



เครื่องควบคุมแสงโซล่าเซลล์หมุนตามความเข้มแสงอาทิตย์แบบ 2 แกน

DUAL AXIS SOLAR TRACKER

นายพดุงศักดิ์ ครองพาก

นายสิรภพ อ้วมเจริญ

นายธีระนันต์ พันธ์ภักดี

บริญญา尼พนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

พ.ศ. 2561

เครื่องควบคุมແຜ່ໂສລ່າເຊລໍ້ມູນຕາມຄວາມເຂັ້ມແສງອາທິດຍີແບບ 2 ແກນ

นายພົດຍຸສັກດີ គະບົນຍາ  
นายສີරັພ ອ່ວມເຈົ້າ  
นายອິຮະນັນຕີ ພັນຈັກດີ

ປະຈຸບັນນີ້ແມ່ນມີຄວາມສ່ວນຫຼື່ງຂອງການສຶກສາຕາມຫລັກສູດວິສະວະກະສາສົດ  
ການສຶກສາຕາມຫລັກສູດວິສະວະກະສາສົດ  
ມະຫາວິທະຍາລັບເກມມະຫາວິທະຍາລັບເກມ  
ພ.ศ. 2561

## DUAL AXIS SOLAR TRACKER

MR. PHADUNGSAK KRONGPUAK

MR. SIRAPHOP UAMCHAROEN

MR. TEERANAN PANPAKDEE

THIS PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS  
FOR THE BACHELOR DEGREE OF ENGINEERING  
DEPARTMENT OF COMPUTER ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THANYABURI  
YEAR 2018

หัวข้อปริญญาаниพนธ์ เครื่องควบคุมແຜງໂซල໌ມຸນຕາມຄວາມເຂັ້ມແສງອາທິຕຍ  
ແບບ 2 ແກນ

นักศึกษา	นายผลุงศักดิ์ ครองพาก
	นายสิรภพ อ้วมเจริญ
	นายธีระนันต์ พันธ์ວັດ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พุศยน พินทนาวงศ์

---

ภาควิชาວิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล  
ธัญบุรี อนุมัติให้ปริญญาaniพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

.....หัวหน้าภาควิชา  
(อาจารย์มาโนช ประชา)

### คณะกรรมการสอบปริญญาaniพนธ์

.....ประธานกรรมการ  
(อาจารย์สมรรถชัย จันทร์ตัน)

.....กรรมการ  
(อาจารย์ ดร.ศิริชัย เตวีymらໍາເລີຍ)

.....กรรมการ  
(อาจารย์ ดร.ปอลิน กองสุวรรณ)

.....กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พุศยน พินทนาวงศ์)

ลົງສິຫຼືຂອງภาควิชาວิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อปริญญาаниพนธ์	เครื่องควบคุมແຜ່ໂລ່ງລໍາເຊລ໌ໜຸນຕາມຄວາມເຂັ້ມແສອາທິຕິຍີແບບ 2 ແກນ	
นักศึกษา	นายอดุลศักดิ์ ครองพาก	รหัส 115740462002-0
	นายสิรภพ อ้วມเจริญ	รหัส 115740462004-6
	นายธีระนันต์ พันธ์ภักดี	รหัส 115740462023-6
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พุศยิน นินทนาวงศ์	
ปีการศึกษา	2561	

### บทคัดย่อ

การที่จะนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด นอกจากจะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาเปลี่ยนแปลงและปรับใช้เป็นพลังงานในรูปที่ต้องการ โดยผ่านແຜ່ຮັບພັດງານແສງອາທິຕິຍີແລ້ວ ยังขึ้นอยู่ທີ່ສາຍາທິຕິຍີທີ່ແສງອາທິຕິຍີທີ່ຕົກກະທບກັບແຜ່ຮັບພັດງານອີກດ້ວຍຈຶ່ງສົມພັນຮັກບົນຄວາມເຂັ້ມຂອງແສງອາທິຕິຍີທີ່ຕົກກະທບນັບແຜ່ຮັບພັດງານ

โดยส่วนใหญ่ແລ້ວປະສົງປະກາດຂອງແຜ່ຮັບພັດງານແສງອາທິຕິຍີ ຈະແປປເປົ້າໄປຕາມມູນທີ່ແສງອາທິຕິຍີຕົກກະທບແຜ່ຮັບພັດງານ ແລະ ຈະສູງສຸດເມື່ອແສງອາທິຕິຍີຢູ່ໃນແນວຕັ້ງຈາກກັບແຜ່ຮັບພັດງານ ເນື່ອຈາກມູນຂອງແສງອາທິຕິຍີທີ່ຈະຕັ້ງຈາກກັບໂລກ ໃນແຕ່ລະຄຽດກາລຂອງແຕ່ລະປະເທດນັ້ນທຳມູນຕ່າງກັນ ຄົນະຜູ້ຈັດທຳຕ້ອງຫາວິທີການທຳໄໝແສງອາທິຕິຍີຕົກກະທບກັບແຜ່ຮັບພັດງານມາກທີ່ສຸດ ເພຣະຈະໄດ້ຮັບຄວາມເຂັ້ມຂອງແສງອາທິຕິຍີສູງສຸດ

เนื่องຈາກໃນປັຈຈຸບັນເຄື່ອງຮັບພັດງານແສງອາທິຕິຍີເປັນແບບອູ້ກັບທີ່ ຈຶ່ງທຳໄໝຮັບພັດງານແສງອາທິຕິຍີໄດ້ໄໝເຫຼົ່າທີ່ຄວາມໄດ້ຮັບ ຄົນະຜູ້ຈັດທຳຈຶ່ງຄືດວ່າ “ຈະທຳຍ່າງໄຣສຶ່ງຈະໄດ້ຮັບພັດງານແສງອາທິຕິຍີໄໝໄດ້ມາກທີ່ສຸດ ໃນເວລາທີ່ນ້ອຍກວ່າແບບເດີມ” ຈຶ່ງໄດ້ອອກແບບ ແລະ ສ້າງເຄື່ອງຮັບພັດງານແສງອາທິຕິຍີແບບໜຸນຕາມຄວາມເຂັ້ມຂອງແສງອາທິຕິຍີແບບ 2 ແກນ

ດັ່ງນັ້ນປະຈຸບັນນີ້ ຈຶ່ງເປັນການນຳແນວຄົດທີ່ວ່າ “ຈະທຳຍ່າງໄຣສຶ່ງຈະໄດ້ຮັບພັດງານໄໝໄດ້ມາກທີ່ສຸດ ໃນເວລາທີ່ນ້ອຍກວ່າ” ເພື່ອທຳການທດລອງໄໝເຫັນລຶ້ງຄວາມແຕກຕ່າງແລະ ປັບໃຊ້ໃນລົງຈະບົງ

