขในการรันข้อมูลทั้งหมดก่อน แล้วถึงจะได้ข้อมูลในส่วนที่เราต้องการ เช่น มีฟังก์ชันที่ 1 ถึง ฟังก์ชันที่ 10 ถ้าต้องการข้อมูลในฟังก์ชันที่ 5 จะต้องรอจนกว่าการคำนวณข้อมูลในฟังก์ชันที่ 1 ถึง ฟังก์ชันที่ 4 เสร็จสิ้นก่อน ซึ่งจะแตกต่างจากอะซิงโครนัสที่สามารถเรียกใช้งานข้อมูลที่เราต้องการได้ทันที โดยในปฏิญญาฉบับนี้ ได้นำการสื่อสารแบบอะซิงโครนัสมาประยุกต์ใช้ เนื่องจากมีการส่งข้อมูลจากหลายอุปกรณ์พร้อมกัน ดังนั้นการทำงานโดยแยกแต่ละส่วน จะช่วยให้สามารถส่งข้อมูลเข้าออกระหว่างซอฟต์แวร์และอุปกรณ์ได้ไวยิ่งขึ้น

### 2.9.1.3 ภาษา C

ภาษา C เป็นภาษาที่ใช้สำหรับพัฒนาโปรแกรมทั่วไป เพราะมีความยืดหยุ่นสูง และออกแบบมาให้สามารถทำงานร่วมกับคำสั่งพื้นฐานของคอมพิวเตอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยภาษา C ถูกพัฒนาขึ้นระหว่างคริสต์ศักราช 1969 ถึงคริสต์ศักราช 1973 โดย Dennis Rittchie และเริ่มเป็นที่นิยมเพิ่มขึ้นจนใช้กันอย่างแพร่หลาย และได้มีการกำหนดมาตรฐานของภาษา C ที่เรียกว่า ANSI C ขึ้น และใช้เป็นมาตรฐานในการพัฒนาภาษาคอมพิวเตอร์รุ่นใหม่ ๆ ต่อไป เช่น ภาษา C++ หรือภาษา C# [36]

ภาษา C เป็นโปรแกรมระดับสูงที่ใช้สำหรับเขียนโปรแกรมประยุกต์ต่าง ๆ เช่นเดียวกับภาษาปาสคาล ภาษาเบสิก และภาษาฟอร์แทรน นอกจากนี้ภาษา C ยังใช้สำหรับเขียนโปรแกรมระบบและโปรแกรมสำหรับควบคุมฮาร์ดแวร์บางส่วนที่โปรแกรมระดับสูงหลายภาษาไม่สามารถทำได้ [37] โดยโครงสร้างของภาษา C แสดงดังรูปที่ 2.18 แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้ [38]

1. ส่วนหัวของโปรแกรม หรือเรียกว่า เฮดเดอร์ (Header) เป็นส่วนที่จำเป็นต้องมีในทุกโปรแกรม จะเป็นส่วนสำหรับเรียกใช้ไฟล์จากไลบรารี (Library) เข้ามาร่วมประมวลผล โดยใช้ #include ตามด้วยชื่อไลบรารี ให้อยู่ระหว่างเครื่องหมาย < > ซึ่งไลบรารีที่ใช้บ่อยสุดคือ stdio.h ย่อมาจาก Standard Input/Output จะเก็บคำสั่งเกี่ยวกับการรับค่า/แสดงค่าของโปรแกรม ซึ่งส่วนหัวของโปรแกรมสามารถเขียนได้ 2 รูปแบบ คือ

(1) #include <ชื่อเฮดเดอร์ไฟล์> คอมไพเลอร์จะทำการค้นหาเฮดเดอร์ไฟล์ที่ระบุจากไคเรททอรีที่ใช้ สำหรับเก็บเฮดเดอร์ไฟล์โดยเฉพาะ (ปกติคือไคเรททอรีชื่อ include)

(2) #include "ชื่อเฮดเดอร์ไฟล์" คอมไพเลอร์จะทำการค้นหาเฮดเดอร์ไฟล์ที่ระบุจากไคเรททอรีเดียวกันกับไฟล์ Source Code นั้น แต่ถ้าไม่พบก็จะไปค้นหาไคเรททอรีที่ใช้เก็บเฮดเดอร์ไฟล์โดยเฉพาะ

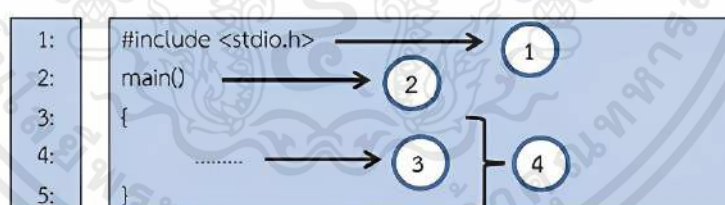
2. ส่วนฟังก์ชันหลักของโปรแกรม โดยฟังก์ชันหลักของภาษา C คือ ฟังก์ชัน main() ซึ่งโปรแกรมภาษา C ทุกโปรแกรมจะต้องมีฟังก์ชันนี้อยู่ในโปรแกรมเสมออย่างน้อยหนึ่งฟังก์ชัน โดยขอบเขตของฟังก์ชันจะถูกกำหนดด้วยคำสั่ง void main() ตามด้วยเครื่องหมายวงเล็บปีกกา {} หนึ่งคู่ ซึ่งคำสั่งทั้งหมดจะถูกเขียนไว้ในวงเล็บปีกกา นั่นคือการทำงานของฟังก์ชันจะเริ่มต้นที่เครื่องหมายปีกกาเปิด และจะสิ้นสุดที่เครื่องหมายปีกกาปิด โปรแกรมจะทำการประมวลผลทั้งหมดเมื่อทำการรันโปรแกรม ในกรณีที่คำสั่งไม่มีข้อผิดพลาด

3. ส่วนรายละเอียดของโปรแกรม เป็นส่วนของการเขียนคำสั่งต่าง ๆ เพื่อสั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงาน ในการเขียนคำสั่งจะเขียนภายในเครื่องหมายปีกกาเปิด และเครื่องหมายปีกกาปิด โดยปกติส่วนของการเขียนโปรแกรมจะสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ

(1) ส่วนของการประกาศตัวแปร คือ ส่วนที่ใช้ในการกำหนดตัวแปรที่จะใช้งานในการเขียนโปรแกรม

(2) ส่วนของคำสั่ง หรือฟังก์ชันต่าง ๆ คือ ส่วนที่ใช้ในการกำหนดตัวแปรที่จะใช้งานในการเขียนโปรแกรมพิมพ์ฟังก์ชันเสร็จแล้วจะต้องปิดท้ายด้วยเครื่องหมาย ; (เซมิโคลอน) เสมอ

4. ส่วนของการเปิดโปรแกรมและปิดโปรแกรม ตามโครงสร้างของภาษา C จะต้องมีการกำหนดจุดเริ่มต้นและจบโปรแกรม โดยในที่นี้ใช้เครื่องหมายปีกกาเปิดในการระบุตำแหน่งการเริ่มต้นโปรแกรม และใช้เครื่องหมายปีกกาปิดในการระบุตำแหน่งการจบโปรแกรม



รูปที่ 2.15 โครงสร้างภาษา C [38]

#### 2.9.1.4 ภาษา HTML

HTML (Hyper Text Markup Language) เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการสร้างหน้าเว็บเพจในรูปแบบของไฟล์ HTML ที่มีนามสกุลเป็น .htm หรือ .html ซึ่งมีเว็บเบราว์เซอร์เป็นโปรแกรมที่ใช้แปลงไฟล์ HTML เพื่อแสดงผลในรูปแบบของหน้าเว็บ ซึ่งไฟล์ HTML เป็นไฟล์รหัสแอสกี (ASCII) ที่ถูกบันทึกในรูปแบบของไฟล์เอกสารที่สามารถถูกสร้างจากโปรแกรมสร้างไฟล์ข้อความ เช่น Notepad หรือ Word Processing ทั่ว ๆ ไป ซึ่งลักษณะของไฟล์ HTML จะประกอบไปด้วยแท็กต่าง ๆ ที่เป็นคำสั่งของ HTML ซึ่งแท็กจะอยู่ภายในเครื่องหมาย < และ >

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยแท็กใน HTML แบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. คอนเทนเนอร์แท็ก (Container Tag) จะประกอบไปด้วยแท็กเปิด และแท็กปิด โดยที่แท็กปิดจะมีเครื่องหมาย / นำหน้าแท็ก เช่น <H1>. .</H1>
2. แท็กเปล่า (Empty Tag) จะมีแท็กเปิดอย่างเดียว เช่น <HR> ซึ่งแท็กจะเขียนด้วยตัวอักษรพิมพ์ใหญ่หรือพิมพ์เล็กก็ได้ จะไม่มีผลต่อการแสดงผลของเว็บเบราว์เซอร์ เช่น <BR>, <br>, <Br> หรือ <br> เว็บเบราว์เซอร์จะแปลความหมายเหมือนกัน

โครงสร้างของไฟล์ HTML จะมีแท็ก <HTML> และ </HTML> เป็นตัวกำหนดขอบเขตไฟล์ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. ส่วนหัวเรื่อง (Head Section) มีไว้กำหนดข้อมูลเฉพาะของหน้าเว็บ เช่น ชื่อเรื่องของเว็บภายในแท็ก <HEAD> และ </HEAD>
2. ส่วนเนื้อหา (Body Section) มีไว้กำหนดรายละเอียดต่าง ๆ ที่ต้องการแสดงบนหน้าเว็บเช่น ข้อความ และรูปภาพภายในแท็ก <BODY> และ </BODY> แสดงดังรูปที่ 2.16 [39]

```
<HTML>
  <HEAD>
    <TITLE> ใส่ชื่อเรื่อง </TITLE>
  </HEAD>
  <BODY>
    ใส่เนื้อหาที่ต้องการแสดงบนหน้าเว็บ
  </BODY>
</HTML>
```

รูปที่ 2.16 โครงสร้างไฟล์ HTML [39]

#### 2.9.1.5 ภาษา CSS

CSS (Cascading Style Sheet) หรือเรียกว่า สไตล์ชีต เป็นภาษาที่ใช้ในส่วนของการจัดรูปแบบการแสดงผลเอกสาร HTML โดยที่ CSS จะกำหนดกฎเกณฑ์ในการระบุรูปแบบของเนื้อหาในเอกสาร ได้แก่ สีของข้อความ สีพื้นหลัง ประเภทตัวอักษร และการจัดวางข้อความ ซึ่งการกำหนดรูปแบบนี้ใช้หลักการของการแยกเนื้อหาเอกสาร HTML ออกจากคำสั่งที่ใช้ในการจัดรูปแบบการแสดงผล กำหนดให้รูปแบบของการแสดงผลเอกสารไม่ขึ้นอยู่กับเนื้อหาของเอกสาร เพื่อให้ง่ายต่อการจัดรูปแบบการแสดงผลของเอกสาร HTML โดยเฉพาะในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื้อหาเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารบ่อยครั้ง หรือต้องการควบคุมให้รูปแบบการแสดงผลเอกสาร HTML มีลักษณะของความสม่ำเสมอทั่วกันทุกหน้าเอกสารภายในเว็บไซต์เดียวกัน โดยกฎเกณฑ์ในการกำหนดรูปแบบเอกสาร HTML ถูกเพิ่มเข้ามาครั้งแรกใน HTML 4.0 เมื่อปีพุทธศักราช 2539 ในรูปแบบของ CSS level 1 Recommendations ที่กำหนดโดยองค์กร W3C (World Wide Web Consortium) [40]

โดยประโยชน์ของภาษา CSS มีดังนี้

1. การใช้ CSS ในการจัดรูปแบบการแสดงผล จะช่วยลดการใช้ภาษา HTML ในการตกแต่งเอกสารเว็บเพจ ทำให้โค้ดเหลือเพียงเนื้อหา ทำให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น และเมื่อโค้ดภายในเอกสาร HTML ลดลง จึงทำให้ขนาดไฟล์เล็กลง และดาวน์โหลดได้เร็วขึ้น
2. การใช้ CSS จะช่วยในการแก้ไขเอกสารได้ง่ายและรวดเร็ว และสามารถควบคุมการแสดงผลให้เหมือนกัน หรือใกล้เคียงกันได้หลายเว็บเบราว์เซอร์
3. สามารถกำหนดการแสดงผลในรูปแบบที่เหมาะสมกับสื่อชนิดต่าง ๆ และทำให้เป็นเว็บไซต์ที่มีมาตรฐานปัจจุบัน การใช้ CSS กับเอกสาร HTML จะทำให้เข้ากับเว็บเบราว์เซอร์ในอนาคตได้ดี

CSS HTML และ XHTML นั้นทำหน้าที่คนละอย่างกัน โดยที่ HTML และ XHTML จะทำหน้าที่ในการวางโครงสร้างเอกสารอย่างเป็นรูปแบบ ถูกต้อง เข้าใจง่าย และไม่เกี่ยวข้องกับการแสดงผล ส่วน CSS จะทำหน้าที่ในการตกแต่งเอกสารให้สวยงาม

ประเภทของ CSS ตามการนำไปใช้งาน แบ่งออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. In-line Style เป็นวิธีการเขียน CSS ลงไปในแท็กของ HTML โดยตรง วิธีนี้จะเป็นการบังคับให้ CSS ทำงานเฉพาะเจาะจงที่จุดนั้นจุดเดียว ไม่สามารถนำมาใช้ซ้ำได้
2. Internal Style เป็นวิธีการเขียน CSS ให้อยู่ภายในเอกสารเดียวกับเอกสารหลัก เช่น HTML จะเขียนไว้ที่ส่วน <HEAD> เป็นต้น วิธีนี้จะสามารถเรียกใช้งาน CSS ชุดเดียวกันได้หลายครั้งในเอกสารนั้น แต่ไม่สามารถเรียกใช้จากเอกสารอื่นได้
3. External Style Sheet เป็นวิธีการเขียน CSS แบบมาตรฐานคือการแยกไฟล์ CSS ออกไปไว้ภายนอกเอกสารหลัก วิธีนี้จะทำให้สามารถเรียกใช้งาน CSS ชุดเดียวกันได้จากหลายเอกสาร เป็นวิธีที่ยืดหยุ่นในการใช้งานมากที่สุด
4. Browser CSS Default เป็น CSS มาตรฐานที่มากับเบราว์เซอร์ตัวนั้น ๆ เช่น เมื่อพิมพ์ <H1> เบราว์เซอร์จะแสดงผลเป็นหัวข้อใหญ่ เป็นต้น โดยเบราว์เซอร์แต่ละตัวอาจจะแสดงผลแตกต่างกันเล็กน้อย [41]

#### 2.9.1.6 ภาษา JavaScript

JavaScript เป็นภาษาคอมพิวเตอร์สำหรับการเขียนโปรแกรมบนระบบอินเทอร์เน็ต ที่ได้รับความนิยมสูง โดยที่ JavaScript เป็นภาษาสคริปต์เชิงวัตถุที่ใช้ในการสร้างและเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พัฒนาเว็บไซต์ ใช้ร่วมกับภาษา HTML เพื่อให้เว็บไซต์มีการเคลื่อนไหว และสามารถตอบสนองผู้ใช้งานได้อย่างทันสมัยมากขึ้น เช่น การใช้เมาส์คลิก หรือการกรอกข้อความในฟอร์ม เป็นต้น โดยที่ JavaScript มีวิธีการทำงานในลักษณะแปลความและดำเนินงานไปที่ละคำสั่ง (Interpret) หรือเรียกว่า อ็อบเจ็กต์โอเรียนเต็ล (Object Oriented Programming) ที่มีเป้าหมายในการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมในระบบอินเทอร์เน็ตสำหรับผู้เขียนด้วยภาษา HTML และสามารถทำงานข้ามแพลตฟอร์มได้ โดยจะทำงานร่วมกับภาษา HTML และภาษา Java ได้ทั้งทางฝั่งไคลเอนต์ และทางฝั่งเซิร์ฟเวอร์

ภาษา JavaScript ได้รับความนิยมเป็นอย่างสูง เนื่องจากช่วยให้ผู้พัฒนาสามารถสร้างเว็บเพจได้ตรงกับความต้องการ และมีความน่าสนใจมากขึ้น เป็นภาษาเปิดที่ใครก็สามารถนำไปใช้ได้ ดังนั้นจึงมีการใช้งานอย่างกว้างขวาง รวมทั้งได้ถูกกำหนดให้เป็นมาตรฐานโดย ECMA โดยการทำงานของ JavaScript จะต้องมีการแปลความคำสั่ง ซึ่งขั้นตอนนี้จะถูกจัดการโดย เบราร์เซอร์ ดังนั้น JavaScript จึงสามารถทำงานได้เฉพาะบนเบราร์เซอร์ที่สนับสนุน ซึ่งปัจจุบันเบราร์เซอร์เกือบทั้งหมดสนับสนุน JavaScript แล้ว นอกจากนี้สิ่งที่ต้องระวังคือถ้านำโค้ดของเวอร์ชันใหม่ไปรันบนเบราร์เซอร์รุ่นเก่าที่ยังไม่สนับสนุน อาจจะทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้

การทำงานของ JavaScript เกิดขึ้นบนเบราร์เซอร์ เรียกว่าเป็น Client Side Script ดังนั้นไม่ว่าจะใช้เซิร์ฟเวอร์อะไร หรือที่ไหน ก็ยังคงสามารถใช้ JavaScript ในเว็บเพจได้ ต่างกับภาษาสคริปต์อื่น เช่น Perl, PHP หรือ ASP ซึ่งต้องแปลความและทำงานที่ตัวเครื่องเซิร์ฟเวอร์ เรียกว่า Server Side Script ดังนั้นจึงต้องใช้บนเซิร์ฟเวอร์ที่สนับสนุนภาษาเหล่านี้เท่านั้น JavaScript มีข้อจำกัดคือไม่สามารถรับและส่งข้อมูลต่าง ๆ กับเซิร์ฟเวอร์โดยตรง เช่น การอ่านไฟล์จากเซิร์ฟเวอร์ เพื่อนำมาแสดงบนเว็บเพจหรือรับข้อมูลจากผู้ชม เพื่อนำไปเก็บบนเซิร์ฟเวอร์ เป็นต้น ดังนั้นงานลักษณะนี้ จึงยังคงต้องอาศัยภาษา Server Side script อยู่ [42]

การเขียนโปรแกรมคำสั่งของ Java script ต้องเขียนร่วมกับภาษา HTML โดยแทรกอยู่ภายในระหว่างคำสั่ง <Head> กับ </Head> หรือจะเขียนหลังจาก <Body> ก็ได้ การเขียนคำสั่งตัวอักษรพิมพ์เล็กและตัวอักษรพิมพ์ใหญ่นั้นมีความหมายแตกต่างกัน [43]

## 2.10 ระบบแจ้งเตือน Line Notify

ระบบแจ้งเตือน Line Notify เป็นบริการรับการแจ้งเตือนจากบัญชีทางการที่ชื่อว่า "LINE Notify" ซึ่งให้บริการโดย LINE ในรูปแบบของ API ซึ่งเหมาะสำหรับโปรแกรมเมอร์ หรือนักพัฒนาซอฟต์แวร์ โดยสามารถนำไปใช้ต่อยอดในการพัฒนาโปรเจกต์ต่าง ๆ หรือนำไปเชื่อมต่อกับเว็บเซอร์วิส เช่น GitHub IFTTT และ Mackerel แสดงดังรูปที่ 2.17 ที่มีความต้องการสร้างการแจ้งเตือนแบบข้อความไปยังกลุ่มหรือบัญชีส่วนตัวได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย ยกเว้นกรณีที่เชื่อมต่อกับเว็บเซอร์วิสอื่น ๆ ที่อาจมีบางบริการที่ใช้ได้เฉพาะบัญชีแบบเสียค่าบริการ [44]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 ระบบแจ้งเตือน Line Notify [44]

## 2.11 การตรวจวัดคุณภาพของน้ำ

### 2.11.1 น้ำเสีย

น้ำเสีย คือน้ำที่ได้รับผลกระทบด้านคุณภาพมาจากการใช้งานของมนุษย์ ซึ่งน้ำเสียที่เกิดขึ้นจะต้องถูกส่งไปบำบัดที่โรงงานบำบัดน้ำเสีย เพื่อปรับปรุงคุณภาพของน้ำก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ หรืออาจนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ต่อได้ ซึ่งการทดสอบว่าน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีคุณภาพที่ดีเพียงพอหรือไม่นั้น จะต้องทดสอบด้วยการตรวจวัดคุณภาพน้ำ ซึ่งโดยทั่วไปแบ่งเป็นประเภทแหล่งน้ำเสียเป็น 2 ประเภท ดังนี้ [45]

2.11.1.1 น้ำเสียจากแหล่งชุมชน คือน้ำเสียที่มาจากกิจกรรมประจำวัน โดยลักษณะของน้ำเสียที่เกิดขึ้นจะมีสารหรือสิ่งปฏิกูลปนเปื้อนอยู่ เช่น น้ำมัน ไขมัน ผงซักฟอก น้ำยาทำความสะอาด ยาฆ่าแมลง เศษอาหารจากการประกอบอาหาร และเชื้อโรคชนิดต่าง ๆ หรือน้ำที่ผ่านการชำระล้างสิ่งสกปรกต่าง ๆ จากครัวเรือนและอาคารสถานที่ ซึ่งปัญหาของน้ำเสียในลักษณะนี้คือการเพิ่มขึ้นตามการเจริญเติบโตของชุมชน การปนเปื้อนเหล่านี้จะส่งผลให้คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลงไปจนไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่น ๆ ได้ อีกทั้งยังทำให้เกิดมลพิษอย่างกลิ่นเหม็นและเชื้อโรคต่าง ๆ โดยการบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพจำเป็นต้องตรวจวัดคุณภาพน้ำ เพื่อกำหนดมาตรการในการบำบัดอย่างเหมาะสม

2.11.1.2 น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยทั่วไปจะมีกฎหมายควบคุมการปล่อยน้ำเสียก่อนปล่อยออกไปยังแหล่งน้ำธรรมชาติ ตามประเภทและขนาดกิจการของโรงงานที่สร้างมลพิษ โดยโรงงานอุตสาหกรรมที่มีปริมาณน้ำเสียตรงตามที่กฎหมายกำหนด จะต้องทำการบันทึกข้อมูลผลการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียในแต่ละวัน ตามรายละเอียดที่กรมโรงงานกำหนด และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากตรวจวัดคุณภาพน้ำเสียแล้วพบว่าไม่ตรงตามเกณฑ์ที่ทางกรมโรงงานกำหนด ทางโรงงานอุตสาหกรรมนั้นต้องรับผิดชอบปรับปรุง แก้ไข ซ่อมแซม หรือเปลี่ยนแปลงรูปแบบของระบบบำบัดน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพตรงตามมาตรฐานที่กฎหมายกำหนด ซึ่งแต่ละโรงงานก็จะมีกระบวนการบำบัดน้ำเสียแตกต่างกันไปตามประเภทของสารปนเปื้อนในน้ำเสีย และปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น