ຄຳສຳຄັນ ໂຊລໍາເຊລ໌, ແຜ່ຮັບພັດງານ, ຄວາມເຂັ້ມແສ ແລະ ແສງອາທິຕິຍີ

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญา妮พนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากคณะกรรมการผู้จัดทำได้รับคำแนะนำ และการให้คำปรึกษาที่ดีจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พุศยิน นินทนาวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญา妮พนธ์ ที่ท่านได้กรุณาระเวลาในการให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ และดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดี รวมทั้งแก้ไขข้อบกพร่องของโครงงานให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมทั้งคณาจารย์ทุกท่านของภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านบุรี ที่ให้การอบรมสั่งสอนประสาทวิชาความรู้ให้แก่คณะกรรมการผู้จัดทำ

ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา เพื่อน ๆ และผู้ที่มีส่วนช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา สนับสนุน แนะนำ และติชม พร้อมกับให้กำลังใจในการจัดทำโครงงานมา ณ โอกาสนี้ด้วย

คณะกรรมการผู้จัดทำ

## สารบัญ

	หน้า
<b>บทคัดย่อ</b>	๑
<b>กิตติกรรมประกาศ</b>	๑
<b>สารบัญ</b>	๑
<b>สารบัญตาราง</b>	๗
<b>สารบัญรูป</b>	๙
<b>บทที่ ๑ บทนำ</b>	๑
1.1 หลักการและเหตุผล	๑
1.2 วัตถุประสงค์	๑
1.3 ขอบเขต	๒
1.4 ประโยชน์และผลที่คาดว่าจะได้รับ	๒
<b>บทที่ ๒ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง</b>	๓
2.1 ความเป็นมาของแ朋โซล่าเซลล์	๓
2.2 ระบบการผลิตไฟฟ้าโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์	๕
2.3 แ朋รับพลังงานโซล่าเซลล์	๘
2.4 แบตเตอรี่สำหรับเก็บพลังงานแสงอาทิตย์	๑๐
2.5 เครื่องควบคุมการประจุ	๑๒
2.6 Arduino MEGA2560	๑๒
2.7 H-Bridge Motor Driver	๑๓
2.8 DC Gear Box Motor	๑๔
2.9 ตัวต้านทานแบบ LDR	๑๕
2.10 บอร์ด ESP8266	๑๗
2.11 โมดูลวัดแรงดันไฟฟ้า	๑๗
2.12 ตัวต้านทานปรับค่าได้	๑๘
2.13 ADS1115	๑๙
<b>บทที่ ๓ วิธีดำเนินงาน</b>	๒๐
3.1 วิธีการดำเนินงาน	๒๐

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 การออกแบบ	21
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	22
3.4 การออกแบบการแสดงผลของเว็บแอปพลิเคชัน	33
3.5 การเก็บบันทึกข้อมูล	37
บพที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน	38
4.1 ผลการดำเนินงาน	38
4.2 ผลที่ได้รับจากการทดสอบการเก็บพลังงาน	39
4.3 เมนูการแสดงผลของ Cayenne	51
4.4 การวิเคราะห์	58
บพที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	59
5.1 สรุปผลโครงการ	59
5.2 ข้อเสนอแนะ	59
5.3 อุปสรรค	59
บรรณานุกรม	60
ภาคผนวก ก	62
ชอร์สโค้ดของระบบ	62
ภาคผนวก ข	63
วิธีการติดตั้งโปรแกรม	63
ภาคผนวก ค	67
วิธีการใช้งานอุปกรณ์	67
ประวัติผู้จัดทำปริญญา呢พนธ์	78

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ข้อมูลการผลิตของแพงโซล่าเซลล์	8
3.1 แผนดำเนินงานโครงการ	20
4.1 ตารางการทดลองที่ 1	40
4.2 ตารางการทดลองที่ 2	41
4.3 ตารางการทดลองที่ 3	42
4.4 ตารางการทดลองที่ 4	43

## สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	หลักการทำงานของแบงโซล่าเซลล์	4
2.2	ชนิดของแบงโซล่าเซลล์	7
2.3	แบงโซล่าเซลล์โมโนคริสตัลไลน์	9
2.4	แบตเตอรี่สำหรับโซล่าเซลล์ (Deep Cycle Battery)	11
2.5	เครื่องควบคุมการประจุ	12
2.6	บอร์ด Arduino MEGA2560 (R3)	13
2.7	Motor driver module L298N	13
2.8	สัญญาณการเปิด (HIGH) และปิด (LOW) ของ PWM	14
2.9	DC Gear Box Motor 12V 5rpm	15
2.10	LDR Sensor	15
2.11	ผลของการเปลี่ยนความเข้มแสงในทันทีทันใดกับ LDR	16
2.12	วงจรเครื่องวัดแสงแบบง่าย	16
2.13	บอร์ด ESP8266	17
2.14	โมดูลวัดแรงดันไฟฟ้า	18
2.15	Variable Resistor (VR) 10K	19
2.16	ADS1115	19
3.1	โครงสร้างแบงโซล่าเซลล์แบบอยู่กับที่	23
3.2	ตำแหน่งการวางกล้องอุปกรณ์รับพลังงานแสงอาทิตย์แบบอยู่กับที่	24
3.3	โครงสร้างแบงโซล่าเซลล์แบบเคลื่อนที่ตามความเข้มแสงอาทิตย์	25
3.4	ตำแหน่งการวางกล้องอุปกรณ์ แบบเคลื่อนที่ตามความเข้มแสงอาทิตย์	26
3.5	ออกแบบวงจร Sensor และการส่งข้อมูล	27
3.6	การทำงานโดยรวมของบอร์ด ESP8266	28
3.7	Flowchart การทำงานของโปรแกรมควบคุมมอเตอร์	29
3.8	บล็อกไอดอกแกรม Solar Tracking	30
3.9	ออกแบบวงจรควบคุมดีซีมอเตอร์	31
3.10	ออกแบบวงจรควบคุมดีซีมอเตอร์	32
3.11	เลือก Device	33