### 2.11.2 การตรวจสอบน้ำเสีย

การตรวจสอบน้ำเสียมี 3 วิธี [46] ดังนี้

2.11.2.1 ลักษณะทางกายภาพ คือ สิ่งที่ตรวจสอบได้ด้วยตาเปล่า เช่น

สี คือ สีของน้ำเสีย โดยทั่วไปมักจะมีสีเทาปนน้ำตาลจาง ๆ เมื่อปล่อยทิ้งไว้จะเกิดปฏิกิริยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน ทำให้สีเริ่มเข้มขึ้นจนเปลี่ยนเป็นสีดำและเกิดกลิ่นเหม็น ซึ่งสีดำของน้ำเสียเกิดจากการรวมตัวของก๊าซไข่เน่า กับธาตุโลหะที่มีอยู่ในน้ำเสีย เกิดเป็นโลหะซัลไฟด์ (Metallic Sulfides)

กลิ่น คือ กลิ่นในน้ำเสีย โดยทั่วไปเกิดจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งเกิดจากจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ต้องการออกซิเจน กลิ่นของไฮโดรเจนซัลไฟด์เป็นดัชนีบ่งบอกการทำงานของระบบท่อน้ำเสีย ระบบบำบัดน้ำเสีย ตลอดจนระบบทิ้งตะกอน จึงจำเป็นต้องพิจารณาถึงการควบคุมกลิ่นเพื่อให้สาธารณชนยอมรับระบบเหล่านี้ด้วย

ของแข็ง คือ ปริมาณของสารต่าง ๆ ที่มีอยู่ในน้ำเสีย ในลักษณะละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ โดยของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ เช่น หลูดกาแฟ เศษอาหาร อุจจาระสิ่งปฏิกูลต่าง ๆ บางชนิดมีน้ำหนักเบาแขวนลอยอยู่ในน้ำ บางชนิดหนักและจมลงด้านล่าง ซึ่งของแข็งที่ไม่ละลายน้ำอาจสร้างปัญหาในการอุดตัน ถ้าปล่อยทิ้งในปริมาณมากจะทำให้เกิดความสกปรก ตลอดจนบดบังแสงอาทิตย์ที่ส่องลงสู่ท้องน้ำ

2.11.2.2 ลักษณะทางชีววิทยา คือ การตรวจวัดจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำ ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า

2.11.2.3 ลักษณะทางเคมี เช่น ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) เป็นค่าที่บอกลถึงความเป็นกรดหรือด่างของน้ำเสีย หากค่า pH ต่ำกว่า 7 น้ำจะมีสภาพเป็นกรด ถ้าค่า pH สูงกว่า 7 จะมีสภาพเป็นด่าง โดยทั่วไปสิ่งมีชีวิตในน้ำหรือจุลินทรีย์ในถังบำบัดจะดำรงชีพได้ดีในสภาพเป็นกลาง คือมีค่า pH ประมาณ 6 ถึง 8 ซึ่งค่า pH ที่สูงเกินไปหรือต่ำเกินไปจะทำให้ระบบนิเวศทางน้ำเสียหาย ส่งผลให้สัตว์น้ำและพืชน้ำไม่สามารถอาศัยอยู่ได้ นอกจากนี้ยังทำให้น้ำมีฤทธิ์กัดกร่อนท่อหรือภาชนะได้ และสารอินทรีย์เป็นของเสียที่พบปริมาณมากที่สุด และเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดปัญหาน้ำเสีย เนื่องจากเมื่อปล่อยสารอินทรีย์ลงสู่แหล่งน้ำจะถูกย่อยสลายจุลินทรีย์ ถ้าในน้ำมีออกซิเจนไม่เพียงพอ จะเกิดการย่อยสลายในสภาพไร้ออกซิเจน ทำให้เกิดการเน่าเสียขึ้น

### 2.11.3 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ตรวจสอบคุณภาพน้ำ

ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำ จำเป็นที่จะต้องมีการกำหนดตัวชี้วัดหรือพารามิเตอร์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการตรวจสอบเบื้องต้น เพื่อประเมินคุณภาพของน้ำว่าตรงตาม พรบ.กฎหมาย และมาตรฐานที่เกี่ยวกับการควบคุมมลพิษ [47] เช่น มาตรฐานน้ำดื่ม มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงาน อุตสาหกรรม ให้มีความเหมาะสมในการบริโภคหรืออุปโภค ซึ่งพารามิเตอร์ที่สำคัญที่ใช้ คือ ค่าบีโอดี ค่าออกซิเจนในน้ำ ค่าความเป็นกรดต่างในน้ำ ของแข็งแขวนลอยไขมันและน้ำมันในโตรเจน และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

2.11.3.1 บีโอดี หรือ BOD (Biochemical Oxygen Demand) เป็นค่าที่บอกถึงปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ถ้าค่าบีโอดีสูงแสดงว่าความต้องการออกซิเจนสูง นั่นคือน้ำมีความสกปรกหรือมีสารอินทรีย์ในน้ำมาก และค่ามาตรฐานควรไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.11.3.2 ค่าออกซิเจนในน้ำ หรือ DO (Dissolved Oxygen) เป็นค่าที่มีความสำคัญมากในการบอกปริมาณออกซิเจนในน้ำ ซึ่งมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ โดยมาตรฐานน้ำที่ดื่มจะมีค่าออกซิเจนในน้ำระหว่าง 5 ถึง 8 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนมาตรฐานน้ำเสียจะมีค่าออกซิเจนในน้ำน้อยกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร

ในปริญญานิพนธ์นี้ ผู้จัดทำได้เลือกใช้วิธีการวัดค่าออกซิเจนในน้ำ หรือ DO เพื่อทดสอบคุณภาพของน้ำที่ได้จากการบำบัดโดยเครื่องเติมอากาศ เนื่องจากเครื่องจะบำบัดน้ำเสียโดยใช้วิธีการตีน้ำเพื่อเพิ่มออกซิเจนในน้ำ โดยชุดทดสอบออกซิเจนในน้ำ แสดงดังรูปที่ 2.18

2.11.3.3 ค่าความเป็นกรดต่างในน้ำ (pH) เป็นค่าที่บอกถึงความเป็นกรดต่างของน้ำเสียโดยทั่วไปสิ่งมีชีวิตในน้ำหรือจุลินทรีย์จะดำรงชีวิตได้ดีในสภาวะที่เป็นกลาง คือ ค่าความเป็นกรดต่างอยู่ในระหว่าง 6 ถึง 8

2.11.3.4 ปริมาณของแข็ง (Solid) คือ ปริมาณสารต่าง ๆ ที่มีอยู่ในน้ำเสียในลักษณะที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ ของแข็งที่ไม่ละลายน้ำอาจสร้างปัญหาในการอุดตันและถ้าปล่อยทิ้งในปริมาณมากจะทำให้เกิดความสกปรกและตื่นเงินในน้ำธรรมชาติ ซึ่งค่ามาตรฐานไม่ควรเกิน 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.11.3.5 ไขมันและน้ำมัน (Fat, Oil and Grease) ส่วนใหญ่มาจากน้ำมัน และไขมันจากพืชและสัตว์ที่ใช้ในการทำอาหาร สารเหล่านี้มีน้ำหนักเบาและลอยน้ำ ทำให้ขัดขวางการซึมของออกซิเจนจากอากาศสู่แหล่งน้ำ ส่งผลให้ค่าบีโอดีสูง ซึ่งค่ามาตรฐานควรไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.11.3.6 ไนโตรเจน (Nitrogen) เมื่อในน้ำมีออกซิเจนมากเพียงพอจะถูกย่อยสลายไปเป็นไนไตรท์และไนเตรท ดังนั้นการปล่อยน้ำเสียที่มีสารประกอบไนโตรเจนสูงจึงทำให้ออกซิเจนที่มีอยู่ในน้ำลดน้อยลง ซึ่งค่ามาตรฐานควรมิเกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 2.18 ชุดทดสอบออกซิเจนในน้ำ [48]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

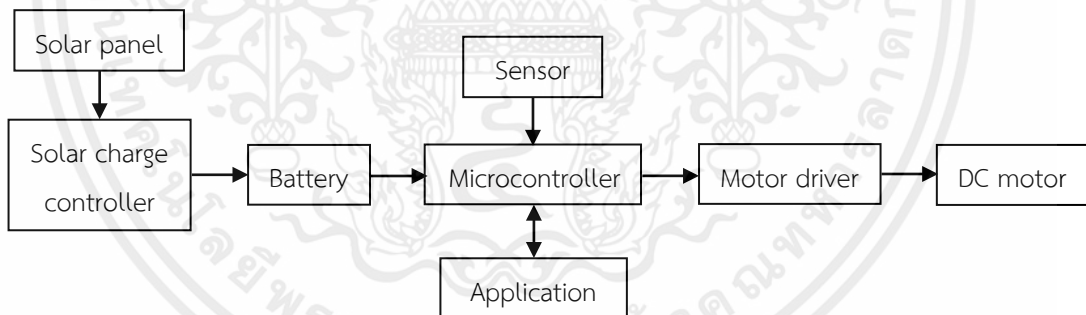
## บทที่ 3

### การออกแบบและการจัดทำปริญญานิพนธ์

#### 3.1 การออกแบบ

##### 3.1.1 การออกแบบภาพรวมการทำงานของระบบ

การทำงานของเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เริ่มต้นจากการสั่งการให้มอเตอร์ทำงานผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ประมวลผลบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เพื่อให้ใบพัดกังหันเริ่มการตีน้ำเพื่อบำบัดน้ำโดยการเติมออกซิเจนลงไปใต้น้ำ และการเก็บขยะลอยน้ำเริ่มต้นจากการกำหนดทิศทางที่จะให้เครื่องเคลื่อนที่ผ่านเว็บแอปพลิเคชัน โดยที่บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 จะรับคำสั่งจากเว็บแอปพลิเคชันผ่าน Wi-Fi แล้วนำข้อมูลไปประมวลผลเพื่อสั่งการให้มอเตอร์ทำงานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้เว็บแอปพลิเคชันสามารถแสดงข้อมูลปริมาณขยะที่เก็บได้ และระบุตำแหน่งปัจจุบันของเครื่องได้ โดยใช้เซนเซอร์วัดระยะทางและเซนเซอร์ระบุตำแหน่งพิกัด GPS ที่ประมวลผลบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 โดยบล็อกไดอะแกรมภาพรวมของระบบ แสดงดังรูปที่ 3.1



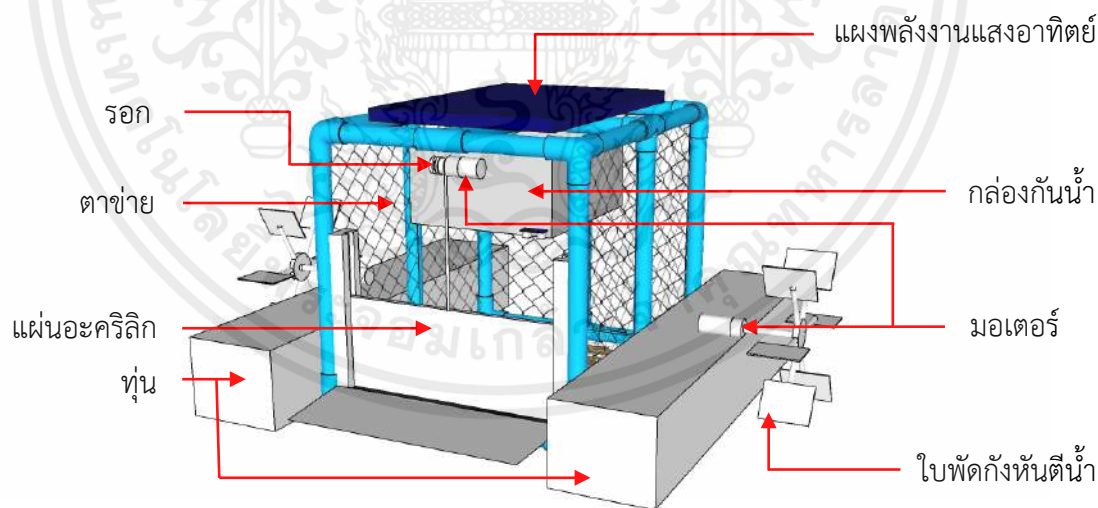
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมภาพรวมของระบบ

##### 3.1.2 การออกแบบและประกอบเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

ในการออกแบบโครงสร้างของเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ เราจะใช้โปรแกรม AutoCAD ในการจำลองแบบโครงสร้าง 3 มิติขึ้นมา แสดงดังรูปที่ 3.2 ซึ่งรายละเอียดโครงสร้างของเครื่องจะใช้ท่อ PVC ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว โดยมีความกว้างของเครื่อง 50 เซนติเมตร ความยาว 60 เซนติเมตร และความสูง 50 เซนติเมตร โดยที่ด้านบนของเครื่องจะติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์ไว้เพื่อผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์ ซึ่งแผงพลังงานแสงอาทิตย์

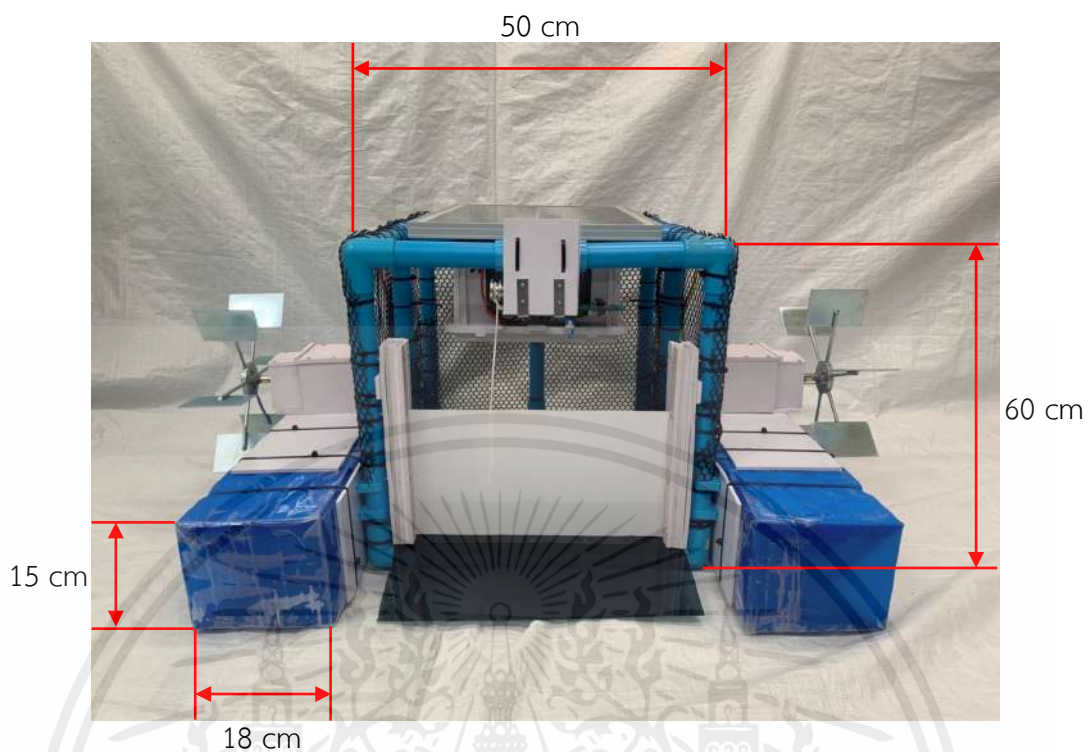
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีความกว้าง 36 เซนติเมตร ความยาว 52 เซนติเมตร และความสูง 2.3 เซนติเมตร โดยด้านล่างของแผงพลังงานแสงอาทิตย์จะติดกล่องกันน้ำสำหรับใส่อุปกรณ์ไว้เพื่อป้องกันไม่ให้อุปกรณ์เสียหายจากน้ำ ซึ่งกล่องกันน้ำมีความกว้าง 29 เซนติเมตร ความยาว 32.8 เซนติเมตร และความสูง 16 เซนติเมตร ซึ่งทางด้านหน้าของกล่องกันน้ำจะติดอุปกรณ์โซลาร์ชาร์จคอนโทรลเลอร์ โดยด้านข้างของเครื่องจะเชื่อมต่อกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงกับใบพัดกังหันน้ำเข้าด้วยกัน ใช้สำหรับตีน้ำเพื่อเพิ่มออกซิเจนในน้ำ และช่วยทำให้เครื่องเคลื่อนที่ได้ โดยใบพัดกังหันน้ำทำจากเหล็กชุบสังกะสีที่มีความกว้าง 7 เซนติเมตร ความยาว 10 เซนติเมตร และความหนา 1.5 มิลลิเมตร ก้านเชื่อมต่อใบพัดกังหันน้ำมีความยาว 10 เซนติเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 มิลลิเมตร และด้านข้างของเครื่องก็จะมีฟันทันที่ทำจากโฟมห่อด้วยผ้าใบกันน้ำ และด้านบนของฟันทันจะเชื่อมติดกับแผ่นพลาสติกสำหรับรับน้ำหนักและทำให้เครื่องเก็บขยะลอยน้ำสามารถลอยน้ำได้ ด้านหน้าของเครื่องจะติดตั้งแผ่นอะคริลิกที่มีความกว้าง 25 เซนติเมตร และความยาว 46 เซนติเมตร โดยแผ่นอะคริลิกจะผูกติดกับเชือกที่เชื่อมต่อกับบรอกและมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอยู่ เพื่อใช้ในการยกแผ่นอะคริลิกขึ้นและลง ขณะทำการเก็บขยะแผ่นอะคริลิกจะยกขึ้น และเมื่อเก็บขยะเสร็จแผ่นอะคริลิกจะปิดลงมาเพื่อป้องกันขยะลอยออกมาด้านนอก โดยทุกด้านของเครื่องยกเว้นด้านหน้านั้น จะล้อมรอบด้วยตาข่ายเพื่อป้องกันขยะลอยออกมาด้านนอก และภาพถ่ายของเครื่องเต็มอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ แสดงดังรูปที่ 3.3 ถึงรูปที่ 3.6

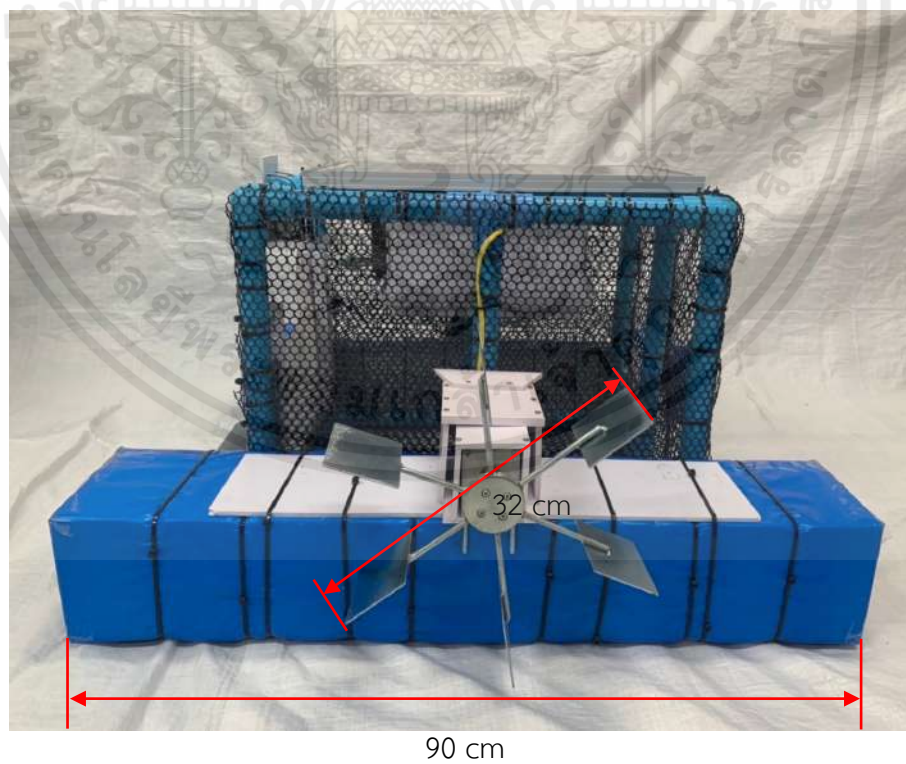


รูปที่ 3.2 ภาพจำลองโครงสร้าง 3 มิติของเครื่องเต็มอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

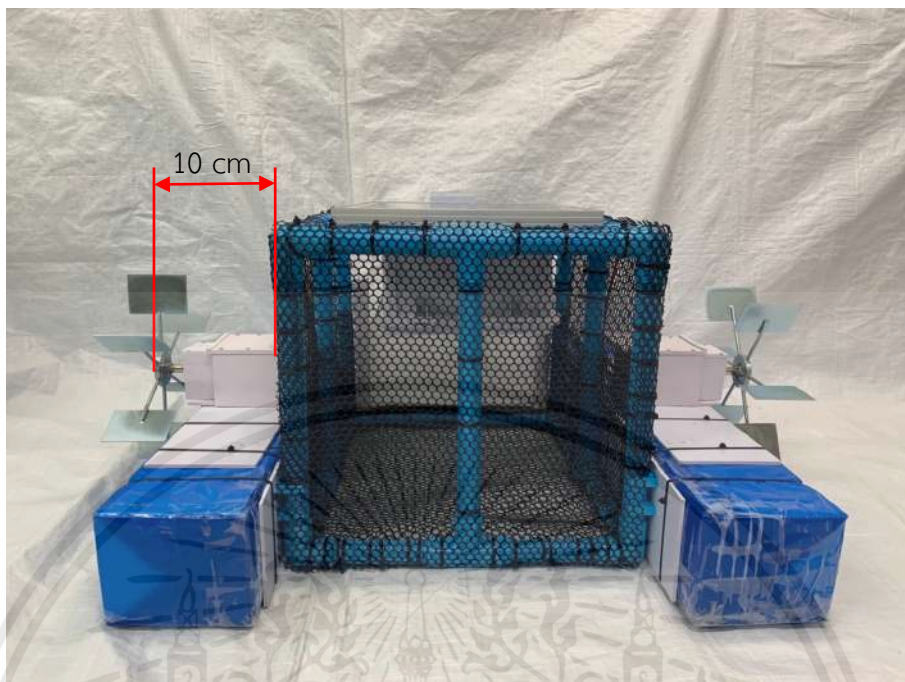


รูปที่ 3.3 ภาพถ่ายด้านหน้าของเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ 3.4 ภาพถ่ายด้านข้างของเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ภาพถ่ายด้านหลังของเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ 3.6 ภาพถ่ายด้านบนของเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.3 การออกแบบการทำงานของเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