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.12	เลือกข้อมูลการแสดงผล	33
3.13	Device ที่ต้องการใช้มุมต่อ	34
3.14	การตั้งค่า Data Sensor	34
3.15	การตั้งค่าหน่วยวัดของ Sensor	35
3.16	การแสดงผลของกราฟ	35
3.17	หน้าจอการเข้าใช้งานผ่านแอปพลิเคชัน Cayenne	36
3.18	หน้าเมนูเข้าใช้งาน	36
3.19	การเก็บข้อมูล Database	37
4.1	ແຜໂຈ່ລາເໜີລ໌ແບບອຸ່ກັບທີ່ຕິດໄປທາງທີ່ຕິດ	38
4.2	ແຜໂຈ່ລາເໜີລ໌ທີ່ 2 ແບບ	39
4.3	กราฟของการเก็บເກື່ອງພລັງຈາກແຜໂຈ່ລ໌ໃນການທດລອງທີ່ 1	44
4.4	กรາຟຂອງກາຮັບເກື່ອງພລັງຈາກແຜໂຈ່ລ໌ໃນການທດລອງທີ່ 2	44
4.5	กรາຟຂອງກາຮັບເກື່ອງພລັງຈາກແຜໂຈ່ລ໌ໃນການທດລອງທີ່ 3	45
4.6	กรາຟຂອງກາຮັບເກື່ອງພລັງຈາກແຜໂຈ່ລ໌ໃນການທດລອງທີ່ 4	45
4.7	ກຣາຟແສດງອັດຮາກກາຮັບພລັງຈາກ ລູກຄະການທດລອງທີ່ 1	46
4.8	ກຣາຟແສດງອັດຮາກກາຮັບພລັງຈາກ ລູກຄະການທດລອງທີ່ 2	46
4.9	ກຣາຟແສດງອັດຮາກກາຮັບພລັງຈາກ ລູກຄະການທດລອງທີ່ 3	47
4.10	ກຣາຟແສດງອັດຮາກກາຮັບພລັງຈາກ ລູກຄະການທດລອງທີ່ 4	47
4.11	ກຣາຟແສດງອັດຮາກກາຮັບພລັງຈາກ ລູກຄະການທດລອງທີ່ 3	48
4.12	ກຣາຟແສດງອັດຮາກກາຮັບພລັງຈາກ ລູກຄະການທດລອງທີ່ 3	48
4.13	ກຣາຟແສດງອັດຮາກກາຮັບພລັງຈາກ ລູກຄະການທດລອງທີ່ 4	49
4.14	ກຣາຟແສດງອັດຮາກກາຮັບພລັງຈາກ ລູກຄະການທດລອງທີ່ 4	49
4.15	หน້າຕ່າງການໃຊ້ງານ Cayenne	51
4.16	Creating a Project	52
4.17	ເຮີ່ມສ້າງແດ່ບອໍດໂຄຮງການໃໝ່	53
4.18	ການເພີ່ມວິດເຈື້ຕ (Widget)	53

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.19	การลบวิดเจ็ต	54
4.20	การแสดงกราฟ Solar Cell Fix และ Solar Cell Tracking	54
4.21	รูปแสดงข้อมูล Charging Time	55
4.22	รูปกราฟแสดงข้อมูล Charging Time	55
4.23	รูปการณ์ปรับเวลาการส่งข้อมูล	55
4.24	Current Fix และ Current Tracking	56
4.25	กราฟ Current Fix และ Current Tracking	56
4.26	Watts Fix และ Watts Tracking	57
4.27	รูปแสดงกราฟของ Watts Fix และ Watts Tracking	57
4.28	Battery level	58
4.29	แสดงผลเป็นกราฟ Battery level	58

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 หลักการและเหตุผล

ในปัจจุบันการติดตั้งแ朋รับพลังงานโซล่าเซลล์ที่พบส่วนใหญ่ มักจะเป็นการติดตั้งแบบอุปกรณ์เพื่อหันไปทางทิศใต้ โดยทางอาทิตย์จะเคลื่อนที่จากทิศตะวันออกไปทางทิศตะวันตกโดยเคลื่อนที่ อ้อมทิศใต้ นอกจากนี้ความลาดเอียงของแ朋ครัวมีความลาดชันประมาณ 15-20 องศา กับพื้นดินเพื่อ ทำให้แสงอาทิตย์กระทบตั้งฉากกับแ朋พลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเที่ยงให้มากที่สุด ซึ่งในแต่ละเดือน มุมของดวงอาทิตย์จะมีองศาที่ต่างกัน จึงทำให้การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแ朋รับพลังงานโซล่าเซลล์ นั้นไม่อาจผลิตพลังงานได้เต็มประสิทธิภาพ ด้วยเหตุนี้การทำให้แ朋รับพลังงานโซล่าเซลล์ สามารถ เคลื่อนที่ตามตำแหน่งดวงอาทิตย์ได้นั้นจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง เพื่อให้แ朋รับพลังงานโซล่าเซลล์นั้น ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้นทางคณผู้จัดทำได้เลือกใช้ปัญหาดังกล่าว จึงได้มีการพัฒนาแ朋รับพลังงานโซล่าเซลล์ ให้สามารถหมุนตามความเข้มแสงของดวงอาทิตย์แบบ 2 แกน และแ朋รับพลังงานโซล่าเซลล์ แบบไม่เคลื่อนที่ เพื่อที่จะเปรียบเทียบอัตราการเก็บพลังงานไฟฟ้าจากแสงของดวงอาทิตย์ให้เห็นว่า การพัฒนาแ朋รับพลังงานโซล่าเซลล์แบบหมุนตามความเข้มแสงของดวงอาทิตย์นั้น มีประสิทธิภาพ การเก็บพลังงานแสงของดวงอาทิตย์ได้มากกว่าแ朋รับพลังงานโซล่าเซลล์แบบไม่เคลื่อนที่ และเพื่อที่จะเพิ่มประสิทธิภาพให้ได้รับพลังงานไฟฟ้าจากแสงของดวงอาทิตย์มากขึ้น เนื่องจากแ朋รับ พลังงานโซล่าเซลล์จะผลิตพลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดขณะที่ได้รับความเข้ม ของแสงสูงสุดเมื่อแ朋โซล่าเซลล์ทำมุ่งฉาบกับแสงของอาทิตย์ที่ตกรอบ

#### 1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาการนำพลังงานแสงของดวงอาทิตย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ และนำพลังงาน แสงอาทิตย์มาเพื่อทดสอบการใช้พลังไฟฟ้า

1.2.2 เพื่อออกรูปแบบและสร้างระบบควบคุมการหมุนของแ朋รับพลังงานโซล่าเซลล์แบบ 2 แกน เพื่อใช้ในการทดสอบและนำไปใช้ได้จริง

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบอัตราการเก็บพลังงานของแ朋โซล่าเซลล์ ระหว่างแ朋รับพลังงาน โซล่าเซลล์ เมื่อมีวงจรควบคุมการเคลื่อนที่ตามความเข้มของแสงจากดวงอาทิตย์แบบ 2 แกน กับแ朋รับพลังงานโซล่าเซลล์แบบไม่เคลื่อนที่

### 1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน

ขอบเขตในการดำเนินงานมีการจัดแบ่งได้เป็น 3 ส่วน ได้แก่ การควบคุมແຜรับพลังงาน โซล่าเซลล์ ระบบเครือข่ายไร้สาย และการแสดงผลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน

#### 1.3.1 การควบคุมແຜรับพลังงานโซล่าเซลล์ ได้แก่

1) ใช้บอร์ด Arduino MEGA2560 (R3) เพื่อควบคุมແຜรับพลังงานโซล่าเซลล์ในการรับพลังงานแสงอาทิตย์ให้ทำมุ่งตั้งจากกับแสงอาทิตย์ที่ตกรอบ เพื่อเพิ่มอัตราการเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ได้สูงสุด

2) สามารถหมุนตามความเข้มแสงของดวงอาทิตย์แบบ 2 แกน ได้แก่ ทิศเหนือ-ใต้ และทิศตะวันออก-ทิศตะวันตก

#### 1.3.2 ระบบเครือข่ายไร้สาย

1) ใช้บอร์ด Node MCU/ESP8266 ในการส่งข้อมูลไปยังเว็บแอปพลิเคชัน

2) สามารถส่งข้อมูลอัตราการเก็บพลังงานจากแสงอาทิตย์ของແຜรับพลังงานโซล่าเซลล์ ไปยังเว็บแอปพลิเคชันผ่านระบบอินเตอร์เน็ต โดยข้อมูลที่ส่งไป ได้แก่ Voltage, Charging rate และ Battery level

#### 1.3.3 การแสดงผลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน

1) แสดงผลการทำงานบนเว็บแอปพลิเคชัน

2) สามารถแสดงผลอัตราการเก็บพลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นกราฟ (Graph) ผ่านทางเว็บแอปพลิเคชัน

3) การเก็บข้อมูล (Log) สามารถเก็บข้อมูลการเก็บพลังงานแสงอาทิตย์แบบรายวัน, รายสัปดาห์, รายเดือน และรายปีได้ และสามารถโหลดไฟล์การเก็บข้อมูลออกมาเป็นไฟล์ .CSV ได้

### 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เป็นแนวทางในการปรับใช้การใช้งานແຜรับพลังงานโซล่าเซลล์ให้เก็บเกี่ยวพลังงานแสงอาทิตย์ มีประสิทธิภาพสูงสุด

1.4.2 สามารถเพิ่มประสิทธิภาพอัตราการเก็บพลังงานของແຜรับพลังงานโซล่าเซลล์ จากการเคลื่อนที่ของແຜรับพลังงานโซล่าเซลล์ แบบตามความเข้มแสงอาทิตย์ในระบบ 2 แกน

1.4.3 ทำให้มีระบบเก็บเกี่ยวพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง ซึ่งสามารถเคลื่อนย้าย ตัวอุปกรณ์ได้ง่าย

## บทที่ 2

### ทฤษฎีเกี่ยวข้อง

#### 2.1 ความเป็นมาของแผงโซล่าเซลล์

2.1.1 เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell) เป็นสิ่งประดิษฐ์กรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ ที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยการนำสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิโคน วัสดุสำคัญที่ใช้ทำโซล่าเซลล์ ได้แก่ สารซิลิโคน ซึ่งเป็นสารชนิดเดียวกับที่ใช้ทำซิบในคอมพิวเตอร์ และเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ ซิลิโคนเป็นสารซึ่งไม่เป็นพิษ มีการนำมาผลิตโซล่าเซลล์ใช้กันอย่างแพร่หลาย เพราะมีราคาถูก คงทน และเชื่อถือได้ นอกจากนี้ยังมีวัสดุชนิดอื่นที่สามารถนำมาผลิตโซล่าเซลล์ได้ เช่น แกลเลียมอาเซนิด และแแคดเมียมเทลเลอไรด์ แต่ยังมีราคาสูง และบางชนิดยังไม่มีการพิสูจน์เรื่องอายุการใช้งานว่าสามารถใช้งานได้นานผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อผลิตให้เป็นแผ่นบางบริสุทธิ์ และทันทีที่มีแสงตกมากระแทบบนแผ่นเซลล์ รังสีของแสงที่มีอนุภาคของพลังงานประกอบกันที่เรียกว่า โปรตอน (Proton) จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอน (Electron) ในสารกึ่งตัวนำจนมีพลังงานมากพอที่จะออกมายจากแรลงดึงดูดของอะตอม (Atom) และเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ เมื่อพิจารณาลักษณะการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์พบว่าเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูงที่สุดในช่วงเวลากลางวันซึ่งสอดคล้อง และเหมาะสมในการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ผลิตไฟฟ้าเพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลากลางวัน [1]

การผลิตไฟฟ้าสามารถผลิตได้หลายวิธีด้วยกันไม่ว่าจะเป็นการใช้พลังงานลมพลังงานน้ำ เพื่อเปลี่ยนเป็นกระแสไฟฟ้า แต่การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์มีจุดเด่นที่สำคัญแตกต่างจาก วิธีอื่นหลายประการ ดังต่อไปนี้