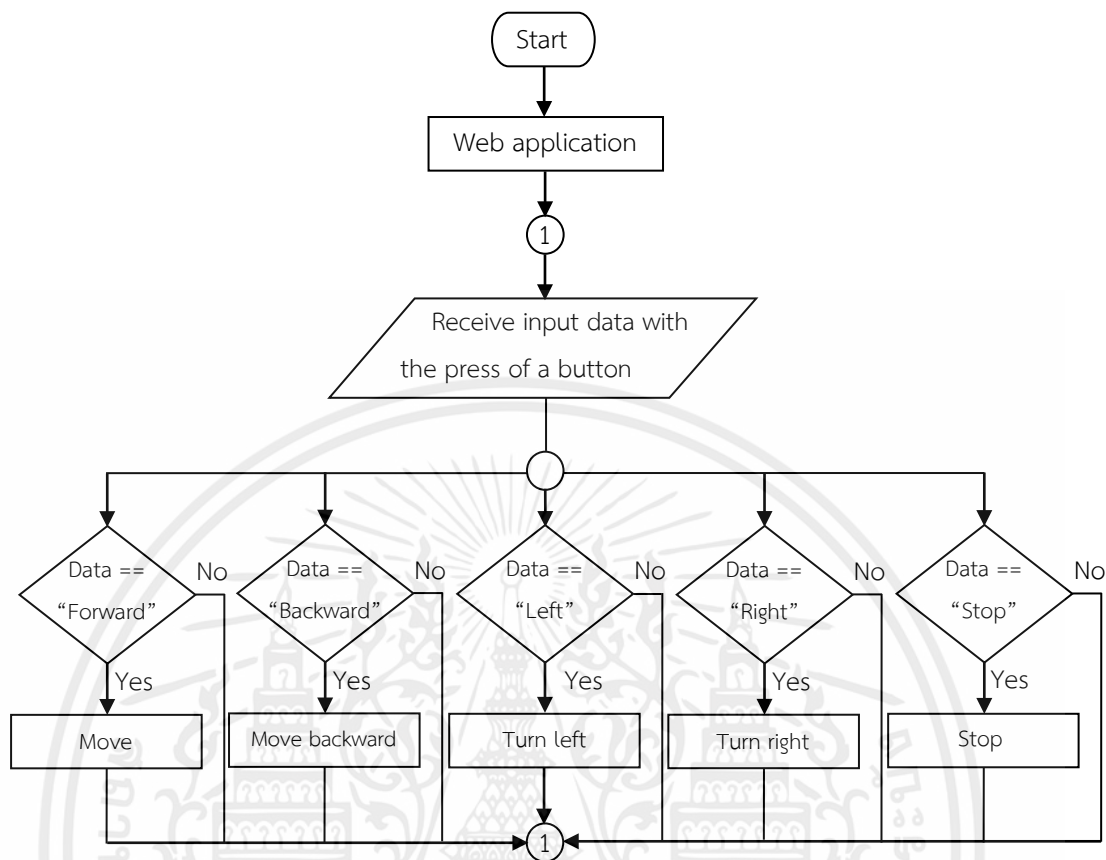
หลักการการทำงานของเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ คือเมื่อแผงพลังงานแสงอาทิตย์ได้รับแสงอาทิตย์ โซลาร์ชาร์จคอนโทรลเลอร์จะทำหน้าที่ควบคุมการชาร์จไฟฟ้าจากแผงพลังงานแสงอาทิตย์และควบคุมปริมาณกระแสไฟฟ้าให้เหมาะสมเพื่อนำไปเก็บในแบตเตอรี่ โดยโซลาร์ชาร์จคอนโทรลเลอร์จะจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับโหลดเมื่อแบตเตอรี่มีแรงดันไฟฟ้ามากกว่า 11.5 โวลต์ ซึ่งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะทำหน้าที่เป็นโหลด เมื่อแบตเตอรี่จ่ายพลังงานให้แก่โหลดส่งผลให้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเกิดการหมุน แต่ถ้าหากแบตเตอรี่มีแรงดันไฟฟ้าน้อยกว่า 11.5 โวลต์ โซลาร์ชาร์จคอนโทรลเลอร์จะหยุดจ่ายพลังงานให้แก่โหลดส่งผลให้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงหยุดหมุน และใช้เว็บแอปพลิเคชันควบคุมการทำงานของเครื่องผ่านการประมวลผลบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ที่เชื่อมต่อกับ Wi-Fi โดยโมดูลขับมอเตอร์ L298N จะใช้ควบคุมทิศทางและความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ประมวลผลบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 บล็อกไดอะแกรมแสดงดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 บล็อกไดอะแกรมของระบบการเคลื่อนที่ของเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

#### 3.1.3.1 การออกแบบระบบการเคลื่อนที่ของเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

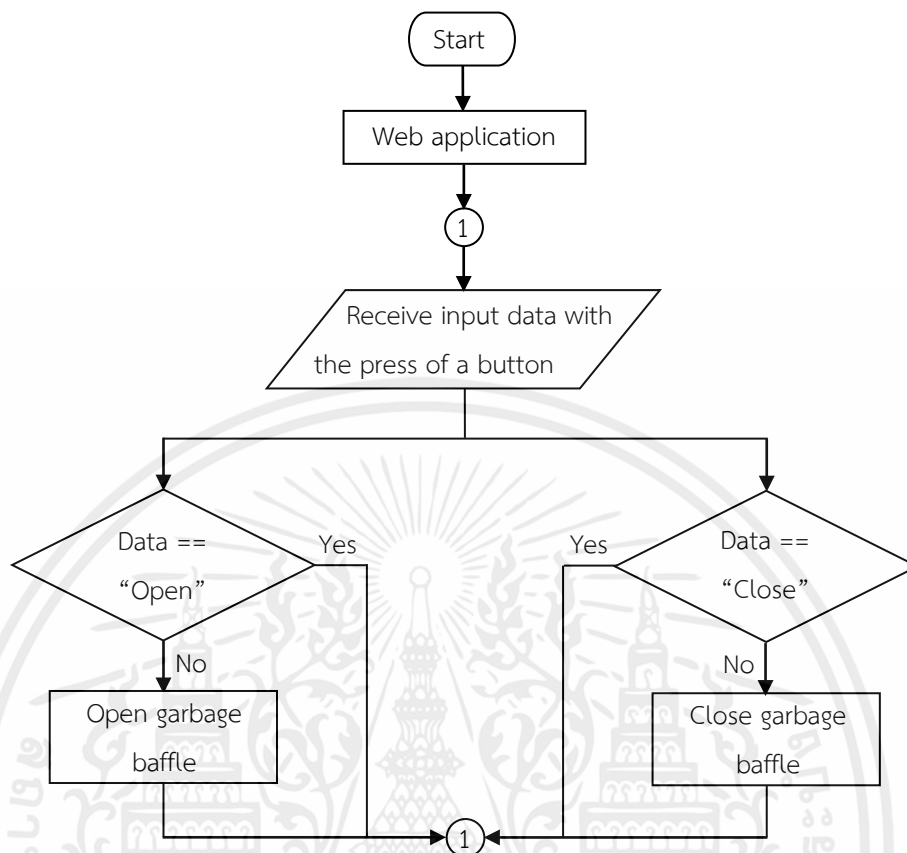
ระบบการเคลื่อนที่ของเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์มีหลักการดังนี้ เมื่อกดปุ่มคำสั่งการเคลื่อนที่ในหน้าเว็บแอปพลิเคชัน ได้แก่ ปุ่มเดินหน้า ปุ่มถอยหลัง ปุ่มเลี้ยวซ้าย ปุ่มเลี้ยวขวา และปุ่มหยุด เครื่องจะเคลื่อนที่ไปตามทิศทางที่กำหนด แผนผังการออกแบบระบบการเคลื่อนที่ของเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ แสดงดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แผนผังการออกแบบระบบการเคลื่อนที่ของเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

### 3.1.3.2 การออกแบบระบบการเก็บขยะลอยน้ำ

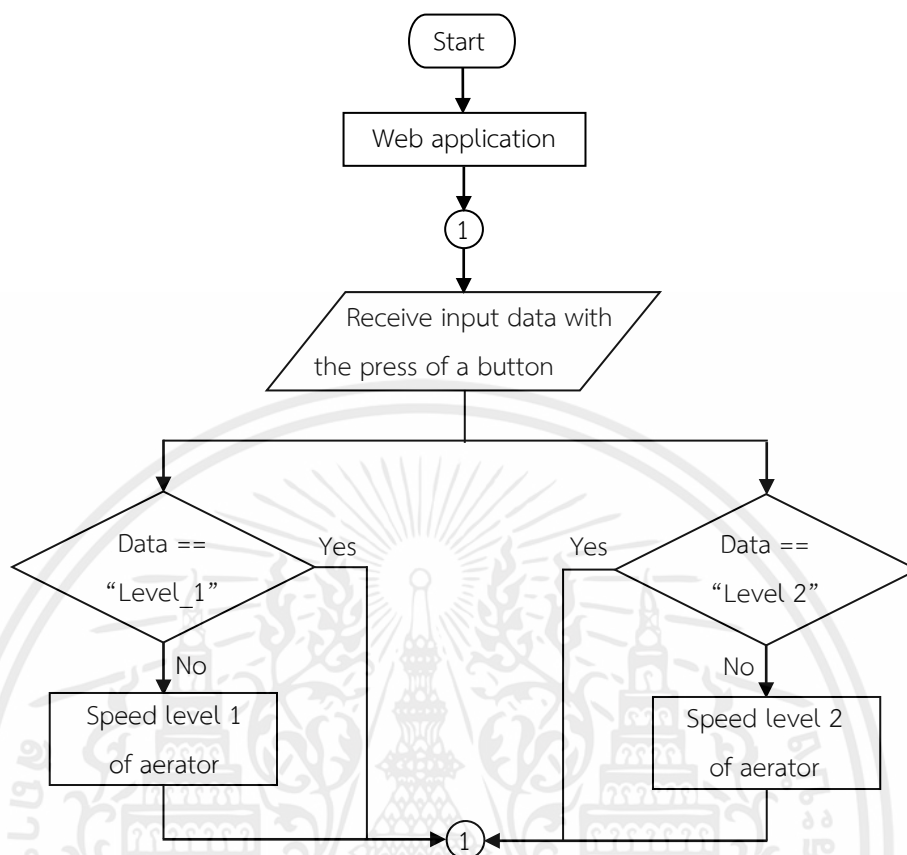
ระบบการเก็บขยะลอยน้ำมีหลักการทำงานคือ เมื่อกดปุ่มคำสั่งการควบคุมการเปิดปิดแผ่นกั้นขยะในหน้าเว็บแอปพลิเคชัน ได้แก่ ปุ่มเปิด และปุ่มปิด โดยปุ่มเปิดจะควบคุมการเปิดแผ่นกั้นขยะขึ้นเพื่อเก็บขยะ และปุ่มปิดจะควบคุมการปิดแผ่นกั้นขยะลงเพื่อไม่ให้ขยะหลุดออกไป โดยจะกดปุ่มคำสั่งการเคลื่อนที่ในหน้าเว็บแอปพลิเคชัน ดังแสดงในรูปที่ 3.8 ที่ผ่านมา เพื่อให้เครื่องเคลื่อนที่ไปในจุดที่ต้องการเก็บขยะ แผนผังการออกแบบระบบการเก็บขยะลอยน้ำ แสดงดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แผนผังการควบคุมระบบการเก็บขยะลอยน้ำ

### 3.1.3.3 การออกแบบระบบการเติมอากาศ

ระบบการเติมอากาศมีหลักการทำงานคือ เมื่อกดปุ่มคำสั่งการควบคุมระดับความเร็วของเครื่องเติมอากาศที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียในหน้าเว็บแอปพลิเคชัน ได้แก่ ปุ่มระดับที่ 1 และปุ่มระดับที่ 2 โดยที่ปุ่มระดับที่ 1 ใบพัดกังหันน้ำจะเริ่มทำการตีน้ำด้วยระดับความเร็วของมอเตอร์ที่มีค่า Duty Cycle อยู่ที่ 75 เปอร์เซ็นต์ และปุ่มระดับที่ 2 ใบพัดกังหันน้ำจะเริ่มทำการตีน้ำด้วยระดับความเร็วของมอเตอร์ที่มีค่า Duty Cycle อยู่ที่ 100 เปอร์เซ็นต์ แผนผังการออกแบบระบบการเติมอากาศ แสดงดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 แผนผังการออกแบบระบบการเติมอากาศ

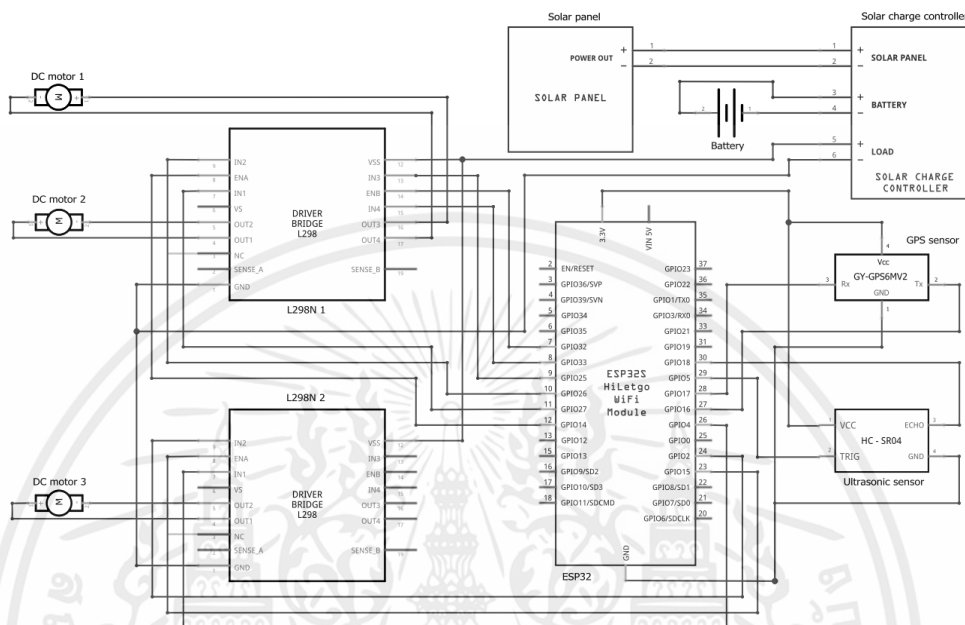
#### 3.1.3.4 การออกแบบวงจรการทำงานของเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอย

น้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

ทำการเชื่อมต่อวงจรของเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ โดยเชื่อมต่อแผงพลังงานแสงอาทิตย์และโซลาร์ชาร์จคอนโทรลเลอร์เข้ากับแบตเตอรี่ ซึ่งโซลาร์ชาร์จคอนโทรลเลอร์จะควบคุมการชาร์จไฟฟ้าจากแผงพลังงานแสงอาทิตย์สู่แบตเตอรี่ และทำหน้าที่เหมือนสวิตช์ที่ปล่อยพลังงานไฟฟ้าสู่อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า โดยใช้อะแดปเตอร์หัว Mini USB เป็นอุปกรณ์จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 จากนั้นเชื่อมต่อเซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก และเซนเซอร์ระบุตำแหน่งพิกัด GPS เข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 โดยค่าที่ได้รับจากเซนเซอร์จะส่งไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เพื่อนำไปแสดงบนเว็บแอปพลิเคชัน จากนั้นเชื่อมต่อโมดูลขับมอเตอร์ L298N และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 โดยที่โมดูลขับมอเตอร์ตัวที่ 1 จะนำไปใช้ในการควบคุมทิศทางและความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงตัวที่ 1 และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงตัวที่ 2 เพื่อจะใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่และความเร็วของเครื่องเติมอากาศและเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ส่วนโมดูลขับเคลื่อนตัวที่ 2 จะนำไปใช้ในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงตัวที่ 3 เพื่อใช้ควบคุมการเปิดและปิดแผ่นกั้นขยะ แสดงดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 การเชื่อมต่อวงจรของเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

3.1.3.5 การออกแบบการเคลื่อนที่ของเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

รูปแบบการเคลื่อนที่ที่ใช้ล้อมี 2 แบบ คือ การเคลื่อนที่แบบ Holonomic Locomotion เป็นรูปแบบที่สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ไปยังทิศทางใด ๆ ได้โดยตรง และการเคลื่อนที่แบบ Non Holonomic Locomotion เป็นรูปแบบที่ไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ไปยังทิศทางใด ๆ ได้โดยตรง โดยหนึ่งในรูปแบบการเคลื่อนที่แบบ Non Holonomic Locomotion ที่นิยมใช้งาน คือแบบ Differential Drive เป็นรูปแบบการเคลื่อนที่ด้วยล้อที่ง่ายที่สุด มีเพียงแค่ 2 ล้อ คือ ล้อซ้าย และล้อขวา แสดงดังรูปที่ 3.12

ในปริณญาณพนธ์นี้ ผู้จัดทำเลือกใช้รูปแบบการเคลื่อนที่สำหรับเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงเป็นแบบ Differential Drive โดยจะใช้ใบพัดกั้นน้ำ 2 อัน คือ ข้างซ้าย และข้างขวา โดยจะแบ่งการเคลื่อนที่ออกเป็น 4 รูปแบบ ดังนี้ [49]

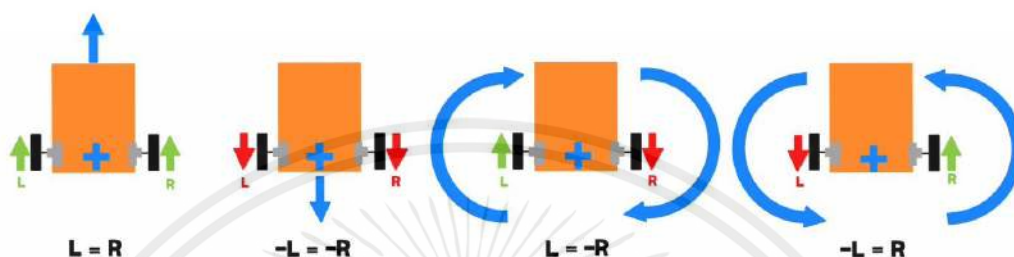
1. เคลื่อนที่ไปด้านหน้า จะกำหนดให้ใบพัดกั้นน้ำทั้งสองข้างหมุนไปด้านหน้า ด้วยอัตราเร็วที่เท่ากัน

2. เคลื่อนที่ไปด้านหลัง จะกำหนดให้ใบพัดกั้นน้ำทั้งสองข้างหมุนไปด้านหลัง ด้วยอัตราเร็วที่เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เคลื่อนที่ไปทางขวา จะกำหนดให้ใบพัดก้านน้ำข้างซ้ายหมุนไปด้านหน้า และใบพัดก้านน้ำข้างขวาหมุนไปด้านหลัง ด้วยอัตราเร็วที่เท่ากัน

4. เคลื่อนที่ไปทางซ้าย จะกำหนดให้ใบพัดก้านน้ำข้างขวาหมุนไปด้านหน้า และใบพัดก้านน้ำข้างซ้ายหมุนไปด้านหลัง ด้วยอัตราเร็วที่เท่ากัน



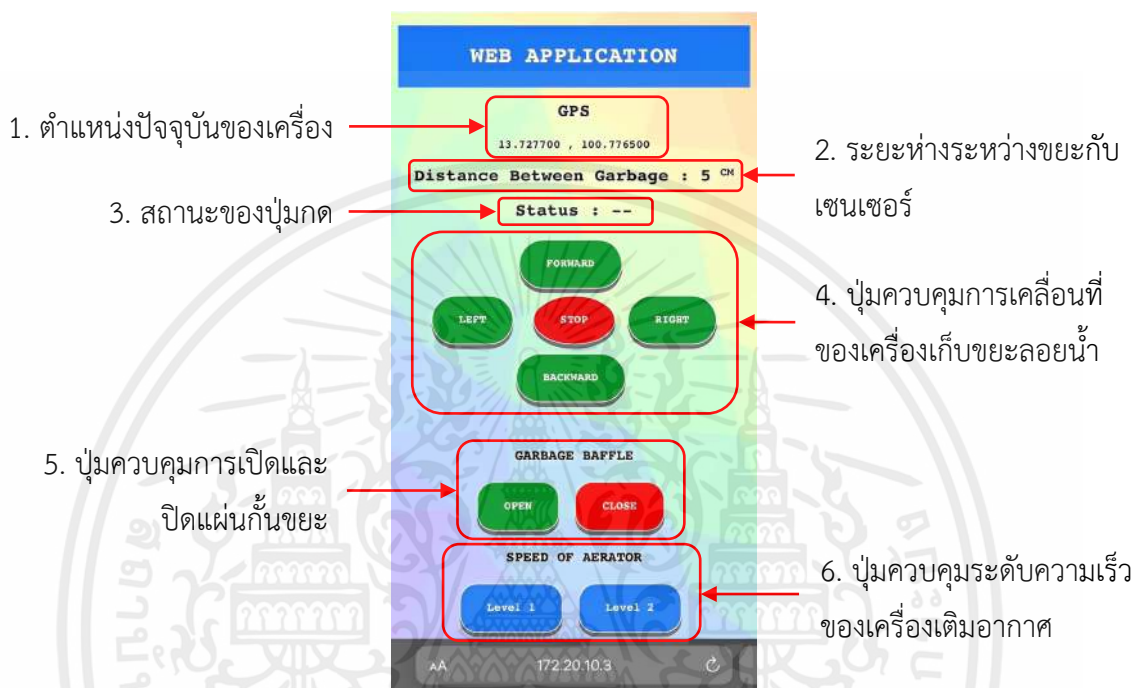
รูปที่ 3.12 การเคลื่อนที่แบบ Differential Drive [49]

### 3.1.4 การออกแบบเว็บแอปพลิเคชันที่ใช้ควบคุมเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

#### 3.1.4.1 การออกแบบหน้าเว็บแอปพลิเคชัน

ทำการออกแบบหน้าเว็บแอปพลิเคชันเพื่อการใช้งานที่เหมาะสม โดยในส่วนที่ 1 คือหน้าจอแสดงค่าตำแหน่งปัจจุบันของเครื่อง โดยใช้เซนเซอร์ระบุตำแหน่งพิกัด GPS แสดงเป็นค่าละติจูดและลองจิจูด เมื่อต้องการทราบตำแหน่งปัจจุบันของเครื่อง จึงนำข้อมูลที่ได้ไปหาตำแหน่งใน Google Maps เพื่อให้แสดงรายละเอียดของตำแหน่งนั้น ๆ ต่อมาในส่วนที่ 2 คือค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิกจะแสดงค่าปริมาณขยะที่วัดได้ โดยจะแสดงค่าเป็นระยะห่างระหว่างเซนเซอร์กับขยะ (Distance Between Garbage) ถ้าค่าที่วัดได้มีค่าน้อยจะหมายถึงมีขยะอยู่ปริมาณมาก ถ้าค่าที่วัดได้มีค่ามากจะหมายถึงมีขยะอยู่ปริมาณน้อย เมื่อทราบค่าปริมาณขยะที่เก็บได้ก็จะสามารถนำขยะที่มีอยู่ออกมาทิ้งก่อนที่จะนำเครื่องไปเก็บขยะต่อได้ ต่อมาในส่วนที่ 3 คือหน้าจอแสดงสถานะ (Status) การกดปุ่มใช้งานเมื่อกดปุ่มคำสั่งต่าง ๆ บนเว็บแอปพลิเคชัน ต่อมาในส่วนที่ 4 คือปุ่มควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ โดยเมื่อกดปุ่ม มอเตอร์จะขับเคลื่อนไปตามทิศทางที่กำหนดไว้ ได้แก่ เดินหน้า (FORWARD) ถอยหลัง (BACKWARD) เลี้ยวซ้าย (LEFT) เลี้ยวขวา (RIGHT) และหยุด (STOP) ต่อมาในส่วนที่ 5 คือปุ่มควบคุมการเปิดปิดแผ่นกั้นขยะ (Garbage Baffle) ซึ่งมี 2 ปุ่ม ได้แก่ เปิด (OPEN) และปิด (CLOSE) โดยการทำงานจะใช้การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ โดยที่ปุ่มเปิดจะทำงานโดยการเปิดแผ่นกั้นขยะขึ้นเพื่อเก็บขยะ และปุ่มปิดจะทำงานโดยการปิดแผ่นกั้นขยะลงเพื่อไม่ให้ขยะหลุดออกไป และในส่วนที่ 6 คือปุ่มควบคุมระดับความเร็วของเครื่องเติมอากาศที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย (Speed of Aerator) ได้แก่ ระดับที่ 1 (Level 1) และระดับที่ 2 (Level 2) โดยในระดับที่ 1 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะใช้ระดับความเร็วของมอเตอร์ที่มีค่า Duty Cycle อยู่ที่ 75 เปอร์เซ็นต์ และในระดับที่ 2 จะใช้ระดับความเร็วของมอเตอร์ที่มีค่า Duty Cycle อยู่ที่ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยหน้าเว็บแอปพลิเคชันจะสามารถใช้งานได้บนโทรศัพท์มือถือและคอมพิวเตอร์ แสดงดังรูปที่ 3.13 และ 3.14