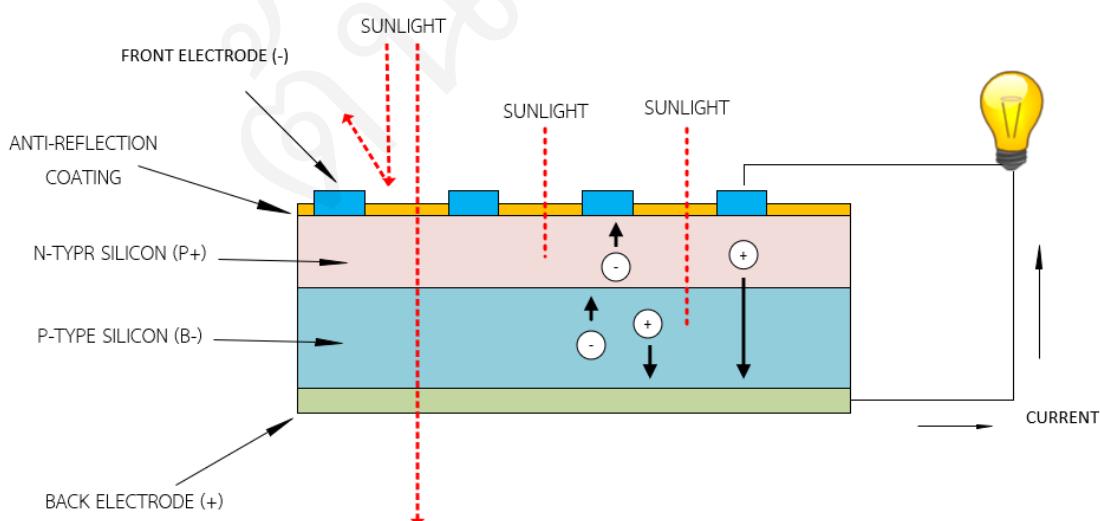
- 1) ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะเป็นพิษจากกระบวนการผลิตไฟฟ้า
- 2) มีการบำรุงรักษาน้อยมาก และใช้งานแบบอัตโนมัติได้ง่าย
- 3) สามารถผลิตเป็นแผงขนาดต่าง ๆ ได้ทำให้สามารถผลิตได้ปริมาณมาก
- 4) ผลิตไฟฟ้าได้แม้มีแสงแดดร้อน หรือมีเมฆ
- 5) เป็นการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้มาจากธรรมชาติ และมีไม่สิ้นสุด
- 6) ได้พลังงานไฟฟ้าโดยตรงซึ่งเป็นพลังงานที่นำมาใช้ได้ [4]

ดังนั้นจึงเห็นได้ว่า ประโยชน์ที่ได้รับจากการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้นั้นเป็นการนำพลังงานจากธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์โดยแท้จริง ไม่ต้องผ่านกระบวนการสังเคราะห์ที่ก่อให้เกิดมลภาวะใด ๆ ทำให้ปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้ใช้ และที่สำคัญเป็นพลังงานที่ใช้แล้วไม่วันหมดถึงแม้ว่าในวันที่เกิดแสงน้อย แผงโซล่าเซลล์มีกลไกในตัวเองทำให้ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ ที่สำคัญไม่ว่าจะอยู่ที่ไหนของโลกก็สามารถนำไปใช้ได้

2.1.2 การทำงานของโซล่าเซลล์ เป็นขบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นกระแสไฟฟ้าได้โดยตรง โดยเมื่อแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และมีพลังงานกระทบกับสารกึ่งตัวนำ จะเกิดการถ่ายทอด พลังงานระหว่างกัน พลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า (Electron) ขึ้นในสารกึ่งตัวนำ จึงสามารถต่อกระแสไฟฟ้าดังกล่าวไว้ใช้งานได้ ดังรูปที่ 2.1 แสดงให้เห็นว่า เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบ แสงอาทิตย์จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอน และโซล่าเซลล์ทำให้เกิด การเคลื่อนไหว เมื่อพลังงานสูงพอทั้งอิเล็กตรอน และโซล่าเซลล์จะวิ่งเข้าหากัน อิเล็กตรอนจะวิ่งไปยังชั้น N-Type และโซล่าเซลล์จะวิ่งไปยังชั้น P-Type อิเล็กตรอนวิ่งไปรวมกันที่ Front Electrode และโซล่าเซลล์จะวิ่งไปรวมกันที่ Back Electrode เมื่อมีการต่อวงจรไฟฟ้าจาก Front Electrode และ Back Electrode ให้ครburg จะเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นเนื่องจากทั้งอิเล็กตรอน และโซล่าเซลล์จะวิ่งเพื่อจับคู่กัน [2]

การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ ต้องมีคุณสมบัติพื้นฐาน 3 อย่างดังนี้

- 1) การดูดซึมของแสงเพื่อสร้างคู่อิเล็กตรอน-โซล่าเซลล์ หรือเอกซิตอน อย่างใดอย่างหนึ่ง
- 2) การแยกตัวขึ้นส่งประจุที่ต่างชนิดกัน
- 3) การสัดส่วนการแยกออกจากการกันของตัวขึ้นส่งเหล่านี้ออกไปยังจրภายนอก ในทางตรงกันข้าม ตัวสะท้อนความร้อนจากแสงอาทิตย์จะจ่ายความร้อนโดยการดูดซับแสงอาทิตย์ เพื่อวัตถุประสงค์ในการให้ความร้อนโดยตรงหรือใช้ในการผลิตไฟฟ้า



รูปที่ 2.1 หลักการทำงานของแผงโซล่าเซลล์ [2]

2.1.3 กำลังไฟฟ้าที่แสงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้คือสิ่งที่ควรทราบก่อนการติดตั้งระบบโซล่าเซลล์เพื่อการลงทุนที่คุ้มค่าและเหมาะสม ควรต้องรู้ความต้องการใช้ไฟฟ้าในแต่ละวันและสถานที่ติดตั้ง จึงจะสามารถคำนวณส่วนประกอบของระบบได้ซึ่งปกติอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละชนิดใช้พลังงานเท่าใด (Watt) และต้องการเปิดใช้งานนานกี่ชั่วโมงต่อวันรวมถึงในกรณีที่แสงโซล่าเซลล์ไม่สามารถรับแสงเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าซึ่งต้องใช้พลังงานสำรองที่ได้จากแบตเตอรี่ว่าสามารถใช้ได้นานเท่าใด

2.1.4 ขั้นตอนก่อนการออกแบบ และคำนวณระบบพลังงานไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สิ่งที่ควรทำก่อนการคำนวณมีดังนี้

- 1) เลือกโหลดไฟฟ้าที่เหมาะสม และลดโหลดไฟฟ้าที่จำเป็น
- 2) กำหนดพลังงานไฟฟ้าที่ต้องการใช้ในแต่ละวัน
- 3) วางแผนสำรองพลังงานไฟฟ้าที่ต้องการ กรณีไม่มีแสงอาทิตย์

2.1.5 ความหมายของหน่วยทางไฟฟ้า ที่จะใช้ในการคำนวณครั้นนี้

1) V (Voltage) โวลต์ คือหน่วยที่ใช้เรียกขนาดของแรงดันไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 2 แบบ กระแสสลับ (AC) เช่น ระบบไฟฟ้าภายในบ้าน 220V หมายถึงขนาดของแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ กระแสตรง (DC) เช่น แบตเตอรี่ 12V หมายถึงขนาดของแรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์

2) Ah (Ampere-hour) แอม培ร์-ชั่วโมง ความจุของแบตเตอรี่ในการบรรจุพลังงาน พลังงานในแบตเตอรี่ 12 V 100 Ah เท่ากับ  $12V \times 100Ah$  หรือ  $12V \times 100A \times 3600s$  จะได้เท่ากับ 4.32 MJ ถ้าแบตเตอรี่ 100 Ah เท่ากับว่าแบตเตอรี่จะจ่ายกระแส 1 แอม培ร์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 100 ชั่วโมง หรือแบตเตอรี่จ่ายกระแส 10 แอม佩อร์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 10 ชั่วโมง

3) W (Watt) วัตต์ คือหน่วยที่ใช้เรียกขนาดของกำลังไฟฟ้า เช่น หลอดไฟขนาด 20W หมายถึง หลอดไฟใช้กำลังไฟฟ้า 20 วัตต์

## 2.2 ระบบการผลิตไฟฟ้าโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic cell)

การผลิตไฟฟ้าโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ หรือโซล่าเซลล์ (Solar cell) เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าจากดวงอาทิตย์โดยตรง มีกระบวนการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ เช่น แผงรับพลังงานโซล่าเซลล์แสงอาทิตย์, เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่, เครื่องปรับระบบไฟฟ้า และแบตเตอรี่ ซึ่งพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์ต้องมีการคำนวณค่าเพื่อให้พอเพียงต่ออุปกรณ์ เครื่องใช้ไฟฟ้าอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่กล่าวยังมีขนาดธูปหลักขณะ และการทำงานที่หลากหลาย ตามความต้องการของผู้ใช้ในการออกแบบระบบจึงต้องมีความรู้ความเข้าใจในอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อสามารถใช้งานได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพในการใช้งานของระบบ การผลิตพลังงานไฟฟ้าจาก

เซลล์แสงอาทิตย์จะต้องมีอุปกรณ์ในระบบที่จำเป็นหลายชนิด ซึ่งในการเลือกใช้งานต้องมีความเหมาะสม และสมดุลกันจึงจะเกิดประสิทธิภาพการเก็บพลังได้สูงสุด และในการออกแบบระบบไฟฟ้า พลังงานแสงอาทิตย์จากเซลล์แสงอาทิตย์ จะต้องใช้ส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้คือ โซล่าเซลล์ที่ผลิต จากซิลิคอนที่ผ่านกระบวนการโดป คือกระบวนการทางเคมีที่อิเล็กตรอน proton และนิวเคลียสจนได้เป็น N-TYPE และ P-TYPE โดยมีส่วนที่เป็นอยู่ระหว่างกลางในสภาพะปกติอิเล็กตรอนจะคงสภาพะไม่เคลื่อนไหว แต่มีเมื่อแสงมาตกระบทพลังงานจะผลักอิเล็กตรอนให้เคลื่อนที่ผ่านชั้นซึ่งอยู่ระหว่างกลางได้ ถ้าต้องการระหว่าง N-TYPE กับ P-TYPE เข้าด้วยกันจะทำให้เกิดการไหลของอิเล็กตรอน เกิดขึ้น การไหลของอิเล็กตรอนนี้เองที่เรียกว่ากระแสไฟฟ้าซึ่งทำให้สามารถนำไปจ่ายให้กับโหลดหรือเก็บประจุอิเล็กตรอนที่เข้าแบบเตอร์เพื่อที่จะสะสมพลังงานไฟฟ้าไว้ใช้ได้

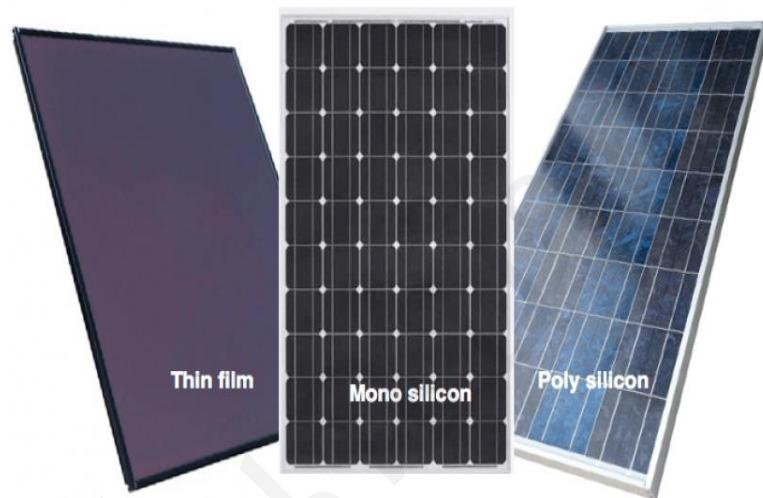
แผงผลิตพลังงานไฟฟ้าจากความเข้มแสงอาทิตย์ มีลักษณะด้านหน้าเป็นแผ่นกระจกใส ด้านใน เป็นแผ่นโซล่าเซลล์หลายแผ่นต่อเรียงกัน อาจจะมีสีฟ้าเข้มหรือสีดำแล้วแต่ชนิดของโซล่าเซลล์ที่มาทำ แผงขนาดใหญ่เล็กแตกต่างกันไปแล้วแต่ขนาดของกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ ภายนอกขอบเป็นโลหะ หรืออลูมิเนียมแข็งแรงไว้สำหรับยึดกับตัวจับที่ใช้สำหรับที่ต่าง ๆ เช่น หลังคาบ้าน หรือโครงเหล็กที่ติดตั้งบนพื้นดินได้ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงโซล่าเซลล์จะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งสามารถนำไปต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับไฟกระแสตรง หรืออาจจะนำไปไฟกระแสตรงที่ผลิตได้จากแผงโซล่าเซลล์ไปแปลงเป็นไฟกระแสสลับเพื่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้กันตามบ้านทั่วไปได้ โดยสามารถเลือกต่อได้หลายแบบตามลักษณะการออกแบบและใช้งาน

ซิลิคอนเซลล์เป็นเซลล์ที่ได้รับความนิยมในการนำมาผลิตเป็นแผงโซล่าเซลล์เป็นอย่างมาก เพราะเป็นธาตุวัตถุดิบที่หาได้ไม่ยากและมีปริมาณมาก เมื่อนำมาผ่านกระบวนการต่าง ๆ อย่างกฎวิธี ก็จะมีปฏิกิริยาที่ตอบสนองกับแสง และสามารถเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ ซึ่งซิลิคอนเซลล์นี้สามารถแบ่งย่อยได้อีกหลายชนิด แล้วแต่กระบวนการผลิต และแยกความบริสุทธิ์ของธาตุซิลิคอนซึ่งแบ่งเป็น 3 ชนิดใหญ่ด้วยกัน ได้แก่