รูปที่ 3.13 หน้าเว็บแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ

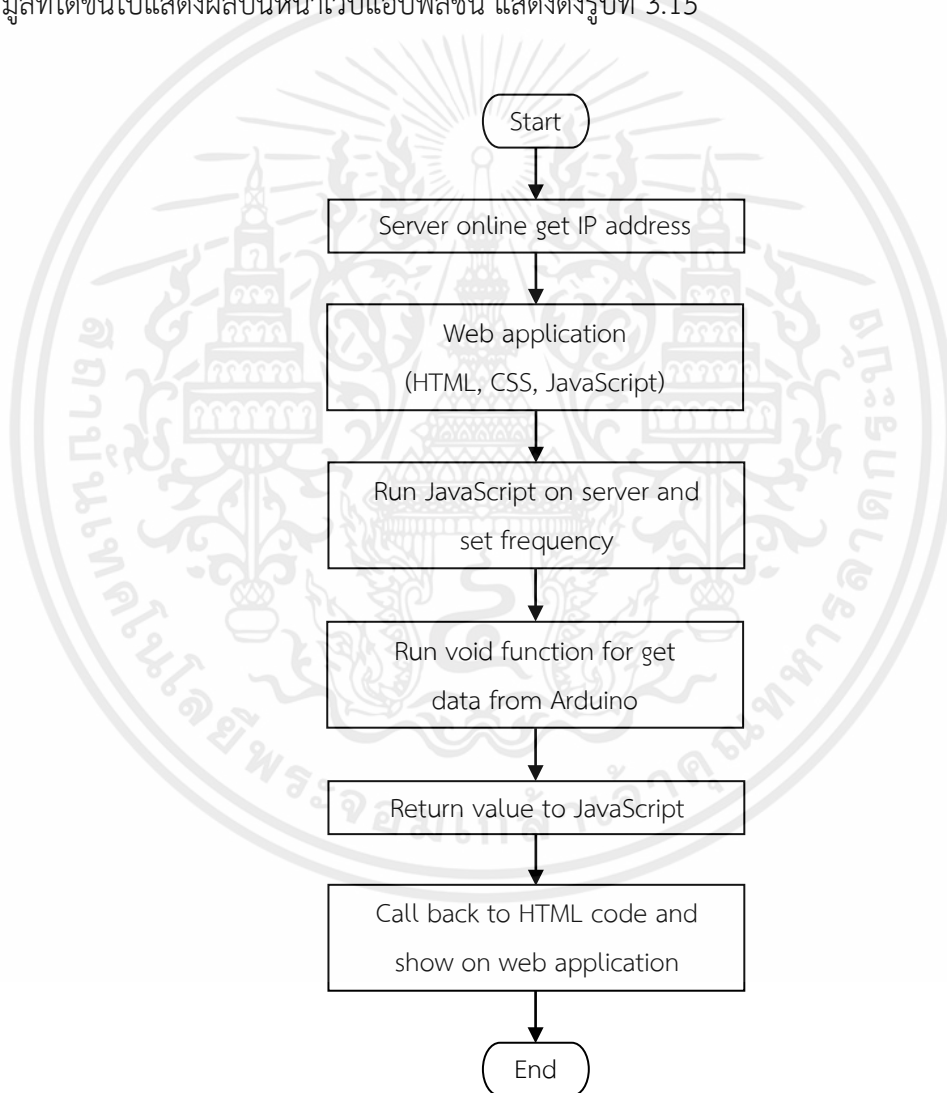


รูปที่ 3.14 หน้าเว็บแอปพลิเคชันบนคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.4.2 ออกแบบกระบวนการในการส่งค่า

ในการส่งค่าจะเริ่มต้นเมื่อ Wi-Fi เชื่อมต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 แสดงว่าเซิร์ฟเวอร์อยู่ในสถานะออนไลน์ และจะได้รับหมายเลขไอพีแอดเดรสที่ใช้สำหรับเข้าสู่หน้าเว็บแอปพลิเคชันที่ใช้ควบคุมเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ เมื่อกดปุ่มคำสั่งการทำงานผ่านหน้าเว็บแอปพลิเคชัน ตัวเว็บแอปพลิเคชันจะไปเรียกใช้ฟังก์ชันคำสั่งการทำงานจาก JavaScript โดยที่สามารถตั้งค่าเวลาการเรียกใช้คำสั่งผ่าน JavaScript ได้ว่าจะเรียกดูข้อมูลเป็นเวลาทุกกี่วินาที หลังจากนั้น JavaScript จะไปเรียกใช้ข้อมูลจากโปรแกรม Arduino แล้วส่งข้อมูลที่ได้อัปไปแสดงผลบนหน้าเว็บแอปพลิเคชัน แสดงดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 กระบวนการในการส่งค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

### 3.2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ในปฏิญานิพนธ์นี้ ผู้จัดทำได้เลือกใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32-WROOM-32 ซึ่งเป็นบอร์ดที่รองรับการเชื่อมต่อทั้ง Wi-Fi และ Bluetooth ในตัวเดียวกัน มีขาใช้งาน 38 ขา รองรับ การเขียนโปรแกรมโดยใช้ Arduino IDE และรองรับไลบรารีส่วนใหญ่ของ Arduino

### 3.2.2 มอเตอร์ขับเคลื่อน

ในปฏิญานิพนธ์นี้ ผู้จัดทำได้เลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ 200 รอบต่อนาที เนื่องจากทำให้เบียดกันน้ำสามารถตีน้ำให้เกิดฟองก๊าซออกซิเจนได้ และต้องการ แรงบิดที่สูงเพื่อให้สามารถทนต่อแรงต้านของกระแสน้ำได้ และใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ 100 รอบต่อนาที เพื่อให้รอกอะลูมิเนียมสามารถหมุนเพื่อเปิดและปิดแผ่นกั้น ขยะได้

### 3.2.3 โมดูลขับมอเตอร์

ในปฏิญานิพนธ์นี้ ผู้จัดทำได้เลือกใช้โมดูลขับมอเตอร์ L298N เพื่อควบคุมความเร็ว และทิศทางของมอเตอร์ สำหรับเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ โดยโมดูลขับมอเตอร์ 1 ตัว สามารถควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้ถึง 2 ตัวแบบแยกอิสระกัน

### 3.2.4 เซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

ในปฏิญานิพนธ์นี้ ผู้จัดทำได้เลือกใช้เซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก รุ่น HC-SR04 มาเชื่อมต่อกับ ESP32 เพื่อวัดปริมาณขยะที่เก็บได้ และนำค่าที่วัดได้ไปแสดงค่าบนเว็บ แอปพลิเคชัน โดยเซนเซอร์จะมีระยะการวัดตั้งแต่ 2 เซนติเมตร ถึง 400 เซนติเมตร

### 3.2.5 เซนเซอร์ระบุตำแหน่งพิกัด GPS

ในปฏิญานิพนธ์นี้ ผู้จัดทำได้เลือกใช้เซนเซอร์ระบุตำแหน่งพิกัด GPS GY-NEO6MV2 โมดูล Ublox รุ่น NEO-6M มาเชื่อมต่อกับ ESP32 ผ่านการสื่อสารแบบ UART เพื่อใช้ระบุตำแหน่ง ปัจจุบันของเครื่อง และนำค่าละติจูดและลองจิจูดที่รับได้ไปแสดงบนเว็บแอปพลิเคชัน

### 3.2.6 แผงพลังงานแสงอาทิตย์

ในปฏิญานิพนธ์นี้ ผู้จัดทำได้เลือกใช้แผงพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์ รุ่น 18 โวลต์ 20 วัตต์ เพื่อนำพลังงานไฟฟ้าไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่และนำไปประยุกต์ใช้เป็นแหล่ง พลังงานของเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

### 3.2.7 โซลาร์ชาร์จคอนโทรลเลอร์

ในปฏิญานิพนธ์นี้ ผู้จัดทำได้เลือกใช้โซลาร์ชาร์จคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมการชาร์จไฟฟ้าที่ได้รับจากแผงพลังงานแสงอาทิตย์ให้มาจัดเก็บในแบตเตอรี่อย่างเหมาะสม และเพื่อควบคุมการจ่ายไฟฟ้าให้กับโหลดไฟฟ้า

### 3.2.8 แบตเตอรี่

ในปฏิญานิพนธ์นี้ ผู้จัดทำได้เลือกใช้แบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด (Lead Acid) ที่มีแรงดันไฟฟ้าขนาด 12 โวลต์ 7.2 แอมแปร์ต่อชั่วโมง สำหรับการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และสำหรับจ่ายไฟให้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

### 3.2.9 ใบพัดกังหันน้ำ

ในปฏิญานิพนธ์นี้ ผู้จัดทำได้เลือกใช้ใบพัดกังหันน้ำที่ใช้วัสดุทำมาจากเหล็กชุบสังกะสี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 32 เซนติเมตร เพื่อนำมาใช้เป็นใบพัดกังหันสำหรับตีน้ำให้เกิดฟองออกซิเจน แสดงดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 ใบพัดกังหันน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง

#### 3.3.1 การทดสอบการทำงานของเซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

ทดสอบโดยการเชื่อมต่อเซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก รุ่น HC-SR04 เข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 โดยเขียนชุดคำสั่งในโปรแกรม Arduino IDE สั่งการผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ในการตรวจวัดระยะทางของวัตถุ จากนั้นบันทึกค่าที่วัดได้และนำไปเปรียบเทียบเพื่อลดความคลาดเคลื่อน

#### 3.3.2 การทดสอบการทำงานของเซนเซอร์ระบุตำแหน่งพิกัด GPS

ทดสอบโดยการเชื่อมต่อเซนเซอร์ระบุตำแหน่งพิกัด GPS GY-NEO6MV2 รุ่น NEO-6M เข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 โดยเขียนชุดคำสั่งในโปรแกรม Arduino IDE สั่งการผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ในการรับค่าละติจูดและลองจิจูดจากเซนเซอร์ จากนั้นบันทึกค่าที่รับได้และนำไปเปรียบเทียบกับค่าที่ระบุตำแหน่งบน Google Maps

#### 3.3.3 การทดสอบประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ขณะอยู่บนบก

ทดสอบโดยการเชื่อมต่อแบตเตอรี่เข้ากับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โมดูลขับมอเตอร์ L298N และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 จากนั้นทำการจ่ายไฟฟ้าให้กับโหลด และปรับความเร็วของมอเตอร์ให้อยู่ในระดับความเร็ว Duty Cycle 65 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของเครื่องเต็มอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ จากนั้นบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ทุก 30 นาที จนกระทั่งแบตเตอรี่มีระดับแรงดันไฟฟ้าที่ต่ำกว่า 11.5 โวลต์ โดยที่โหลดจะไม่มีแรงต้านจากน้ำ

#### 3.3.4 การทดสอบประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ขณะอยู่ในน้ำ

ทดสอบโดยการเชื่อมต่อแบตเตอรี่เข้ากับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โมดูลขับมอเตอร์ L298N และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 จากนั้นนำเครื่องเต็มอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ไปทดสอบในน้ำ ทำให้โหลดจะมีแรงต้านจากน้ำเพิ่มขึ้น และปรับความเร็วของมอเตอร์ให้อยู่ในระดับความเร็ว Duty Cycle 65 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของเครื่องเต็มอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ และระดับความเร็ว Duty Cycle 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นความเร็วที่ใช้ในการเต็มอากาศระดับที่ 2 จากนั้นบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ทุก 30 นาที จนกระทั่งแบตเตอรี่มีระดับแรงดันไฟฟ้าที่ต่ำกว่า 11.5 โวลต์

#### 3.3.5 การทดสอบประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ที่ชาร์จโดยแผงพลังงานแสงอาทิตย์

ทดสอบโดยการนำเครื่องเต็มอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ไปไว้ในบริเวณที่มีแสงแดด โดยให้แผงพลังงานแสงอาทิตย์รับพลังงานจากแสงอาทิตย์ไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่ จากนั้นบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ทุก 15 นาที จนกระทั่งแบตเตอรี่มีระดับแรงดันไฟฟ้าคงที่ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.6 การทดสอบความเร็วของมอเตอร์ที่ใช้สำหรับเครื่องเติมอากาศ

ทดสอบโดยการนำเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ไปทดสอบในน้ำ และปรับระดับความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยจะกำหนดระดับความเร็วของมอเตอร์เป็น 4 ระดับ ตั้งแต่ระดับความเร็วที่ 1 ไปจนถึงความเร็วระดับที่ 4 โดยใช้เวลาในการทดสอบระดับความเร็วละ 30 นาที และบันทึกค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำก่อนและหลังการทดสอบทุกครั้ง

### 3.3.7 การทดสอบการทำงานของเว็บแอปพลิเคชัน

#### 3.3.7.1 การทดสอบระบบแจ้งเตือน Line Notify

ทดสอบโดยการนำโทเคน (Token) ที่ได้รับจากทางไลน์มาเชื่อมต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เพื่อรับการแจ้งเตือนจากบัญชีทางการ ในการแสดงสถานะการเชื่อมต่อและแสดงหมายเลขไอพีแอดเดรสสำหรับเข้าสู่หน้าเว็บแอปพลิเคชันที่ต้องการใช้งาน

#### 3.3.7.2 การทดสอบการทำงานของเซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิกบนเว็บแอปพลิเคชัน

ทดสอบโดยการเชื่อมต่อเซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก รุ่น HC-SR04 เข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ที่เชื่อมต่อกับ Wi-Fi โดยเขียนชุดคำสั่งในโปรแกรม Arduino IDE ส่งการผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ในการตรวจวัดระยะทางของวัตถุ จากนั้นนำค่าระยะทางที่วัดได้ไปแสดงบนหน้าเว็บแอปพลิเคชัน โดยเว็บแอปพลิเคชันจะเรียกใช้ฟังก์ชันการทำงานที่เขียนโดยใช้ภาษา JavaScript ที่เป็นตัวกลางระหว่างภาษา HTML บนเว็บแอปพลิเคชัน กับภาษา C บน Arduino

#### 3.3.7.3 การทดสอบการทำงานของเซนเซอร์ระบุตำแหน่งพิกัด GPS บนเว็บแอปพลิเคชัน

ทดสอบโดยการเชื่อมต่อเซนเซอร์ระบุตำแหน่งพิกัด GPS GY-NEO6MV2 รุ่น NEO-6M เข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ที่เชื่อมต่อกับ Wi-Fi โดยเขียนชุดคำสั่งในโปรแกรม Arduino IDE ส่งการผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ในการรับค่าละติจูดและลองจิจูดจากเซนเซอร์ จากนั้นนำค่าตำแหน่งพิกัดที่รับได้ไปแสดงบนหน้าเว็บแอปพลิเคชัน โดยเว็บแอปพลิเคชันจะเรียกใช้ฟังก์ชันการทำงานที่เขียนโดยใช้ภาษา JavaScript ที่เป็นตัวกลางระหว่างภาษา HTML บนเว็บแอปพลิเคชัน กับภาษา C บน Arduino

### 3.3.8 การทดสอบการทำงานของเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

#### 3.3.8.1 การทดสอบการควบคุมการเคลื่อนที่เพื่อเก็บขยะลอยน้ำผ่านเว็บแอปพลิเคชัน

ทดสอบโดยการนำเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ไปทดสอบในน้ำ โดยจะทดสอบการควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องเพื่อเก็บขยะลอยน้ำผ่านเว็บแอปพลิเคชัน โดยจะทดสอบการเปิดและปิดแผ่นกั้นขยะ ได้แก่ ปุ่มเปิด และปุ่มปิด เพื่อป้องกันไม่ให้ขยะที่เก็บได้ลอยออกจากเครื่อง จากนั้นจะควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของเครื่องเพื่อไปเก็บขยะในแต่ละจุด ได้แก่ ปุ่มเดินหน้า ปุ่มถอยหลัง ปุ่มเลี้ยวซ้าย ปุ่มเลี้ยวขวา และปุ่มหยุด

#### 3.3.8.2 การทดสอบการควบคุมความเร็วของเครื่องเติมอากาศผ่านเว็บแอปพลิเคชัน

ทดสอบโดยการนำเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ไปทดสอบในน้ำ โดยจะทดสอบการควบคุมความเร็วของเครื่องเติมอากาศผ่านเว็บแอปพลิเคชัน ได้แก่ ระดับที่ 1 และระดับที่ 2 โดยในระดับที่ 1 จะใช้ระดับความเร็วของมอเตอร์ที่มีค่า Duty Cycle อยู่ที่ 75 เปอร์เซ็นต์ และในระดับที่ 2 จะใช้ระดับความเร็วของมอเตอร์ที่มีค่า Duty Cycle อยู่ที่ 100 เปอร์เซ็นต์

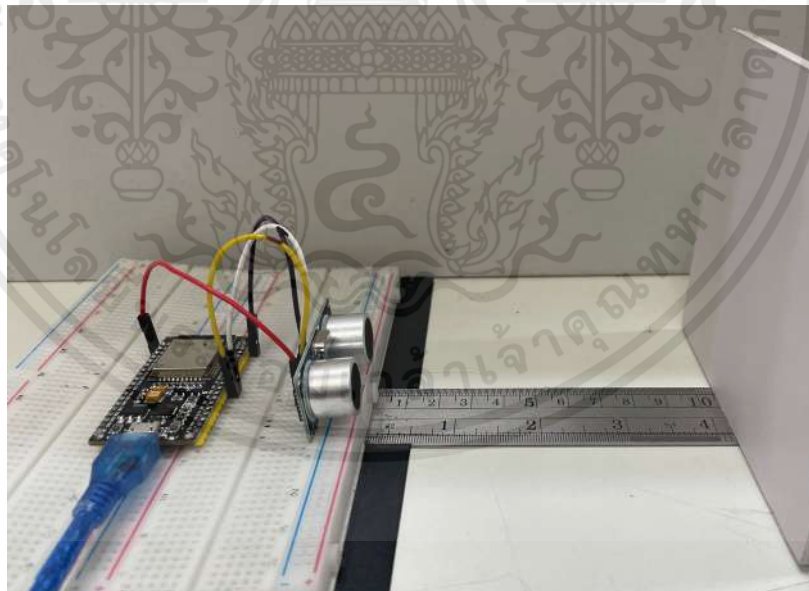
## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

สำหรับการทำงานของเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ผู้จัดทำได้ทำการเก็บผลการทำงานของระบบ โดยแบ่งการทดสอบและจัดเก็บผลการทดสอบดังต่อไปนี้

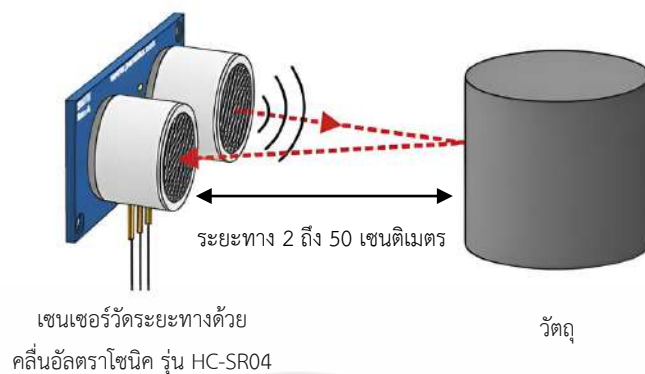
#### 4.1 ผลการทดสอบการทำงานของเซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

จากการเชื่อมต่อเซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก รุ่น HC-SR04 เข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 แสดงดังรูปที่ 4.1 โดยใช้หลักการส่งคลื่นเสียงอัลตราโซนิกที่มีความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ สะท้อนวัตถุกลับมายังตัวรับสัญญาณ แล้วจับเวลาเพื่อคำนวณหาระยะทาง โดยจะทำการทดสอบประสิทธิภาพและความแม่นยำในการวัดระยะทางของเซนเซอร์ ที่ระยะทาง 2 เซนติเมตร ถึง 50 เซนติเมตร จำนวน 3 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ยของระยะทาง แสดงดังรูปที่ 4.2 ค่าระยะทางที่วัดได้จะแสดงบนจอ Serial Monitor แสดงดังรูปที่ 4.3

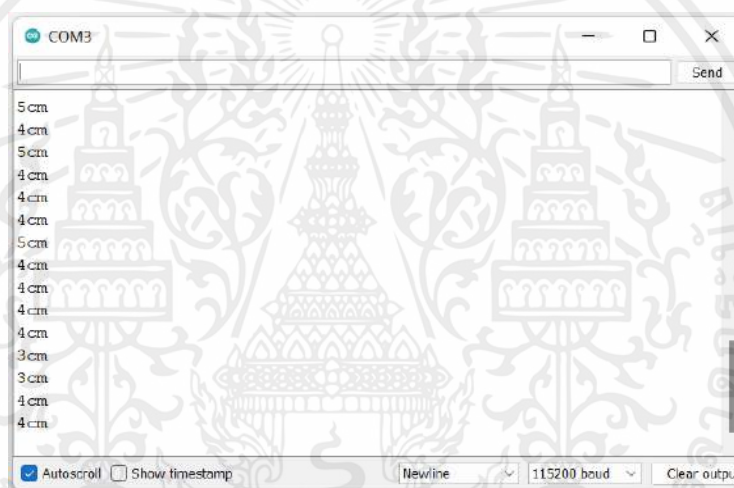


รูปที่ 4.1 เชื่อมต่อเซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก รุ่น HC-SR04 เข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 การวัดระยะทางของเซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก [4]



รูปที่ 4.3 ค่าการวัดระยะทางแสดงผลบนจอ Serial Monitor

จากการทดสอบการทำงานของเซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิกที่ระยะต่าง ๆ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สำหรับตรวจจับปริมาณขยะที่เก็บให้กับเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นการทดสอบประสิทธิภาพและความแม่นยำในการวัดระยะทางของเซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก และผลการทดสอบที่ระยะทางระหว่าง 2 เซนติเมตร ถึง 50 เซนติเมตร เทียบกับระยะทางจริง แสดงดังรูปที่ 4.4