2.2.1 แผงโซล่าเซลล์ชนิดโมโนคริสตัลไลน์ (Monocrystalline Silicon Solar Cells) ลักษณะจะเป็นผลึกแผ่นสีน้ำเงินเข้มล้วน แต่ละแผ่นมีลักษณะที่บางมาก และแตกหักง่าย มีประสิทธิภาพสูง เพราะเป็นซิลิคอนที่ผ่านกระบวนการค้อนข้างจะซับซ้อน และยุ่งยากจนได้ซิลิคอนที่มีความบริสุทธิ์ ทำให้ซิลิคอนผลึกเดียว มีราคาค่อนข้างสูงตามไปด้วย

2.2.2 แผงโซล่าเซลล์ชนิดโพลิคริสตัลไลน์ (Polycrystalline Silicon Solar Cells) เป็นผลึกผสมที่ตัดมาจากซิลิคอนบล็อก มีลักษณะสีน้ำเงินอ่อน และผลึกจะมีลวดลายไม่เหมือนกับซิลิคอนผลึกเดียวมีค่าประสิทธิภาพที่ต่ำกว่า และมีราคาที่ถูกกว่าผลึกเดียวเล็กน้อยมีลักษณะแผ่นบางแตกหักง่าย

2.2.3 แผงโซล่าเซลล์ชนิดฟิล์มบาง (Thin Film Solar Cells) เป็นฟิล์มบางที่เคลือบลงบนพื้นผิวเซลล์ด้วยลักษณะการผลิตนี้เองจึงทำให้เซลล์ชนิดนี้ สามารถยึดหยุ่น และคงอยู่ได้ จึงนำไปใช้กับแผงโซล่าที่ต้องการความยึดหยุ่น เซลล์ชนิดนี้มีราคาถูก และมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าเซลล์สองแบบ แรกอยู่มากเพรากว่าขั้นตอนการผลิตที่ซับซ้อนน้อยกว่า นอกจากนี้เซลล์ชนิดนี้จะมีอายุการใช้งานที่สั้นกว่าสองแบบแรกอีกด้วย [2]



รูปที่ 2.2 ชนิดของแผงโซล่าเซลล์ [2]

เนื่องจากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นอุปกรณ์ที่สามารถนำมาใช้กับอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำประเทอื่น ๆ ได้อีกมากมายหลายประเทอื่น อุปกรณ์ประเทอิคคอมพิวเตอร์และหน่วยซิปความจำ เครื่องคำนวณประเทอต่าง ๆ อย่างไรก็ตามเนื่องจากความต้องการที่เพิ่มมากขึ้น ในกระบวนการผลิตจึงต้องมีความเข้มงวดในเรื่องมาตรฐาน จึงได้มีการความคุณคุณภาพการผลิต และเพื่อช่วยในการติดสินใจในการเลือกซื้อของผู้ใช้งาน ทางบริษัทผู้ผลิตจึงได้มีการติดข้อมูลการผลิตมากับผลิตภัณฑ์แผงโซล่าเซลล์ ที่ได้มาตรฐานแต่ละแผ่น ผู้ผลิตจะติดข้อมูลการผลิตมากับผลิตภัณฑ์เป็นฉลากแนบมากับตัวแผงด้วย จึงทำให้รู้ว่าแผงโซล่าเซลล์แต่ละแผ่นมีคุณสมบัติต่าง ๆ เป็นอย่างไร เพื่อช่วยในการออกแบบ และใช้งานจริงได้โดยค่าต่าง ๆ ส่วนใหญ่ในฉลากแนบมีดังนี้

### ตารางที่ 2.1 ข้อมูลการผลิตของแผงโซล่าเซลล์

ข้อมูลการผลิตของแผงโซล่าเซลล์	ความหมาย
Cell Type	125x125 mm
Number of Cells	36
Dimension	290x520x25 mm
Weight	1.60Kg
Front Glass	Low Iron Tempered Glass
Encapsulant	EVA
Frame	Anodized Aluminum Alloy
Module Type	STM5-20/36
Maximum Power-Pmax (Wp)	20
Voltage at Maximum Power-Vmp (V)	18.0
Current at Maximum Power-Imp (A)	1.12
Open Circuit Voltage-Voc (V)	21.24
Short Circuit Current-Isc (A)	1.22
Module Efficiency-rim (%)	13.26
Power Tolerance (%)	0/+5
Operating Temperature	-40°C to +85°C
Maximum System Voltage	1000V DC

ตัวอย่างข้อมูลดังตารางที่ 2.1 คือคุณสมบัติแผงโซล่าเซลล์ที่ทางผู้จัดทำได้นำมาทดสอบ การใช้งานในการทำวิจัยในครั้งนี้

### 2.3 แผงรับพลังงานโซล่าเซลล์

โซล่าเซลล์หนึ่งเซลล์ โดยทั่วไปจะสามารถผลิตแรงดันไฟฟ้าได้ 0.6-0.7 โวลต์ ในขณะที่เมื่อมี โหลด หรือการนำพลังงานไปใช้ถ้าในขณะที่ต่อโหลด และมีกำลังไฟฟ้าสูงสุดโซล่าเซลล์จะมีแรงดันอยู่ ที่ประมาณ 0.4-0.5 โวลต์ โดยกระแสไฟฟ้าต่อหนึ่งเซลล์ที่ผลิตได้จะขึ้นอยู่กับชนิด และขนาดของ เซลล์ส่วนใหญ่แล้วด้านผู้ผลิตแผงโซล่าเซลล์จะต้องนุ่มนวลเซลล์เข้าด้วยกันให้ได้แรงดันรวมตามระบบ

มาตรฐานสากลตัวอย่าง เช่น 12, 24 และ 48 โวลต์ โดยแรงดันที่ผลิตจากแผงจะต้องมากกว่าแรงดันระบบประมาณ 1.4-1.5 เท่า