จากนั้นทำการเปรียบเทียบข้อมูลที่วัดได้เพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อน พบว่า ค่าที่วัดได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าระยะทางจริง โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น 2 จุด คือที่ระยะทาง 19 เซนติเมตร เท่ากับ 1.75 เปอร์เซ็นต์ และที่ระยะทาง 32 เซนติเมตร เท่ากับ 1.04 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ เมื่อนำข้อมูลระยะทางในช่วง 2 เซนติเมตร ถึง 50 เซนติเมตร มาเปรียบเทียบโดยใช้สมการที่ (4.1) [50] พบว่า ค่าระยะทางหลังการปรับเทียบเซนเซอร์จะมีค่าเท่ากับค่าระยะทางก่อนการปรับเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{Corrected}_V = \left[ \frac{(\text{Raw}_V - \text{Raw}_L) \times \text{Reference}_R}{\text{Raw}_R} \right] + \text{Reference}_L \quad (4.1)$$

หาค่า Raw Range และ Reference Range ได้จากสมการที่ 4.2 และ 4.3

$$\text{Raw}_R = \text{Raw}_H - \text{Raw}_L \quad (4.2)$$

$$\text{Reference}_R = \text{Reference}_H - \text{Reference}_L \quad (4.3)$$

โดยที่  $\text{Corrected}_V$  คือ ค่าระยะทางหลังการปรับเทียบเซนเซอร์ (เซนติเมตร)

$\text{Raw}_V$  คือ ค่าระยะทางที่วัดได้ก่อนการปรับเทียบ (เซนติเมตร)

$\text{Raw}_L$  คือ ค่าระยะทางต่ำสุดที่วัดได้จากเซนเซอร์ (เซนติเมตร)

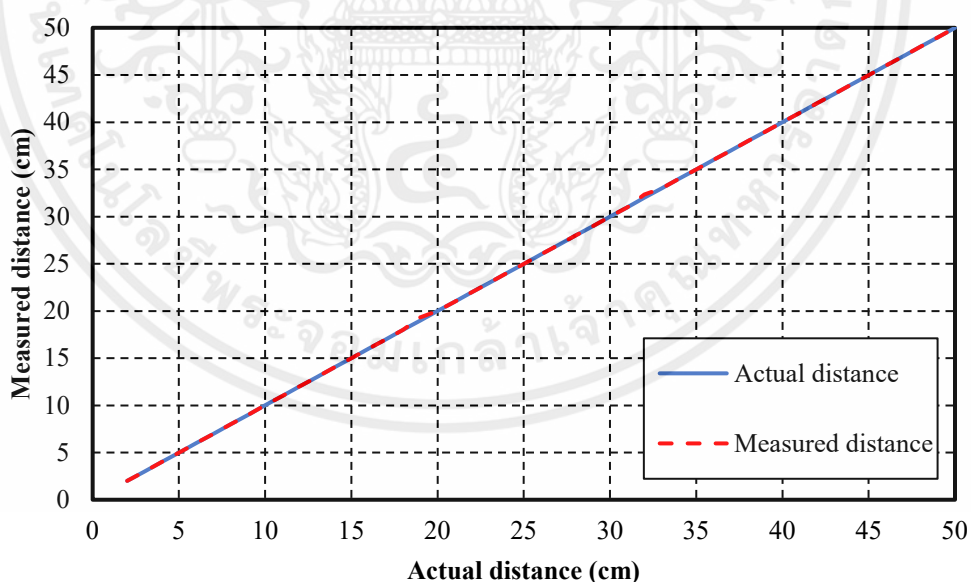
$\text{Raw}_H$  คือ ค่าระยะทางสูงสุดที่วัดได้จากเซนเซอร์ (เซนติเมตร)

$\text{Raw}_R$  คือ ค่าระยะทางที่วัดได้จากเซนเซอร์สูงสุดลบต่ำสุด (เซนติเมตร)

$\text{Reference}_H$  คือ ค่าระยะทางอ้างอิงสูงสุด (เซนติเมตร)

$\text{Reference}_L$  คือ ค่าระยะทางอ้างอิงต่ำสุด (เซนติเมตร)

$\text{Reference}_R$  คือ ค่าระยะทางอ้างอิงสูงสุดลบต่ำสุด (เซนติเมตร)

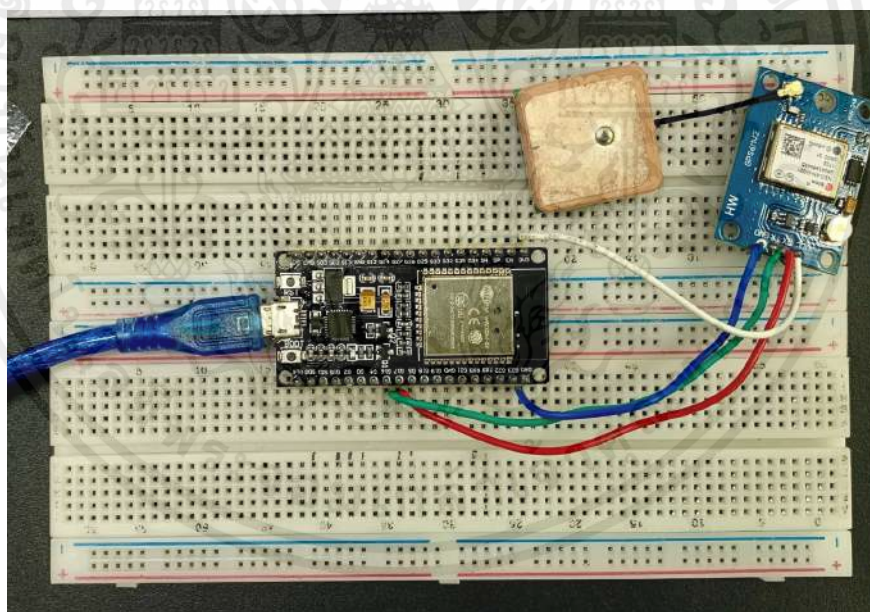


รูปที่ 4.4 การเปรียบเทียบระหว่างค่าระยะทางที่วัดได้กับค่าระยะทางจริง

## 4.2 ผลการทดสอบการทำงานของเซนเซอร์ระบุตำแหน่งพิกัด GPS

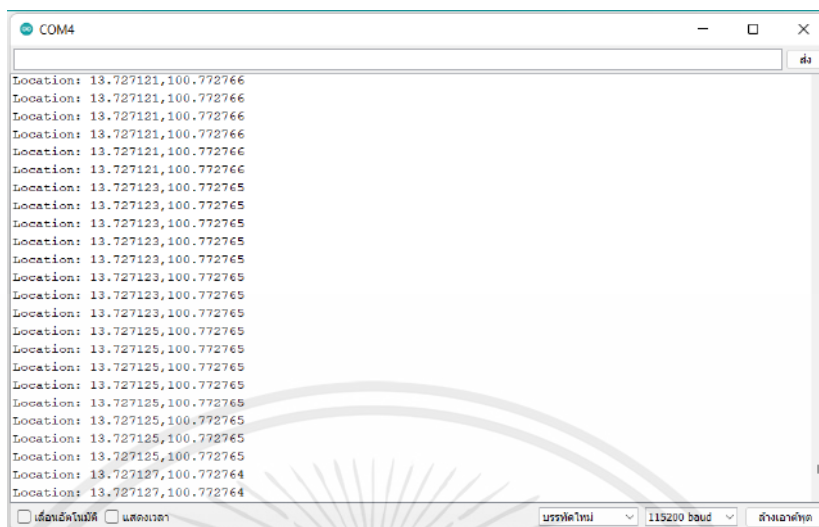
จากการเชื่อมต่อเซนเซอร์ระบุตำแหน่งพิกัด GPS GY-NEO6MV2 รุ่น NEO-6M เข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 แสดงดังรูปที่ 4.5 โดยการทำงานของเซนเซอร์ระบุตำแหน่งพิกัด GPS เมื่อไฟ LED สีเขียวติด จะแสดงถึงโมดูลที่กำลังค้นหาสัญญาณดาวเทียมอยู่ เมื่อโมดูลจับสัญญาณได้แล้วจะแสดงไฟ LED สีเขียวแบบกระพริบ และจะแสดงเป็นค่าละติจูดและลองจิจูดบนจอ Serial Monitor แสดงดังรูปที่ 4.6 โดยจะทำการทดสอบประสิทธิภาพและความแม่นยำของเซนเซอร์ระบุตำแหน่งพิกัด GPS เทียบกับค่าที่ระบุตำแหน่งบน Google Maps

จากการทดสอบการทำงานของเซนเซอร์ระบุตำแหน่งพิกัด GPS เพื่อนำมาใช้แสดงตำแหน่งของเครื่องบินอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ โดยจะนำค่าละติจูดและลองจิจูดไปค้นหาตำแหน่งบน Google Maps และเปรียบเทียบกับตำแหน่งปัจจุบันที่มาจาก Google Maps ซึ่งสถานที่ที่ทำการทดสอบประกอบด้วย ตึกภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม, อาคารหอประชุม ศ.ประสม รังสีโรจน และคลองประเวศบุรีรมย์ แสดงดังรูปที่ 4.7 ถึงรูปที่ 4.9

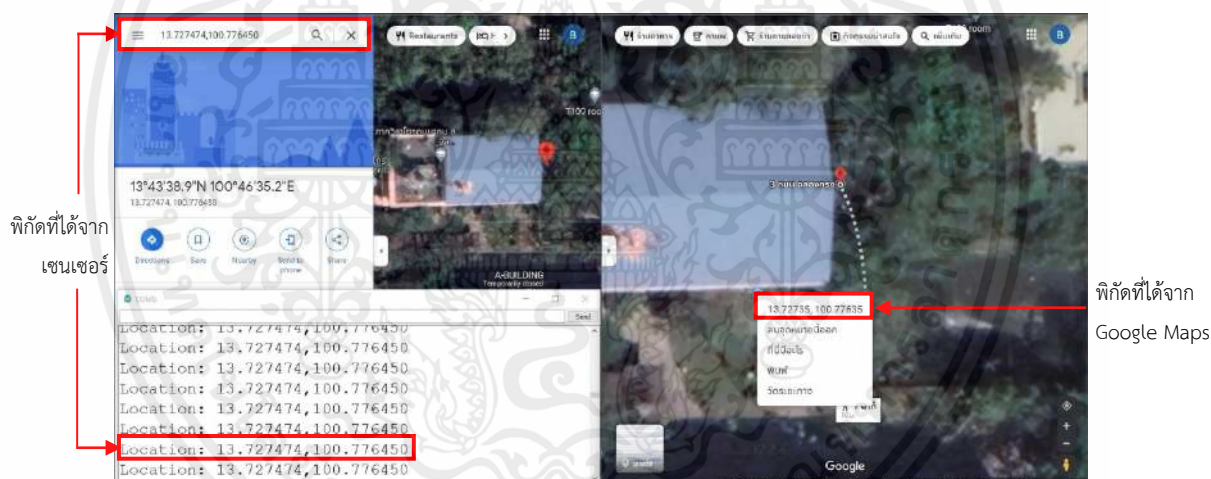


รูปที่ 4.5 เชื่อมต่อเซนเซอร์ระบุตำแหน่งพิกัด GPS GY-NEO6MV2 รุ่น NEO-6M เข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

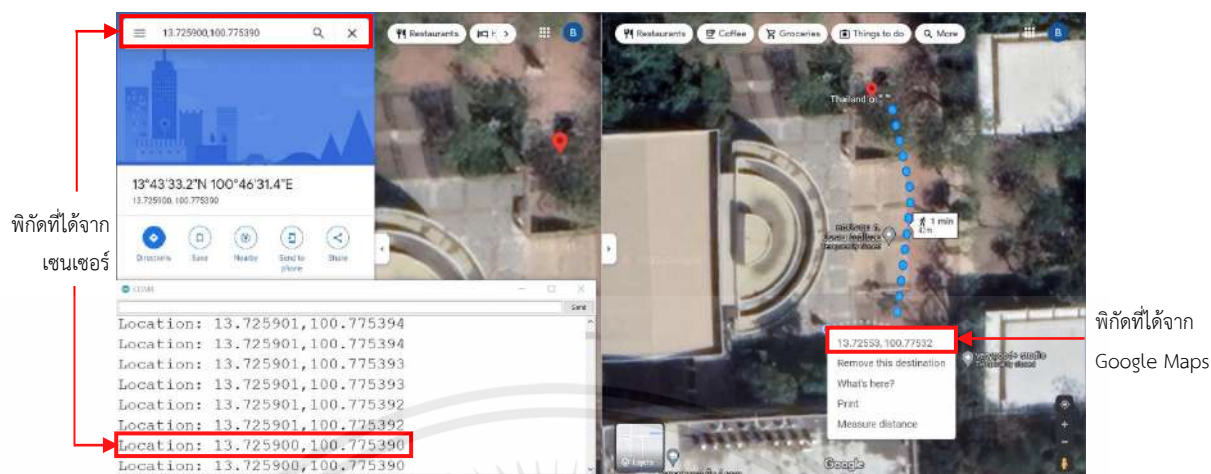


รูปที่ 4.6 ค่าละติจูด ลองจิจูด ที่รับได้จากดาวเทียมแสดงผลบนจอ Serial Monitor

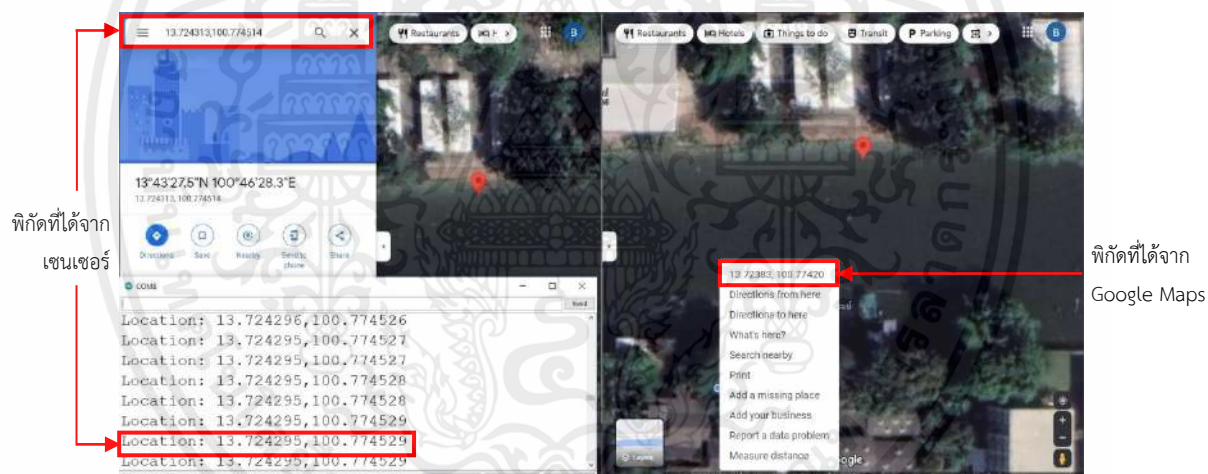


รูปที่ 4.7 การทดสอบหาตำแหน่งพิกัด GPS ณ ตึกภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม เทียบกับตำแหน่งจาก Google Maps

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 การทดสอบหาตำแหน่งพิกัด GPS ณ อาคารหอประชุม ศ.ประสม รังสิโรจน์ เทียบกับตำแหน่งจาก Google Maps



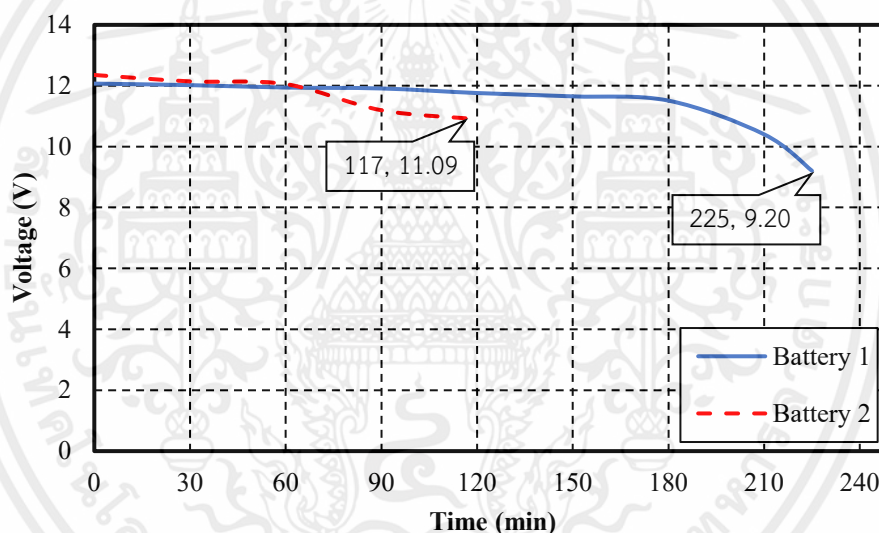
รูปที่ 4.9 การทดสอบหาตำแหน่งพิกัด GPS ณ คลองประเวศบุรีรมย์เทียบกับตำแหน่งจาก Google Maps

จากผลการทดสอบพบว่า ตำแหน่งพิกัดที่ได้รับได้จากเซนเซอร์ระบุตำแหน่งพิกัด GPS ใกล้เคียงกับตำแหน่งที่ระบุบน Google Maps และมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย โดยค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากเซนเซอร์ที่มีความล่าช้าในการเริ่มต้นค้นหาสัญญาณ หรือเซนเซอร์อยู่ในบริเวณที่มีความเข้มสัญญาณไม่พอ หรือมาจากความคลาดเคลื่อนของ Google Maps

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ขณะอยู่บนบก

ทำการทดสอบประสิทธิภาพของแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด จำนวน 2 ก้อน ที่มีประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ไม่เท่ากัน ซึ่งแบตเตอรี่ก้อนที่ 1 มีค่าแรงดันไฟฟ้าเริ่มต้น 12.07 โวลต์ และแบตเตอรี่ก้อนที่ 2 มีค่าแรงดันไฟฟ้าเริ่มต้น 12.35 โวลต์ จากนั้นทำการเชื่อมต่อแบตเตอรี่ก้อนที่ 1 เข้ากับโมดูลขับเคลื่อนมอเตอร์ L298N ที่ใช้สำหรับควบคุมความเร็วมอเตอร์ของเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ และทำการบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้าทุก 30 นาที จนกระทั่งแรงดันไฟฟ้ามีค่าน้อยกว่า 11.50 โวลต์ หลังจากนั้นทำการทดสอบประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ก้อนที่ 2 โดยค่าแรงดันไฟฟ้าขณะใช้งานของแบตเตอรี่ก้อนที่ 1 เปรียบเทียบกับแบตเตอรี่ก้อนที่ 2 แสดงดังรูปที่ 4.10



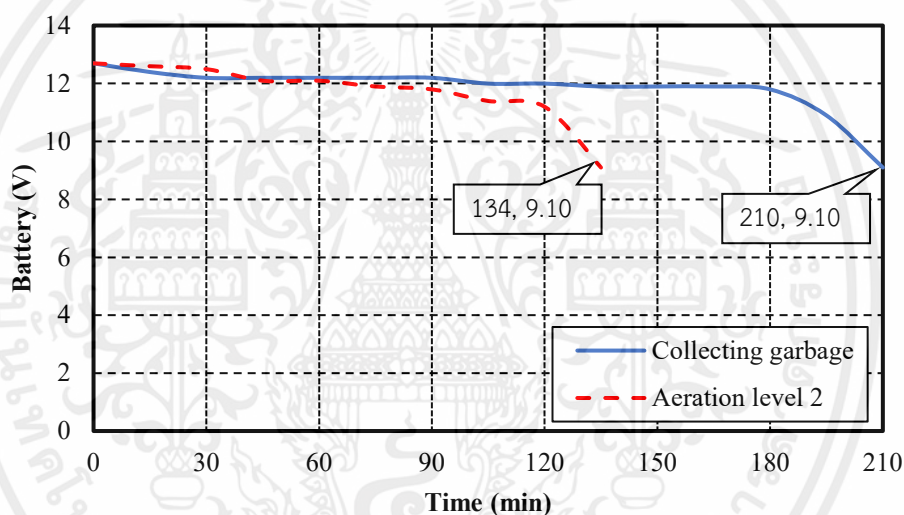
รูปที่ 4.10 ค่าแรงดันไฟฟ้าขณะใช้งานบนบกของแบตเตอรี่ก้อนที่ 1 และแบตเตอรี่ก้อนที่ 2

จากการทดสอบพบว่าแบตเตอรี่ก้อนที่ 1 มีระยะเวลาในการใช้งาน 225 นาที หรือ 3 ชั่วโมง 45 นาที และแบตเตอรี่ก้อนที่ 2 มีระยะเวลาในการใช้งาน 117 นาที หรือ 1 ชั่วโมง 57 นาที

เนื่องจากผู้จัดทำต้องการให้เครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์มีระยะเวลาในการใช้งานเพิ่มมากขึ้น จึงได้ทำการต่อแบตเตอรี่ก้อนที่ 1 ขนานกับแบตเตอรี่ก้อนที่ 2 เพื่อให้มีความจุแบตเตอรี่เพิ่มมากขึ้น แต่เนื่องจากแบตเตอรี่ก้อนที่ 2 มีประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ที่เสื่อมมากเกินไป ทางผู้จัดทำจึงได้เลือกใช้แบตเตอรี่ก้อนที่ 1 เพื่อเป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้แก่โหลดเพียงก้อนเดียว เนื่องจากเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์มีระยะเวลาในการใช้งานประมาณ 2 ชั่วโมง

#### 4.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ขณะอยู่ในน้ำ

การทดสอบประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ขณะอยู่ในน้ำ ผู้จัดทำเลือกใช้แบตเตอรี่แบบตะกั่วกรดก้อนที่ 1 มาใช้สำหรับทดสอบประสิทธิภาพขณะที่เครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์อยู่ในน้ำ โดยการปรับระดับความเร็วของเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ให้มีความเร็ว Duty Cycle 65 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่เพื่อเก็บขยะ และความเร็ว Duty Cycle 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นความเร็วที่ใช้ในเครื่องเติมอากาศระดับที่ 2 ทำการบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้าทุก 30 นาที จนกระทั่งแรงดันไฟฟ้ามีค่าน้อยกว่า 11.50 โวลต์ โดยค่าแรงดันไฟฟ้าขณะใช้งานของแบตเตอรี่ก้อนที่ 1 แสดงดังรูปที่ 4.11

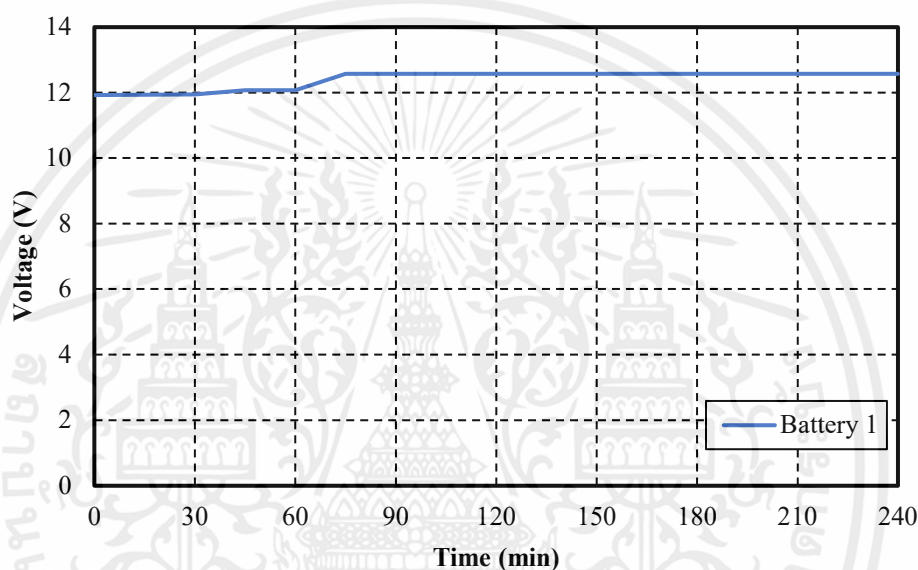


รูปที่ 4.11 ค่าแรงดันไฟฟ้าขณะใช้งานในน้ำของแบตเตอรี่ก้อนที่ 1

จากการทดสอบพบว่า ที่ความเร็ว Duty Cycle 65 เปอร์เซ็นต์ แบตเตอรี่มีค่าแรงดันไฟฟ้าเริ่มต้น 12.70 โวลต์ และมีระยะเวลาการใช้งาน 210 นาที หรือ 3 ชั่วโมง และในการทดสอบความเร็ว Duty Cycle 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่า แบตเตอรี่มีค่าแรงดันไฟฟ้าเริ่มต้น 12.70 โวลต์ และมีระยะเวลาการใช้งานประมาณ 134 นาที หรือ 2 ชั่วโมง 14 นาที จนแบตเตอรี่มีค่าแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า 11.50 โวลต์ ส่งผลให้วงจรหยุดทำงาน ทั้งนี้ แรงดันไฟฟ้าเริ่มต้นของแบตเตอรี่จะส่งผลกับระยะเวลาที่ใช้งานได้ เมื่อมีค่ามากขึ้นยิ่งใช้งานได้ยาวนานยิ่งขึ้น และถ้าความเร็วของมอเตอร์ที่ใช้มีค่าเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ระยะเวลาในการใช้งานของเครื่องลดลงได้

#### 4.5 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ที่ชาร์จโดยแผงพลังงานแสงอาทิตย์

หลังจากทำการทดสอบประสิทธิภาพของแบตเตอรี่โดยใช้แผงพลังงานแสงอาทิตย์ในการชาร์จ ขณะที่แบตเตอรี่ไม่ได้จ่ายไฟฟ้าให้กับโหลด โดยแรงดันไฟฟ้าก่อนเริ่มต้นชาร์จมีค่าเท่ากับ 11.92 โวลต์ และค่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ที่บันทึกทุก 15 นาที แสดงดังรูปที่ 4.12 พบว่า ใช้เวลาในการชาร์จ 75 นาที หรือ 1 ชั่วโมง 25 นาที จนกระทั่งแบตเตอรี่มีค่าแรงดันไฟฟ้าคงที่ที่ 12.57 โวลต์



รูปที่ 4.12 ค่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ก่อนที่ 1 ขณะชาร์จโดยแผงพลังงานแสงอาทิตย์

#### 4.6 ผลการทดสอบความเร็วของมอเตอร์ที่ใช้สำหรับเครื่องเติมอากาศ

จากการทดสอบความเร็วของมอเตอร์ที่ใช้สำหรับการเติมอากาศเพื่อบำบัดน้ำเสียของเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ แสดงดังรูปที่ 4.13 โดยจะทำการทดสอบคุณภาพของน้ำด้วยการวัดค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำก่อนและหลังทำการเติมอากาศ แสดงดังรูปที่ 4.14 ซึ่งจะทำการปรับความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงตั้งแต่ความเร็วตั้งแต่ระดับที่ 1 ถึงความเร็วระดับที่ 4 ระดับความเร็วละ 30 นาที ซึ่งวิธีการวัดค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำเป็นการตรวจคุณภาพน้ำที่มีผลต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ การอุปโภคและบริโภค สามารถแสดงค่ามาตรฐานของระดับออกซิเจน คุณภาพน้ำ และการใช้ประโยชน์ได้ ดังตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.13 ทดสอบความเร็วของมอเตอร์ที่ใช้สำหรับการเติมอากาศเพื่อบำบัดน้ำเสีย



รูปที่ 4.14 อุปกรณ์เก็บค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

ตารางที่ 4.1 ค่ามาตรฐานของระดับออกซิเจน คุณภาพน้ำ และการใช้ประโยชน์

ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	คุณภาพของน้ำ	การใช้ประโยชน์
8.0 – 9.0	คุณภาพดี	ใช้ในการอุปโภคและบริโภค
6.7 – 8.0	เริ่มมีการปนเปื้อน	ใช้ในการอุปโภค
4.5 – 6.7	การปนเปื้อนปานกลาง	ใช้ในการเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม
ต่ำกว่า 4.5	มีการปนเปื้อนอยู่มาก	ใช้ประโยชน์ได้น้อย พืชและสัตว์น้ำเริ่มได้รับอันตราย
ต่ำกว่า 4.0	น้ำอยู่ในสภาวะวิกฤต	ใช้ประโยชน์ไม่ได้ พืชและสัตว์น้ำได้รับอันตราย
ต่ำกว่า 2.0	น้ำอยู่ในสภาวะวิกฤต	ใช้ประโยชน์ไม่ได้ พืชและสัตว์น้ำไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.1 เป็นมาตรฐานการวัดค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำในระดับต่าง ๆ เมื่อทำการทดสอบเติมอากาศเพื่อบำบัดน้ำและเก็บค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำก่อนและหลังทำการเติมอากาศเป็นเวลา 30 นาที กำหนดความเร็วของมอเตอร์โดยใช้ค่าความละเอียดของ Duty Cycle ขนาด 8 บิต ซึ่งค่า Duty Cycle ที่กำหนดจะมีค่าระหว่าง 0 ถึง 255 หรือ 0 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ค่านี้จะใช้เพื่อตั้งค่าสัญญาณ PWM ดังนั้นค่าต่ำสุดที่ 0 ส่งผลให้มอเตอร์หยุดหมุน และค่าสูงสุดที่ 255 ส่งผลให้มอเตอร์หมุนด้วยความเร็วสูงสุด โดยในการทดสอบกำหนดให้ความเร็วระดับที่ 1 แทนค่า Duty Cycle เท่ากับ 63 หรือ 25 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วระดับที่ 2 แทนค่า Duty Cycle เท่ากับ 127 หรือ 50 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วระดับที่ 3 แทนค่า Duty Cycle เท่ากับ 191 หรือ 75 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วระดับที่ 4 แทนค่า Duty Cycle เท่ากับ 255 หรือ 100 เปอร์เซ็นต์ เพื่อทำการเปรียบเทียบค่าออกซิเจนตามมาตรฐาน แสดงได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำก่อนและหลังทำการเติมอากาศเพื่อบำบัดน้ำเสีย

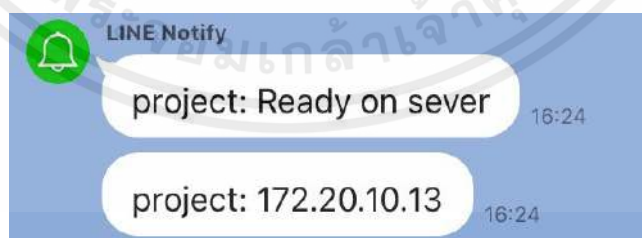
ความเร็วของมอเตอร์ในการเติมอากาศ	ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ หรือ DO (มิลลิกรัมต่อลิตร)			คุณลักษณะขณะที่เติมอากาศ	คุณภาพของน้ำหลังการเติมอากาศ
	ก่อนบำบัด	หลังบำบัด	ค่าที่เปลี่ยนแปลง		
ระดับที่ 1	2.5	2.5	0	ไม่เกิดฟองอากาศ มีการกระเพื่อมของน้ำเพียงเล็กน้อย	คงที่
ระดับที่ 2	2.5	2.5	0	เกิดฟองอากาศเล็กน้อย มีการกระเพื่อมของน้ำเป็นวงกว้าง	คงที่
ระดับที่ 3	2.5	3.5	1.0	เกิดฟองอากาศมากขึ้น มีการกระเพื่อมของน้ำเป็นวงกว้าง	ดีขึ้น แต่ยังคงอยู่ในสภาวะวิกฤต
ระดับที่ 4	2.5	4.5	2.0	เกิดฟองอากาศมากขึ้น มีการกระเพื่อมของน้ำเป็นวงกว้าง	ดีขึ้น แต่ยังคงมีการปนเปื้อนอยู่

จากการทดสอบพบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำก่อนการทำสอบมีค่า 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดสอบความเร็วของมอเตอร์ที่ใช้สำหรับการเติมอากาศเพื่อบำบัดน้ำเสีย ด้วยความเร็วของมอเตอร์ระดับที่ 1 และ 2 พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าเท่าเดิม ขณะที่กำลังเติมอากาศด้วยความเร็วระดับที่ 1 น้ำไม่เกิดฟองก๊าซขึ้น มีการกระเพื่อมของน้ำเพียงเล็กน้อย ขณะที่กำลังเติมอากาศด้วยความเร็วระดับที่ 2 น้ำเกิดฟองอากาศขึ้นเล็กน้อย มีการกระเพื่อมของน้ำเป็นวงกว้าง เมื่อทำการทดสอบด้วยความเร็วของมอเตอร์ระดับที่ 3 พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 3.5 มิลลิกรัมต่อลิตร คุณภาพของน้ำดีขึ้นแต่ยังอยู่ในสภาวะวิกฤต ในขณะที่กำลังเติมอากาศ น้ำมีฟองอากาศมากขึ้น มีการกระเพื่อมของน้ำแผ่ออกไปเป็นวงกว้าง เมื่อทำการทดสอบด้วยความเร็วของมอเตอร์ระดับที่ 4 พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 4.5 มิลลิกรัมต่อลิตร คุณภาพของน้ำดีขึ้นแต่ยังมีการปนเปื้อนอยู่ ในขณะที่กำลังเติมอากาศ น้ำมีฟองอากาศเป็นจำนวนมาก มีการกระเพื่อมของน้ำเป็นวงกว้างและไกลขึ้น ทั้งนี้ปัจจัยต่าง ๆ เช่น เวลาที่ใช้ในการเติมอากาศ ระดับความเร็วของมอเตอร์ที่ใช้ในการเติมอากาศ ขนาดของแหล่งน้ำ คุณภาพของน้ำก่อนการเติมอากาศ รวมถึงปัจจัยอื่น ๆ จะมีผลต่อคุณภาพของน้ำที่บำบัดได้

## 4.7 ผลการทดสอบการทำงานของเว็บแอปพลิเคชัน

### 4.7.1 ผลการทดสอบระบบแจ้งเตือน Line Notify

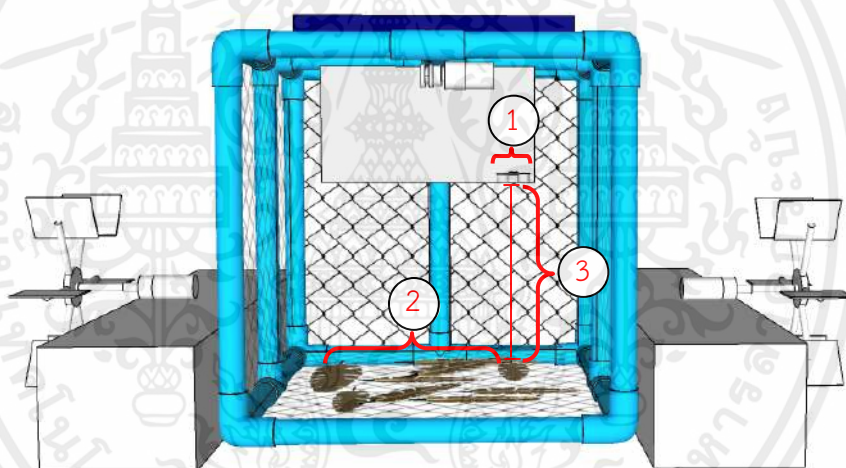
จากการทดสอบระบบแจ้งเตือน Line Notify โดยการนำโทเค็นที่ได้รับจากทางไลน์มา เชื่อมต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เพื่อรับการแจ้งเตือนจากบัญชีทางการ เมื่อมีการเชื่อมต่อ โดยจะแสดงสถานะและหมายเลขไอพีแอดเดรสสำหรับเข้าสู่หน้าเว็บแอปพลิเคชันที่ใช้งาน แสดงดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 การทดสอบระบบแจ้งเตือน Line Notify

#### 4.7.2 ผลการทดสอบการทำงานของเซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิกบนเว็บแอปพลิเคชัน

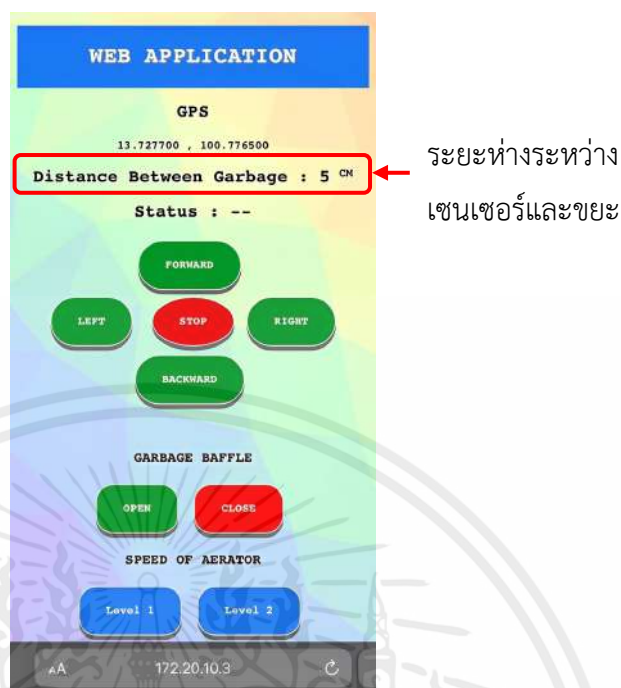
จากการทดสอบการทำงานของเซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิกที่ผ่านมา เพื่อนำประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สำหรับตรวจจับปริมาณขยะที่เก็บให้กับเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ โดยจะติดตั้งเซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิกที่บริเวณใต้กล่องกันน้ำ แสดงดังรูปที่ 4.16 เซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิกจะแสดงค่าปริมาณขยะที่วัดได้ โดยจะแสดงค่าเป็นระยะห่างระหว่างเซนเซอร์กับขยะ ในหน่วยเซนติเมตร ถ้าค่าที่วัดได้มีค่าน้อย จะหมายถึงมีขยะอยู่ปริมาณมาก ถ้าค่าที่วัดได้มีค่ามากจะหมายถึงมีขยะอยู่ปริมาณน้อย เมื่อทราบค่าปริมาณขยะที่เก็บได้ก็จะสามารถนำขยะที่มีอยู่ออกมาทิ้งก่อนที่จะนำเครื่องไปเก็บขยะต่อได้ ซึ่งค่าที่วัดได้จะนำไปแสดงบนหน้าเว็บแอปพลิเคชันขณะกำลังใช้งานอยู่ แสดงดังรูปที่ 4.17



1. เซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก HC-SR04 2. ขยะ 3. ระยะห่างระหว่างเซนเซอร์และขยะ

รูปที่ 4.16 การวัดระยะทางด้วยเซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

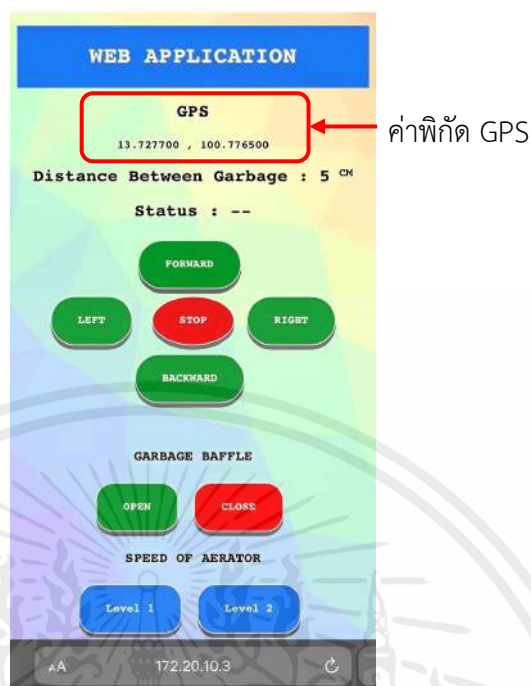
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 ค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิกบนเว็บแอปพลิเคชัน

#### 4.7.3 ผลการทดสอบการทำงานของเซนเซอร์ระบุตำแหน่งพิกัด GPS บนเว็บแอปพลิเคชัน

จากการทดสอบการทำงานของเซนเซอร์ระบุตำแหน่งพิกัด GPS ที่ผ่านมา เพื่อนำมาใช้แสดงตำแหน่งของเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ โดยเซนเซอร์จะแสดงค่าพิกัดในรูปแบบของค่าละติจูดและลองจิจูด จากนั้นจะนำค่าตำแหน่งพิกัดที่รับได้ไปแสดงบนหน้าเว็บแอปพลิเคชัน แสดงดังรูปที่ 4.18 และเมื่อต้องการทราบตำแหน่งปัจจุบันของเครื่องทำได้โดยการนำค่าละติจูดและลองจิจูดไปค้นหาตำแหน่งบน Google Maps



รูปที่ 4.18 การทดสอบการเชื่อมต่อเซนเซอร์ระบุตำแหน่งพิกัด GPS กับเว็บแอปพลิเคชัน

## 4.8 ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

### 4.8.1 ผลการทดสอบการควบคุมการเคลื่อนที่เพื่อเก็บขยะลอยน้ำผ่านเว็บแอปพลิเคชัน

จากการทดสอบควบคุมการเคลื่อนที่เพื่อเก็บขยะลอยน้ำผ่านเว็บแอปพลิเคชัน พบว่า เมื่อกดปุ่มควบคุมการเคลื่อนที่ผ่านเว็บแอปพลิเคชัน ได้แก่ ปุ่มไปข้างหน้า ปุ่มไปข้างหลัง ปุ่มเลี้ยวซ้าย ปุ่มเลี้ยวขวา และปุ่มหยุด พบว่า เครื่องสามารถเคลื่อนที่ไปตามทิศทางที่เลือกเพื่อไปเก็บขยะในแต่ละจุดได้ และเมื่อกดปุ่มควบคุมการเปิดและปิดแผ่นกั้นขยะ ได้แก่ ปุ่มเปิด และปุ่มปิด เพื่อป้องกันไม่ให้ขยะที่เก็บได้ลอยออกจากเครื่อง พบว่า สามารถป้องกันไม่ให้ขยะไหลออกจากเครื่องขณะเคลื่อนที่ได้ แต่ปัญหาที่พบเมื่อทำการทดสอบคือความเร็วมอเตอร์ที่ใช้ควบคุมใบพัดกั้นทั้งสองข้างมีความเร็วไม่เท่ากัน ทำให้สมดุลของทิศทางในการเคลื่อนที่เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย แต่ไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของเครื่อง และสามารถแก้ไขได้ด้วยการปรับ Duty Cycle เพื่อให้มอเตอร์ทั้งสองข้างสามารถหมุนด้วยความเร็วใกล้เคียงกันมากขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากที่ควบคุมการเคลื่อนที่เพื่อเก็บขยะลอยน้ำผ่านเว็บแอปพลิเคชันแล้ว พบว่าสามารถควบคุมทิศทางและเก็บขยะได้ตามการสั่งการของเว็บแอปพลิเคชัน แสดงดังรูปที่ 4.19 โดยประเภทของขยะที่เก็บได้คือขยะที่ลอยอยู่ที่ผิวน้ำ เช่น ใบไม้ ดอกไม้ ถุงพลาสติก แก้วน้ำพลาสติก หลอดพลาสติก และกิ่งไม้ขนาดเล็ก



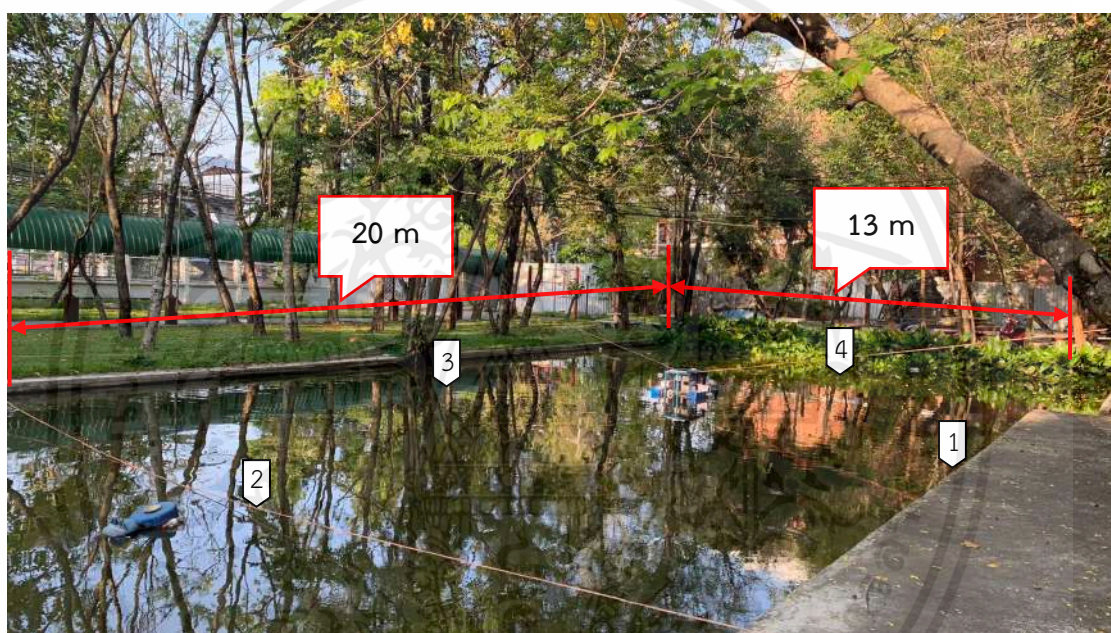
รูปที่ 4.19 ขยะที่เก็บได้จากเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

#### 4.8.2 ผลการทดสอบการควบคุมความเร็วของเครื่องเติมอากาศผ่านเว็บแอปพลิเคชัน

จากการทดสอบความเร็วของมอเตอร์ที่ใช้สำหรับการเติมอากาศเพื่อบำบัดน้ำเสียพบว่าเมื่อทำการทดสอบด้วยความเร็วของมอเตอร์ระดับที่ 3 และระดับที่ 4 ที่มีค่า Duty Cycle เท่ากับ 75 เปอร์เซ็นต์ และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทำให้ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น ขณะทำการเติมอากาศน้ำมีฟองอากาศมากขึ้น และมีการกระเพื่อมของน้ำเป็นวงกว้าง แต่เมื่อทดสอบด้วยความเร็วของมอเตอร์ระดับที่ 1 และ 2 พบว่า ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าเท่าเดิม มีฟองอากาศเกิดขึ้นเล็กน้อย มีการกระเพื่อมของน้ำน้อยกว่า ดังนั้นผู้จัดทำจึงได้เลือกความเร็วของมอเตอร์ระดับที่ 3 และระดับที่ 4 มาใช้ในการควบคุมความเร็วของเครื่องเติมอากาศผ่านเว็บแอปพลิเคชัน โดยจะให้ความเร็วของมอเตอร์ระดับที่ 3 แทนด้วยปุ่ม “Level 1” และความเร็วของมอเตอร์ระดับที่ 3 แทนด้วยปุ่ม “Level 2”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้จัดทำได้ทำการทดสอบควบคุมความเร็วของการเติมอากาศผ่านเว็บแอปพลิเคชัน โดยการนำเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ไปสอบในน้ำ สถานที่ที่ใช้ในการทดสอบ คือ สระน้ำข้างตึกภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สจล. โดยขนาดของสระที่ใช้ในการทดสอบ มีความกว้าง 13 เมตร และความยาว 20 เมตร ซึ่งเครื่องจะตั้งอยู่ที่บริเวณกลางสระ และจะวัดค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำทั้ง 4 จุด ซึ่งจุดวัดค่าบริเวณที่ 1 และ 3 จะอยู่ห่างจากเครื่องเติมอากาศเป็นระยะทาง 6 เมตร และจุดวัดค่าบริเวณที่ 2 และ 4 จะอยู่ห่างจากเครื่องเติมอากาศเป็นระยะทาง 10 เมตร แสดงดังรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 สถานที่ที่ใช้ทดสอบการควบคุมความเร็วของเครื่องเติมอากาศผ่านเว็บแอปพลิเคชัน

โดยจะทดสอบการเติมอากาศด้วยการกดปุ่ม Level 1 จนกว่าแบตเตอรี่จะมีค่าต่ำกว่า 11.50 โวลต์ ถัดมาจะทดสอบการเติมอากาศด้วยปุ่ม Level 2 โดยจะทำการทดสอบคุณภาพของน้ำ ด้วยการวัดค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำก่อนและหลังทำการเติมอากาศ ที่บริเวณทั้ง 4 จุดของสถานที่ทดสอบ เพื่อทำการเปรียบเทียบค่าออกซิเจนตามมาตรฐาน แสดงได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำก่อนและหลังทำการเติมอากาศด้วยการควบคุมความเร็วของเครื่องเติมอากาศผ่านเว็บแอปพลิเคชัน

ความเร็วของเครื่องเติมอากาศ	บริเวณที่วัดค่า	ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ หรือ DO (มิลลิกรัมต่อลิตร)			คุณลักษณะขณะที่เติมอากาศ	คุณภาพของน้ำหลังการเติมอากาศ
		ก่อนบำบัด	หลังบำบัด	ค่าที่เปลี่ยนแปลง		
ระดับที่ 1	จุดที่ 1	4.5	5.0	0.5	มีฟองอากาศเล็กน้อย มีการกระเพื่อมของน้ำ	ดีขึ้น
	จุดที่ 2	4.0	5.0	1.0		ดีขึ้น
	จุดที่ 3	4.0	5.0	1.0		ดีขึ้น
	จุดที่ 4	4.0	5.0	1.0		ดีขึ้น
ระดับที่ 2	จุดที่ 1	4.0	5.5	1.5	มีฟองอากาศจำนวนมาก มีการกระเพื่อมของน้ำ เป็นวงกว้าง	ดีขึ้น
	จุดที่ 2	4.5	6.0	1.5		ดีขึ้น
	จุดที่ 3	4.5	6.0	1.5		ดีขึ้น
	จุดที่ 4	4.0	6.0	2.0		ดีขึ้น

จากตารางที่ 4.3 เมื่อทำการทดสอบความเร็วของเครื่องเติมอากาศด้วยความเร็วระดับที่ 1 เป็นเวลา 2 ชั่วโมง 29 นาที พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหลังการทดสอบมีค่าเพิ่มขึ้นถึง 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่อทำการทดสอบความเร็วของเครื่องเติมอากาศด้วยความเร็วระดับที่ 2 เป็นเวลา 2 ชั่วโมง 12 นาที พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหลังการทดสอบมีค่าเพิ่มขึ้นถึง 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

เมื่อสังเกตคุณลักษณะของน้ำขณะที่เติมอากาศ พบว่า การทดสอบความเร็วของเครื่องเติมอากาศด้วยความเร็วระดับที่ 1 น้ำเกิดฟองอากาศขึ้นเล็กน้อย มีการกระเพื่อมของน้ำเป็นวงกว้าง เป็นระยะทางประมาณ 3 เมตร จากบริเวณที่เครื่องเติมออกซิเจนอยู่ แสดงดังรูปที่ 4.21 และเมื่อสังเกตคุณลักษณะของน้ำขณะที่เติมอากาศด้วยความเร็วระดับที่ 2 พบว่า น้ำเกิดฟองอากาศมากขึ้น และมีการกระเพื่อมของน้ำเป็นวงกว้างเป็นระยะทางประมาณ 5 เมตร จากบริเวณที่เครื่องเติมออกซิเจนอยู่ แสดงดังรูปที่ 4.22

ทั้งนี้ ปัจจัยต่าง ๆ เช่น เวลาที่ใช้ในการเติมอากาศ ขนาดของแหล่งน้ำ คุณภาพของน้ำ ก่อนการเติมอากาศ รวมถึงปัจจัยอื่น ๆ จะมีผลต่อคุณภาพของน้ำที่บำบัดได้



รูปที่ 4.21 คุณลักษณะของน้ำขณะที่เติมอากาศด้วยความเร็วระดับที่ 1



รูปที่ 4.22 คุณลักษณะของน้ำขณะที่เติมอากาศด้วยความเร็วระดับที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผล

ปริญญานิพนธ์นี้มีเป้าหมายเพื่อปรับปรุงแหล่งน้ำและป้องกันไม่ให้เกิดภาวะมลพิษทางน้ำ ที่จะส่งผลกระทบต่อวงจรชีวิตของสัตว์น้ำและระบบนิเวศ อีกทั้งได้นำพลังงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้เป็นแหล่งพลังงาน จึงได้ทำการศึกษาและจัดทำเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์นี้ขึ้นมา โดยระบบเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนการพัฒนาเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ที่สามารถตีน้ำเพื่อให้เกิดฟองออกซิเจนขึ้น และส่วนระบบควบคุมระยะไกลผ่านเว็บแอปพลิเคชันโดยการควบคุมผ่าน Wi-Fi แล้วนำข้อมูลไปประมวลผลเพื่อส่งการให้มอเตอร์ทำงาน ซึ่งระบบทั้งหมดจะถูกควบคุมผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์

ผู้จัดทำได้ออกแบบและจัดทำเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ โดยจะทดสอบประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ ได้แก่ ทดสอบประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ขณะอยู่บนบก จะทำการทดสอบประสิทธิภาพของแบตเตอรี่จำนวน 2 ก้อน ซึ่งแบตเตอรี่ก้อนที่ 1 มีค่าแรงดันไฟฟ้าเริ่มต้นเท่ากับ 12.07 โวลต์ และแบตเตอรี่ก้อนที่ 2 มีค่าแรงดันไฟฟ้าเริ่มต้นเท่ากับ 12.35 โวลต์ ทำการบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้าทุก 30 นาที จนกระทั่งแรงดันไฟฟ้ามีค่าน้อยกว่า 11.50 โวลต์ พบว่าแบตเตอรี่ก้อนที่ 1 มีระยะเวลาในการใช้งาน 3 ชั่วโมง 40 นาที และแบตเตอรี่ก้อนที่ 2 มีระยะเวลาในการใช้งาน 1 ชั่วโมง 57 นาที ดังนั้น ทางผู้จัดทำจึงได้เลือกใช้แบตเตอรี่ก้อนที่ 1 เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้แก่โหลดเพียงก้อนเดียว เนื่องจากแบตเตอรี่ก้อนที่ 2 นั้นเสื่อมประสิทธิภาพมากเกินไป ถัดมาเป็นการทดสอบประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ขณะอยู่ในน้ำ โดยนำแบตเตอรี่ก้อนที่ 1 มาใช้สำหรับทดสอบประสิทธิภาพขณะที่เครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์อยู่ในน้ำ โดยจะปรับความเร็วของเครื่องเติมอากาศให้มีความเร็วอยู่ที่ Duty Cycle เท่ากับ 65 เปอร์เซ็นต์ ในการทดสอบครั้งแรก แบตเตอรี่มีค่าแรงดันไฟฟ้าเริ่มต้นเท่ากับ 12.30 โวลต์ จะมีระยะเวลาการใช้งานประมาณ 1 ชั่วโมง 40 นาที และในการทดสอบครั้งที่ 2 แบตเตอรี่มีค่าแรงดันไฟฟ้าเริ่มต้นเท่ากับ 12.70 โวลต์ จะมีระยะเวลาการใช้งานประมาณ 3 ชั่วโมง แบตเตอรี่จึงมีค่าแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า 11.50 โวลต์ ส่งผลให้วงจรหยุดทำงาน ถัดมาเป็นการทดสอบประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ที่ชาร์จโดยแผงพลังงานแสงอาทิตย์ โดยไม่มีการต่อแบตเตอรี่เข้ากับโหลด แรงดันไฟฟ้าก่อนเริ่มชาร์จมีค่าเท่ากับ 11.92 โวลต์ บันทึกค่าแรงดันไฟฟ้าทุก 15 นาที จนกระทั่งแบตเตอรี่มีค่าแรงดันไฟฟ้าคงที่เท่ากับ 12.57 โวลต์ ซึ่งจะใช้เวลาในการชาร์จประมาณ 1 ชั่วโมง 25 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการควบคุมเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ผ่านเว็บแอปพลิเคชัน ผู้จัดทำได้ทำการทดสอบความเร็วของมอเตอร์ที่ใช้สำหรับเครื่องเติมอากาศ โดยจะแบ่งระดับความเร็วออกเป็น 4 ระดับ เพื่อทำการเปรียบเทียบค่าออกซิเจนที่ได้หลังจากการเติมอากาศ โดยระดับที่ 1 และระดับที่ 2 มีค่า Duty Cycle เท่ากับ 25 เปอร์เซ็นต์ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่าค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าเท่าเดิม มีฟองอากาศเกิดขึ้นเล็กน้อย และมีการกระเพื่อมของน้ำเล็กน้อย ซึ่งความเร็วระดับที่ 3 และระดับที่ 4 ที่มีค่า Duty Cycle เท่ากับ 75 เปอร์เซ็นต์ และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทำให้ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น ขณะทำการเติมอากาศน้ำมีฟองอากาศมากขึ้น และมีการกระเพื่อมของน้ำเป็นวงกว้าง ดังนั้นผู้จัดทำจึงได้เลือกความเร็วของมอเตอร์ระดับที่ 3 และระดับที่ 4 มาใช้ในการควบคุมความเร็วของเครื่องเติมอากาศผ่านเว็บแอปพลิเคชัน โดยจะให้ความเร็วของมอเตอร์ระดับที่ 3 แทนด้วยปุ่ม “Level 1” และความเร็วของมอเตอร์ระดับที่ 3 แทนด้วยปุ่ม “Level 2” เมื่อกดปุ่มปรับความเร็วผ่านเว็บแอปพลิเคชันข้อมูลจะถูกส่งไปประมวลผลผ่านบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ ทำให้เครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์สามารถปรับความเร็วได้แบบเรียลไทม์ ทั้งนี้ ปัจจัยต่าง ๆ เช่น เวลาที่ใช้ในการเติมอากาศ ระดับความเร็วของมอเตอร์ที่ใช้ในการเติมอากาศ ขนาดของแหล่งน้ำ คุณภาพของน้ำก่อนการเติมอากาศ รวมถึงปัจจัยอื่น ๆ จะมีผลต่อคุณภาพของน้ำที่บำบัดได้

ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ผ่านเว็บแอปพลิเคชัน ผู้จัดทำได้กำหนดปุ่มที่ใช้ในการเคลื่อนที่ 5 ปุ่ม ได้แก่ ปุ่มเดินหน้า ปุ่มถอยหลัง ปุ่มเลี้ยวซ้าย ปุ่มเลี้ยวขวา และปุ่มหยุด เมื่อทำการทดสอบการควบคุมการเคลื่อนที่แล้วพบว่า เครื่องสามารถเคลื่อนที่ไปตามทิศทางที่เลือกเพื่อไปเก็บขยะในแต่ละจุดได้ โดยในการเก็บขยะจะมีปุ่มควบคุมการเปิดและปิดแผ่นกั้นขยะ ได้แก่ ปุ่มเปิด และปุ่มปิด เพื่อป้องกันไม่ให้ขยะที่เก็บได้ลอยออกจากเครื่อง พบว่า สามารถป้องกันไม่ให้ขยะไหลออกจากเครื่องขณะเคลื่อนที่ได้

นอกจากนี้ บนหน้าเว็บแอปพลิเคชันได้มีการแสดงค่าตำแหน่งปัจจุบันของเครื่อง โดยใช้เซนเซอร์ระบุตำแหน่งพิกัด GPS แสดงเป็นค่าละติจูดและลองจิจูด เมื่อต้องการทราบตำแหน่งปัจจุบันของเครื่อง ให้นำข้อมูลที่ได้อ่านพิกัดตำแหน่งใน Google Maps เพื่อให้แสดงรายละเอียดของตำแหน่งนั้น ๆ ถัดมาเป็นการแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก โดยค่าที่วัดได้จะมีค่าผกผันกับปริมาณขยะที่วัดได้ในรูปแบบระยะห่างระหว่างเซนเซอร์กับขยะ โดยค่าที่วัดได้จะมีค่าผกผันกับปริมาณของขยะ เมื่อทราบค่าปริมาณขยะที่เก็บได้ก็จะสามารถนำขยะที่มีอยู่ออกมาทิ้งก่อนที่จะนำเครื่องไปเก็บขยะต่อได้ ถัดมาจะมีการแสดงสถานะการกดปุ่มใช้งานเมื่อกดปุ่มคำสั่งต่าง ๆ บนเว็บแอปพลิเคชันได้

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบควบคุมการเคลื่อนที่เพื่อเก็บขยะลอยน้ำผ่านเว็บแอปพลิเคชัน พบว่าเมื่อกดปุ่มควบคุมการเคลื่อนที่ผ่านเว็บแอปพลิเคชัน เครื่องสามารถเคลื่อนที่ไปตามทิศทางที่เลือกเพื่อไปเก็บขยะในแต่ละจุดได้ แต่ปัญหาที่พบเมื่อทำการทดสอบคือความเร็วมอเตอร์ที่ใช้ควบคุมใบพัดก้านทั้งสองข้างมีความเร็วไม่เท่ากัน ทำให้สมดุลของทิศทางในการเคลื่อนที่เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย แต่ไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของเครื่อง และสามารถแก้ไขได้ด้วยการปรับ Duty Cycle เพื่อให้มอเตอร์ทั้งสองข้างสามารถหมุนด้วยความเร็วใกล้เคียงกันมากขึ้นได้

เนื่องจากเครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์มีระยะเวลาในการใช้งานในน้ำประมาณ 1 ชั่วโมง 40 นาที เนื่องจากผู้จัดทำได้มีการตั้งค่าโซลาร์ชาร์จคอนโทรลเลอร์ให้หยุดการจ่ายไฟฟ้ากับโหนดเมื่อแบตเตอรี่มีแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า 11.50 โวลต์ ซึ่งเป็นไปตามค่า DOD ของแบตเตอรี่ที่มีแรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ ที่ใช้ค่า DOD 30 เปอร์เซ็นต์ หากต้องการให้เครื่องเติมอากาศและเก็บขยะลอยน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์มีระยะเวลาใช้งานเพิ่มมากขึ้น สามารถตั้งค่าให้โซลาร์ชาร์จคอนโทรลเลอร์ให้หยุดการจ่ายไฟฟ้ากับโหนดเมื่อแบตเตอรี่มีแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า 10.00 โวลต์ แต่จะทำให้มอเตอร์ทำงานได้ไม่เต็มที่เมื่อแบตเตอรี่มีแรงดันไฟฟ้าที่ต่ำลง หรือสามารถต่อแบตเตอรี่ที่มีประสิทธิภาพจำนวน 2 ก้อนขนานกัน หรือเลือกใช้โมดูลรีเลย์ในการสลับการเลือกใช้งานและเลือกชาร์จแบตเตอรี่ได้

## บรรณานุกรม

- [1] Fitrox Electronics. ESP32 DevKitC WiFi+Bluetooth (38 Pins). (2562). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <http://fitrox.lnwshop.com/product/1340/esp32-devkitc-wifiblue-tooth-38-pins>.
- [2] ETT. ESP32-DEV-KIT. (ไม่ระบุปี). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <http://www.ett.co.th/prodESP/ESP32-DEV-KIT/ESP32-DEV-KIT.html>.
- [3] MikroElectronic. ESP-WROOM-32 MCU Module 38PIN. (2563). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <http://www.mikroelec.com/product/697/esp-wroom-32-mcu-module-38pin-wi-fibtble-goouuu-esp32-module-development-boardwireless-wifiblue-toot>.
- [4] นายช่างมาแชร์. Electric Motor [EP: 1] – มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง. (2564). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <https://naichangmashare.com/2021/05/28/electric-motor-ep-1/>.
- [5] สัญญา ลักษณะ. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง. (2559). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <https://www.prd.go.th/th/file/get/file/20210729d41d8cd98f00b204e9800998ecf8427e140258.pdf>.
- [6] LUPULLEY. LUPULLEY DC เกียร์มอเตอร์ 12 โวลต์. (ไม่ระบุปี). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: [https://th.aliexpress.com/item/32915827595.html?aff\\_fcid=0c18d38e26814501952e3f](https://th.aliexpress.com/item/32915827595.html?aff_fcid=0c18d38e26814501952e3f).
- [7] AB.in.th. มอเตอร์เกียร์ ZGA37RG เฟืองทด แกนเพลลา 6 มิล. (2563). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <https://www.ab.in.th/product/767/nt-มอเตอร์เกียร์-zga37rg-เฟืองทด-แกนเพลลา-6มิล-แกนกลาง-รับน้ำหนักได้ตั้งแต่-5-10-กิโลกรัม-j2013>.
- [8] TAWUN ALL ELECTRONIC. การใช้งาน L298N motor drive. (2560). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <http://gamerbloggerport.blogspot.com/2017/09/l298n-motor-drive.html>.
- [9] moonishop. Motor Drive Controller Board Module L298N. (2559). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <http://www.moonoi36.com/product/278/stepper-motor-drive-controller-board-module-l298n-dual-h-bridge-dc-for-arduino>.

- [10] Fitrox Electronics. การใช้งาน HC-SR04 Ultrasonic Module. (2562). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <http://fitrox.lnwshop.com/article/27/tutorial-การใช้งาน-hc-sr04-ultrasonic-module>.
- [11] SparkFun Electronics. HC-SR04 Ultrasonic Distance Sensor. (2562). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <https://th.mouser.com/new/sparkfun/sparkfun-hcsr04-distance-sensor/>.
- [12] Random Nerd Tutorials. Ultrasonic sensor HC-SR04. (2556). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <https://randomnerdtutorials.com/complete-guide-for-ultrasonic-sensor-hc-sr04/>.
- [13] Fitrox Electronics. การใช้งาน GPS Module Ublox NEO-6M. (2563). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <http://fitrox.lnwshop.com/article/59/tutorial-การใช้งาน-gps-module-ublox-neo-6m>.
- [14] James Fuller. GY-NEO6MV2 Flight Control GPS Module. (2565). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <https://datasheethub.com/gy-neo6mv2-flight-control-gps-module/>.
- [15] Code Mobiles. GPS Module Ublox NEO-6M. (2562). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <http://www.iot.codemobiles.com/product/296/gy-neo6mv2-gps-module-neo6mv2-with-gps-antenna>.
- [16] ARTRONSHOP. การใช้งานโมดูล GPS Ublox NEO-6M. (2564). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <https://www.artronshop.co.th/article/44/>.
- [17] Arduino4. GY-NEO6MV2 Ublox GPS Module โมดูล GPS. (2560). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <https://www.arduino4.com/product/231/gy-neo6mv2-ublox-gps-module-โมดูล-gps>.
- [18] Sunnergy. หลักการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์ (Solar cell). (2562). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <https://www.krungthesolar.net/หลักการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์-solar-cell/>.
- [19] CC SOLAR. โซลาร์เซลล์ (Solar Cell) คืออะไร?. (ไม่ระบุปี). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <https://bit.ly/3JZBRG2>.
- [20] IRRADIANCE SOLAR. แผงโซลาร์เซลล์ มีกี่ชนิด ต่างกันอย่างไร. (2562). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <https://www.irradiance.co.th/th/newsdetail-18-แผงโซลาร์เซลล์%20มีกี่ชนิด%20ต่างกันอย่างไร>.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [21] JMT Electrical Engineering. ชนิดของแผงโซลาร์เซลล์. (2560). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <http://www.jmtpneumatic.com/article/4/>.
- [22] Thai water. คุณสมบัติของโซลาร์คอนโทรลเลอร์. (2562). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <https://www.thaiwatersystem.com/article/47/คุณสมบัติของโซลาร์คอนโทรลเลอร์>.
- [23] EnergyNext. หน้าที่และหลักการทำงาน คอนโทรลชาร์จโซล่าเซลล์ (solar charge controller) หรือโซล่าคอนโทรลเลอร์ (solar charge). (2563). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <https://energynext.co.th/2020/06/หน้าที่และหลักการทำงาน/>.
- [24] ไพศาลโซล่าเซลล์. SOLAR CHARGE CONTROLLER รุ่น RG-SL15A. (2564). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <https://www.facebook.com/1441817925944556/posts/4119889691470686/>.
- [25] Traithep Industry. แบตเตอรี่. (2556). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: [http://www.diySolarcell.com/สาระน่ารู้พลังงาน%20\(ความหมายของพลังงาน\)แบตเตอรี่%20\(Battery\).html](http://www.diySolarcell.com/สาระน่ารู้พลังงาน%20(ความหมายของพลังงาน)แบตเตอรี่%20(Battery).html).
- [26] Advice. คุณสมบัติ Battery. (2563). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <https://www.advice.co.th/product/battery-for-ups/battery-for-ups-7ah/battery-7-2ah-12v-csb-gp1272-csb>.
- [27] EExpress. CSB Battery GP1272 12V 7.2AH. (ไม่ระบุปี). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <https://e-express.co.th/product/csb-battery-gp1272-12v-7-2ah-แบตเตอรี่-agm-สำหรับ-ups-แล/>.
- [28] Khemm solarcell engineering. การต่อเพิ่มแบตเตอรี่. (2565). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <https://solarcelleng.com/การต่อเพิ่มแบตเตอรี่/>.
- [29] Polinovel. Series Or Parallel Connect Lithium Battery. (2563). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <https://lithiumionlifepo4battery.com/newsinfo/386609.htm>.
- [30] AmnardCenter Group. การคำนวณแบตเตอรี่. (2561). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <http://amnardcenter.com/ดูคลิป-20106-dod-30-มาจากไหน-ถ้าจะเล่นแบต-ต้องเข้าใจก่อนครับ.html>.
- [31] Sc Spark Solution. Application คืออะไร แล้วมีกี่ประเภทกันในปี 2022. (2565). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <https://www.sc-sparksolution.com/2022/05/10/application-คืออะไร-แล้วมีกี่ประเภ/>.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [32] Supanus Poolthaveetham. MOBILE APPLICATION คืออะไร จำเป็นอย่างไรกับธุรกิจคุณ. (2565). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <https://www.criclabs.co/post/what-is-mobile-application>.
- [33] ADVANCED ISERVICE. Web Application. (2563). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <https://www.advancedis.co.th/en/services/บริการรับทำ-Web-Application>.
- [34] Quotes About Smile. ส่วนประกอบสำคัญที่ควรรู้ของ WEB APPLICATION ระบบดูแลเว็บไซต์. (2564). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <https://quotesaboutsmile.com/2021/0-7/webapplication-2/#ส่วนประกอบของเว็บแอปพลิเคชัน>.
- [35] KTn Develop. ส่วนประกอบของหลายๆ Web Application. (2562). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <http://online.brandrankup.com/2019/01/11/ส่วนประกอบของหลายๆ-web-application-ออกแบบเว็บไซต์-ดูแลเว็บไซต์/>.
- [36] Supreeya Pitisom. ภาษาซี. (2564). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <https://bit.ly/3zdMKij>.
- [37] กิตินันท์ พลสวัสดิ์. ประวัติความเป็นมาของภาษาซี. [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <https://www.yupparaj.ac.th/thanphisit/bot1-1.html>.
- [38] จิระพงษ์ โพนพันธ์. โครงสร้างของภาษาซี. [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <https://www.yupparaj.ac.th/thanphisit/bot1-3.html>.
- [39] พิชิต วิจิตรบุญยรักษ์. HTML. (2564). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: [https://www.bu.ac.th/knowledgecenter/executive\\_journal/july\\_sep\\_11/pdf/aw32.pdf](https://www.bu.ac.th/knowledgecenter/executive_journal/july_sep_11/pdf/aw32.pdf).
- [40] mindphp. CSS. (2560). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <https://www.mindphp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/2193-css-คืออะไร.html>.
- [41] นายปรัชญา ทาอินทร์. ความรู้พื้นฐานภาษา CSS. (2559). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <https://sites.google.com/site/prachayathain10/5-2khwam-ru-phun-than-pha-sa-css>.
- [42] mindphp. JavaScript. (2566). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <https://www.mindphp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/2187-java-javascript-คืออะไร.html>.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [43] ทวีรัตน์ นวลช่วย. JavaScript. (2547). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <https://sites.google.com/site/ntaweera/javascript>.
- [44] LINE Corporation. รับการแจ้งเตือนจากเว็บเซอร์วิสทาง LINE. (ไม่ระบุปี). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <https://notify-bot.line.me/th/>.
- [45] SIAMMAT. น้ำเสียคืออะไร. (2564). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <https://siammat.com/quality-water/>.
- [46] Maxwatermit. ลักษณะของน้ำเสีย. (ไม่ระบุปี). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: [http://www.maxwatermit.com/\\_m/article/content/content.php?aid=363061](http://www.maxwatermit.com/_m/article/content/content.php?aid=363061).
- [47] Splus Corp. ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ตรวจสอบคุณภาพน้ำ. (ไม่ระบุปี). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <https://www.spluscorp.com/16072365/เครื่องมือวัดคุณภาพน้ำ>.
- [48] Monitor Water Test Kit. ชุดทดสอบออกซิเจนในน้ำ โมนิเตอร์ MONITOR DISSOLVED OXYGEN TEST KIT (50 Tests). (ไม่ระบุปี). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <https://bit.ly/40Eiby0>.
- [49] 42 Bots. Differential drive with continuous rotation servos and Arduino. (2557). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <https://42bots.com/tutorials/differential-steering-with-continuous-rotation-servos-and-arduino/>.
- [50] Bill Earl. Calibrating Sensors. (2547). [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก: <https://learn.adafruit.com/calibrating-sensors?view=all>.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#include "WiFi.h"
#include "ESPAsyncWebServer.h"
#include <TinyGPS++.h>
#include <HardwareSerial.h>
#include <TridentTD_LineNotify.h>
#define LINE_TOKEN "SBjc9RSsnqnLDtVU3R1uWYIWcVpPFUDVjOZROjryjxn"

#define RXPin (16)
#define TXPin (17)

static const uint32_t GPSBaud = 9600;
TinyGPSPlus gps;
HardwareSerial ss(2);

const char* ssid = "USERNAME";
const char* password = "PASSWORD";

const int pingPin = 5;
int inPin = 18;
long duration, cm;

AsyncWebServer server(80);

unsigned long previousMillis = 0;
unsigned long interval = 30000;

// Motor A
int IN1 = 27;
int IN2 = 26;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

int ENA = 14;

// Motor B
int IN3 = 25;
int IN4 = 33;
int ENB = 32;

// Motor C
int IN5 = 4;
int IN6 = 2;
int ENC = 15;

// Setting PWM properties
const int frequency = 5000;
const int pwm_channel_M1 = 0;
const int pwm_channel_M2 = 0;
const int pwm_channel_M3 = 0;
const int resolution = 8;

char lon[12];
char lati[12];
char text[160];

String displayInfo()
{
  //Serial.print(F("\nLocation : "));
  if (gps.location.isValid())
  {
    //Serial.print(gps.location.lat(), 6);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

//Serial.print(F(" , "));
//Serial.print(gps.location.lng(), 6);

char text[160] = "";

dtostrf(gps.location.lat(),1,6,lati);
dtostrf(gps.location.lng(),1,6,lon);

strcat(text,lati);
strcat(text," , ");
strcat(text,lon);

return String(text);
}
else
{
String GPS = "INVALID";
return String(GPS);
}
}

String readGPS() {
if (gps.encode(ss.read()))
displayInfo();

String t = displayInfo();
if (millis() > 5000 && gps.charsProcessed() < 10)
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    String t = "No Detect";
    return String(t);
}

else {
    //Serial.println(t);
    return String(t);
}
}

long microsecondsToCentimeters(long microseconds)
{
    return microseconds / 29 / 2;
};

String readDistance() {

    pinMode(pingPin, OUTPUT);
    digitalWrite(pingPin, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(pingPin, HIGH);
    delayMicroseconds(5);
    digitalWrite(pingPin, LOW);
    pinMode(inPin, INPUT);
    duration = pulseIn(inPin, HIGH);
    cm = microsecondsToCentimeters(duration);

    long h = cm;

```

```

if (isnan(h)) {
    Serial.println("Failed to read");
    return "--";
}

else {
    //Serial.println(h);
    return String(h);
}
}

const char index_html[] PROGMEM = R"rawliteral(
<!DOCTYPE html>
<html>
<main>
  <div class="container">
    <head>
      <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
      <style>
        html {
          background-image: url("https://www.teahub.io/photos/full/239-
2398350_light-colors-geometric-pattern-abstract-wallpaper-mobile-wallpaper.jpg");
          font-family: Monospace;
          display: inline-block;
          margin: 0px auto;
          text-align: center;
          background-size: cover;
          background-position: center;
          /* background: rgb(224, 224, 224); */

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

padding-bottom: 80%;
}

.container {
max-width: 960px;
margin: 0 auto;
[class*="col-"] {
width: 100%;
}
}

@media screen and (max-width:768px) body {
max-width: 500px;
margin: 0px auto;
padding-bottom: 50px;
}

h2 {
text-shadow: 1px 1px 2px #808080;
font-display: inherit;
font-size: 2rem;
}

h3 {
text-shadow: 1px 1px 2px #ffffff;
font-display: inherit;
font-size: 1.1rem;
line-height: 0.1;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
p {
  text-shadow: 1px 1px 6px #ffffff;
  font-size: 1.2rem;
  line-height: 1.2;
  font-weight: bold;
}
```

```
button {
  margin: auto;
  padding: 20px 30px;
  font-size: 1rem;
  cursor: pointer;
  position: relative;
  margin: 5px;
  transition: all 0.25s ease;
}
button:hover {
  box-shadow: 0 2px rgb(0, 0, 0);
  transform: translateY(7px);
}
```

```
.btn-1 {
  background: rgb(0, 155, 36);
  color: #fff;
  border-radius: 30px;
  transition: all 0.25s ease;
  left: -4px;
  box-shadow: 0 5px #666;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

font-family: Monospace;
}

.btn-2 {
background: rgb(0, 155, 36);
color: #fff;
border-radius: 30px;
transition: all 0.25s ease;
top: -30px;
box-shadow: 0 5px #666;
font-family: Monospace;
}

.btn-3 {
background: rgb(234, 0, 0);
color: #fff;
border-radius: 50%;
transition: all 0.25s ease;
top: -30px;
right: -4px;
box-shadow: 0 5px #666;
font-family: Monospace;
}

.btn-4 {
background: rgb(0, 155, 36);
color: #fff;
border-radius: 30px;
transition: all 0.25s ease;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

top: -30px;
box-shadow: 0 5px #666;
font-family: Monospace;
}

```

```

.btn-5 {
background: rgb(0, 155, 36);
color: #fff;
border-radius: 30px;
transition: all 0.25s ease;
top: -30px;
left: -4px;
box-shadow: 0 5px #666;
font-family: Monospace;
}

```

```

.btn-6 {
background: #1778F2;
color: #fff;
border-radius: 20px;
transition: all 0.25s ease;
left: -4px;
box-shadow: 0 5px #666;
font-family: Monospace;
}

```

```

.btn-7 {
background: #1778F2;
color: #fff;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

border-radius: 20px;
transition: all 0.25s ease;
left: -4px;
box-shadow: 0 5px #666;
font-family: Monospace;
}

.btn-1:active {
background-color: #3e8e41;
box-shadow: 0 2px rgb(0, 0, 0);
transform: translateY(7px);
}

.btn-1:hover {
background-color: #c3ffd7;
}

.btn-2:active {
background-color: #3e8e41;
box-shadow: 0 2px rgb(0, 0, 0);
transform: translateY(7px);
}

.btn-2:hover {
background-color: #c3ffd7;
}

.btn-3:active {
background-color: #ff7272;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    box-shadow: 0 2px rgb(0, 0, 0);
    transform: translateY(7px);
}

```

```

.btn-3:hover {
    background-color: #ff7272;
}

```

```

.btn-4:active {
    background-color: #3e8e41;
    box-shadow: 0 2px rgb(0, 0, 0);
    transform: translateY(7px);
}

```

```

.btn-4:hover {
    background-color: #c3ffd7;
}

```

```

.btn-5:active {
    background-color: #3e8e41;
    box-shadow: 0 2px rgb(0, 0, 0);
    transform: translateY(7px);
}

```

```

.btn-5:hover {
    background-color: #c3ffd7;
}

```

```

.btn-6:active {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

background-color: #8ac0f9;
box-shadow: 0 2px rgb(0, 0, 0);
transform: translateY(7px);
}

.btn-6:hover {
background-color: #8ac0f9;
}

.btn-7:active {
background-color: #8ac0f9;
box-shadow: 0 2px rgb(0, 0, 0);
transform: translateY(7px);
}
.btn-7:hover {
background-color: #8ac0f9;
}

.topnav {
color: #fff;
overflow: hidden;
background: #1778F2;
// background: linear-gradient(90deg, rgba(0,231,187,1) 0%,
rgba(205,255,251,1) 50%, rgba(0,231,187,1) 100%);
}

.dht-labels {
font-display: inherit;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
font-size: 1.5rem;
}
```

```
.dht-labels2 {
font-display: inherit;
font-size: 1rem;
}
```

```
.btn-8 {
background: #FF0000;
color: #fff;
border-radius: 20px;
transition: all 0.25s ease;
left: -4px;
box-shadow: 0 5px #666;
font-family: Monospace;
}
```

```
.btn-9 {
background: rgb(0, 155, 36);
color: #fff;
border-radius: 20px;
transition: all 0.25s ease;
left: -4px;
box-shadow: 0 5px #666;
font-family: Monospace;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

</style>
</head>
<body>
  <p>
    <center>
      <div class="topnav">
        <h2>WEB APPLICATION</h2>
      </div>
      <p>
        <span class="dht-labels">GPS</span>
      </p>
      <p>
        <span class="dht-labels" id="gps">%GPS%</span>
      </p>
      <p>
        <span class="dht-labels">Distance Between Garbage : </span>
        <span class="dht-labels" id="distance">%DISTANCE%</span>
        <sup class="units">CM</sup>
      </p>
      <p>
        <span class="dht-labels">Status : </span>
        <span class="dht-labels" id="status">--</span>
      </p>
    </center>
    <button class="btn-1" type="submit"
onclick="forward()">FORWARD</button>
  </center>
  <br>

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

<br>
  <center>
    <button class="btn-2" type="submit" onclick="left()">LEFT</button>
    <button class="btn-3" type="submit"
onclick="stopp()">STOP</button>
    <button class="btn-4" type="submit" onclick="right()">RIGHT</button>
  </center>
</center>
  <center>
    <button class="btn-5" type="submit"
onclick="backward()">BACKWARD</button>
  </center>
  <center>
    <p> GARBAGE BAFFLE </p>
    <button class="btn-9" type="submit"
onclick="openn()">OPEN</button>
    <button class="btn-8" type="submit"
onclick="closee()">CLOSE</button>
    <p> SPEED OF AERATOR</p>
    <button class="btn-6" type="submit" onclick="level1()">Level
1</button>
    <button class="btn-7" type="submit" onclick="level2()">Level
2</button>
  </center>
</body>
</div>
</main>
<script>

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
function forward(element) {
    var xhr = new XMLHttpRequest();
    xhr.open("GET", "/forward", true);
    document.getElementById("status").innerHTML = "FORWARD";
    document.getElementById("status").style.color = "#3e8e41";
    xhr.send();
}
```

```
function backward(element) {
    var xhr = new XMLHttpRequest();
    xhr.open("GET", "/backward", true);
    document.getElementById("status").innerHTML = "BACKWARD";
    document.getElementById("status").style.color = "#3e8e41";
    xhr.send();
}
```

```
function left(element) {
    var xhr = new XMLHttpRequest();
    xhr.open("GET", "/left", true);
    document.getElementById("status").innerHTML = "LEFT";
    document.getElementById("status").style.color = "#3e8e41";
    xhr.send();
}
```

```
function right(element) {
    var xhr = new XMLHttpRequest();
    xhr.open("GET", "/right", true);
    document.getElementById("status").innerHTML = "RIGHT";
    document.getElementById("status").style.color = "#3e8e41";
}
```

```

xhr.send();
}

function stopp(element) {
    var xhr = new XMLHttpRequest();
    xhr.open("GET", "/stop", true);
    document.getElementById("status").innerHTML = "STOP";
    document.getElementById("status").style.color = "#FF0000";
    xhr.send();
}

function level1(element) {
    var xhr = new XMLHttpRequest();
    xhr.open("GET", "/level1", true);
    document.getElementById("status").innerHTML = "LEVEL 1";
    document.getElementById("status").style.color = "#FFFF00";
    xhr.send();
}

function level2(element) {
    var xhr = new XMLHttpRequest();
    xhr.open("GET", "/level2", true);
    document.getElementById("status").innerHTML = "LEVEL 2";
    document.getElementById("status").style.color = "#FFFF00";
    xhr.send();
}

function openn(element) {
    var xhr = new XMLHttpRequest();

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

xhr.open("GET", "/openn", true);
document.getElementById("status").innerHTML = "OPEN";
document.getElementById("status").style.color = "#3e8e41";
xhr.send();
}

function closee(element) {
    var xhr = new XMLHttpRequest();
    xhr.open("GET", "/closee", true);
    document.getElementById("status").innerHTML = "CLOSE";
    document.getElementById("status").style.color = "#FF0000";
    xhr.send();
}

setInterval(function() {
    var xhttp = new XMLHttpRequest();
    xhttp.onreadystatechange = function() {
        if (this.readyState == 4 && this.status == 200) {
            document.getElementById("gps").innerHTML = this.responseText;
        }
    };
    xhttp.open("GET", "/GPS", true);
    xhttp.send();
}, 1000);

setInterval(function() {
    var xhttp = new XMLHttpRequest();
    xhttp.onreadystatechange = function() {
        if (this.readyState == 4 && this.status == 200) {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        document.getElementById("distance").innerHTML = this.responseText;
    }
};
xhttp.open("GET", "/distance", true);
xhttp.send();
}, 100);
</script>

</html>
)rawliteral";

String processor(const String& var){
    if(var == "GPS"){
        return readGPS();
    }
    else if(var == "DISTANCE"){
        return readDistance();
    }
    return String();
}

void forward() {
    // FORWARD
    ledcWrite(pwm_channel_M1, 165);
    ledcWrite(pwm_channel_M2, 165);
    digitalWrite(IN1, HIGH);
    digitalWrite(IN2, LOW);
    digitalWrite(IN3, HIGH);
    digitalWrite(IN4, LOW);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    Serial.println("Status ---> Forward");
}

void backward() {
    // BACKWARD
    ledcWrite(pwm_channel_M1, 165);
    ledcWrite(pwm_channel_M2, 165);
    digitalWrite(IN1, LOW);
    digitalWrite(IN2, HIGH);
    digitalWrite(IN3, LOW);
    digitalWrite(IN4, HIGH);
    Serial.println("Status ---> Backward");
}

void left() {
    ledcWrite(pwm_channel_M1, 165);
    ledcWrite(pwm_channel_M2, 165);
    digitalWrite(IN1, LOW);
    digitalWrite(IN2, HIGH);
    digitalWrite(IN3, HIGH);
    digitalWrite(IN4, LOW);
    Serial.println("Status ---> Left");
}

void stopp() {
    ledcWrite(pwm_channel_M1, 165);
    ledcWrite(pwm_channel_M2, 165);
    ledcWrite(pwm_channel_M3, 165);
    digitalWrite(IN1, LOW);

```

```

digitalWrite(IN2, LOW);
digitalWrite(IN3, LOW);
digitalWrite(IN4, LOW);
digitalWrite(IN5, LOW);
digitalWrite(IN6, LOW);
Serial.println("Status ---> Stop");
}

void right() {
  ledcWrite(pwm_channel_M1, 165);
  ledcWrite(pwm_channel_M2, 165);
  digitalWrite(IN1, HIGH);
  digitalWrite(IN2, LOW);
  digitalWrite(IN3, LOW);
  digitalWrite(IN4, HIGH);
  Serial.println("Status ---> Right");
}

void level_1() {
  ledcWrite(pwm_channel_M1, 191);
  ledcWrite(pwm_channel_M2, 191);
  digitalWrite(IN1, HIGH);
  digitalWrite(IN2, LOW);
  digitalWrite(IN3, HIGH);
  digitalWrite(IN4, LOW);
  Serial.println("Status ---> Level 1");
}

void level_2() {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    ledcWrite(pwm_channel_M1, 255);
    ledcWrite(pwm_channel_M2, 255);
    digitalWrite(IN1, HIGH);
    digitalWrite(IN2, LOW);
    digitalWrite(IN3, HIGH);
    digitalWrite(IN4, LOW);
    Serial.println("Status ---> Level 2");
}

void open() {
    ledcWrite(pwm_channel_M3, 180);
    digitalWrite(IN5, HIGH);
    digitalWrite(IN6, LOW);
    Serial.println("Status ---> Open");
}

void close() {
    ledcWrite(pwm_channel_M3, 180);
    digitalWrite(IN5, LOW);
    digitalWrite(IN6, HIGH);
    Serial.println("Status ---> Close");
}

void setup_sever() {
    Serial.print("\n***** Sever
*****");

    server.on("/", HTTP_GET, [](AsyncWebServerRequest *request){
        request->send_P(200, "text/html", index_html, processor);
    });
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

server.on("/GPS", HTTP_GET, [](AsyncWebServerRequest *request){
    request->send_P(200, "text/plain", readGPS().c_str());
});
server.on("/distance", HTTP_GET, [](AsyncWebServerRequest *request){
    request->send_P(200, "text/plain", readDistance().c_str());
});
server.on("/forward", HTTP_GET, [](AsyncWebServerRequest *request){
    forward();
    request->send_P(200, "text/html", index_html, processor);
});
server.on("/stop", HTTP_GET, [](AsyncWebServerRequest *request){
    stopp();
    request->send_P(200, "text/html", index_html, processor);
});
server.on("/backward", HTTP_GET, [](AsyncWebServerRequest *request){
    backward();
    request->send_P(200, "text/html", index_html, processor);
});
server.on("/left", HTTP_GET, [](AsyncWebServerRequest *request){
    left();
    request->send_P(200, "text/html", index_html, processor);
});
server.on("/right", HTTP_GET, [](AsyncWebServerRequest *request){
    right();
    request->send_P(200, "text/html", index_html, processor);
});
server.on("/level1", HTTP_GET, [](AsyncWebServerRequest *request){
    level_1();
    request->send_P(200, "text/html", index_html, processor);
});

```

```

});
server.on("/level2", HTTP_GET, [](AsyncWebServerRequest *request){
    level_2();
    request->send_P(200, "text/html", index_html, processor);
});
server.on("/openn", HTTP_GET, [](AsyncWebServerRequest *request){
    open();
    request->send_P(200, "text/html", index_html, processor);
});
server.on("/closee", HTTP_GET, [](AsyncWebServerRequest *request){
    closee();
    request->send_P(200, "text/html", index_html, processor);
});

Serial.print("\n\nWelcome to our project :)");

Serial.print("\n\n*****
*****");
}

void setup_wifi() {
    WiFi.mode(WIFI_STA);
    WiFi.begin(ssid, password);
    Serial.print("\nConnecting to WiFi ..");
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        Serial.print('.');
        delay(3000);
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Serial.print("\n***** WIFI
*****");

Serial.print("\n\nWifi name : ");
Serial.println(ssid);
Serial.print("Local Sever IP : ");
Serial.println(WiFi.localIP());
IPAddress broadCast = WiFi.localIP();
LINE.notify("Ready on sever");
LINE.notify(WiFi.localIP().toString().c_str());

Serial.print("\n\n*****
*****");
}

void setup_GPS(){
  ss.begin(GPSBaud, SERIAL_8N1, RXPin, TXPin, false);
}

void setup_Motor(){
  // sets the pins as outputs:
  pinMode(IN1, OUTPUT);
  pinMode(IN2, OUTPUT);
  pinMode(ENA, OUTPUT);

  pinMode(IN3, OUTPUT);
  pinMode(IN4, OUTPUT);
  pinMode(ENB, OUTPUT);

  pinMode(IN5, OUTPUT);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

pinMode(IN6, OUTPUT);
pinMode(ENC, OUTPUT);

// configure LED PWM functionalites
ledcSetup(pwm_channel_M1, frequency, resolution);
ledcSetup(pwm_channel_M2, frequency, resolution);
ledcSetup(pwm_channel_M3, frequency, resolution);

// attach the channel to the GPIO to be controlled
ledcAttachPin(ENA, pwm_channel_M1);
ledcAttachPin(ENB, pwm_channel_M2);
ledcAttachPin(ENC, pwm_channel_M3);

ledcWrite(pwm_channel_M1, 200);
ledcWrite(pwm_channel_M2, 200);
ledcWrite(pwm_channel_M3, 200);

digitalWrite(IN1, LOW);
digitalWrite(IN2, LOW);
digitalWrite(IN3, LOW);
digitalWrite(IN4, LOW);
digitalWrite(IN5, LOW);
digitalWrite(IN6, LOW);
}

void setup(){
  Serial.begin(115200);
  LINE.setToken(LINE_TOKEN);
  setup_wifi();

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
setup_sever();
setup_GPS();
setup_Motor();
server.begin();
}

void loop(){
  unsigned long currentMillis = millis();
  if ((WiFi.status() != WL_CONNECTED) && (currentMillis - previousMillis >=interval)) {
    Serial.println("\n\nReconnecting to WiFi...");
    WiFi.disconnect();
    LINE.notify("Disconnect");
    forward();
    setup_wifi();
    previousMillis = currentMillis;
  }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้