รูปที่ 2.3 แผงโซล่าเซลล์โมโนคริสตัลไลน์

แผงโซล่าเซลล์ ชนิดที่ทำมาจากผลึกซิลิคอนเชิงเดี่ยว สังเกตค่อนข้างง่ายกว่าชนิดอื่น เพราะจะเห็นแต่ละเซลล์ลักษณะเป็นสีเหลี่ยมตัดมุมทั้งสี่มุม และมีเส้น แผงโซล่าเซลล์ชนิดโมโนคริสตัลไลน์นั้นเป็นชนิดที่ทำมาจากซิลิคอนที่มีความบริสุทธิ์สูง โดยเริ่มมาจากแท่งซิลิคอนทรงกระบอก อันเนื่องมาจากการเกิดจากกระบวนการกวนให้ผลึกเกาะกันที่แกนกลาง จึงทำให้เกิดแท่งทรงกระบอก จากนั้นจึงนำมาตัดให้เป็นสีเหลี่ยม และลบมุมทั้งสี่ออก เพื่อที่จะทำให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด และลดการใช้วัตถุดิบโมโนซิลิคอนลง ก่อนที่จะนำมายังกระบวนการเป็นแผ่นอีกที จึงทำให้เซลล์แต่ละเซลล์หน้าตาเป็นอย่างที่เห็นในแผงโซล่าเซลล์

ข้อดีของแผงโซล่าเซลล์ชนิดโมโนคริสตัลไลน์ คือมีประสิทธิภาพสูงกว่าชนิดอื่น เนื่องจากผลิตมาจากซิลิคอนเกรดดีที่สุด โดยมีประสิทธิภาพการทำงานโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 15-20% และมีประสิทธิภาพในการเก็บพลังงานต่อพื้นที่สูงกว่าชนิดอื่น เพราะว่าให้อัตราการเก็บพลังงานกำลังสูงจึงต้องการพื้นที่น้อยกว่าแผงโซล่าเซลล์ชนิดอื่นในการติดตั้ง และสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากกว่าชนิดฟิล์มบาง เกือบ 4 เท่า และแผงโซล่าเซลล์ชนิดโมโนคริสตัลไลน์ มีอายุการใช้งานยาวนานที่สุดโดยเฉลี่ยแล้วประมาณ 25 ปีขึ้นไป และผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากกว่าชนิดโพลีคริสตัลไลน์ เมื่ออุปกรณ์ในสภาพแวดล้อม

ข้อเสียของแพงโซล่าเซลล์ชนิดโมโนคริสตัลไลน์ เป็นชนิดที่มีราคาแพงที่สุด ในบางครั้ง การติดตั้งด้วยแพงโซล่าเซลล์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์อาจมีความคุ้มค่ามากกว่า ถ้าหากแพงโซล่าเซลล์ชนิดโมโนคริสตัลไลน์มีความสกปรก หรือถูกบังแสงในบางส่วนของแพง อาจทำให้วงจรหรืออินเวอร์เตอร์เกิดการเสียหายได้ เพราะอาจจะทำให้เกิดโวลต์สูงเกินไป

เพื่อป้องกันการอาจทำให้วงจรหรืออินเวอร์เตอร์ใหม่จึงควรมีการคำนวณหาขนาดของแพงโซล่าเซลล์ที่เหมาะสมกับการใช้งานโดยหาได้จาก

ขนาดของแพง = ค่าการใช้พลังงานรวมทั้งหมด / ปริมาณแสงอาทิตย์ที่น่าจะได้ใน 1 วัน ต่อ 1 ชั่วโมง

ตัวอย่าง บ้านหลังหนึ่งต้องการใช้ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแพงโซล่าเซลล์ไปใช้กับหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ชนิดมีบลลาร์ต์อิเล็กทรอนิกส์ในตัว จำนวน 2 ดวง ( $18\text{W} \times 2$ ) เป็นเวลา 6 ชั่วโมงต่อวัน, โทรศัพท์คันสี 21 นิ้ว ( $120\text{ W}$ ) ประมาณ 3 ชั่วโมงต่อวัน จะได้

$$\text{ขนาดของแพง} = \text{ค่าการใช้พลังงานรวมทั้งหมด} / 5 \text{ ชั่วโมง}$$

$$= \frac{((18\text{W} \times 2 \text{ ดวง}) + (120\text{W} \times 3 \text{ ชั่วโมง})}{5 \text{ ชั่วโมง}} \quad (2.1)$$

$$= 115.2 \text{ W}$$

ดังนั้น ขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต้องใช้ คือ ขนาด  $12\text{V } 115.2\text{W}$  หากไม่มีแพงขนาดที่คำนวณ ให้ขยับไปใช้รุ่นที่สูงกว่า เช่น ขนาด  $12\text{V } 120\text{W}$  เป็นต้น

#### 2.4 แบตเตอรี่สำหรับเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ (Battery)

แบตเตอรี่ในกลุ่ม Deep cycle battery สามารถบำรุงรักษาได้ง่าย มีอายุการใช้งานยาวนาน สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าที่มีระดับคงที่ได้เป็นระยะเวลานาน และสามารถประจุกลับได้ง่าย เป็นพลังงานทดแทนที่ไม่ทำอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม

แบตเตอรี่ชนิด Deep cycle คือ แบตเตอรี่ที่ถูกออกแบบมาให้สามารถประจุได้มากกว่า แบตเตอรี่แบบธรรมดา โดยที่แบตเตอรี่ชนิด Deep cycle สามารถที่จะคายประจุได้ถึง 45-75% ของพลังงานที่เก็บสะสมอยู่ ซึ่งมีความแตกต่างจากแบตเตอรี่รักษาตัว ฯ ไป เนื่องจากว่าแบตเตอรี่รักษาตัวถูกออกแบบมาสำหรับใช้งานในลักษณะที่ต่างกันคือ ต้องการกระแสสูง ๆ ภายในระยะเวลาสั้น ๆ ในขณะที่เครื่องยนต์เป็นหลัก

แบตเตอรี่ชนิด Deep cycle มีขนาดของแผ่นตะกั่วให้มีความหนามาก และลดพื้นที่ผิวสัมผัส ตะกั่วกับสารละลายลง จึงทำให้การประจุ และคายการประจุใช้เวลานานกว่าแบตเตอร์รี่ชนิด และเนื่องจากมีพื้นผิวสัมผัสที่น้อยกว่า การคายประจุ หรือจ่ายกระแสไฟฟ้าจึงง่ายอุ่นมาไม่สูงมาก ไม่เหมือนแบตเตอร์รี่ชนิดที่มีพื้นผิวสัมผัสมากทำให้สามารถจ่ายกระแสได้สูงกว่า ซึ่งหมายความว่ากับการใช้งานลักษณะที่ต้องการกระแสสูงขณะสตาร์ทเครื่องยนต์ และนั่นก็เป็นสาเหตุที่ทำให้แบตเตอร์รี่ชนิด มีอายุการใช้งานสั้นกว่าแบตเตอรี่ชนิด Deep cycle [3]



รูปที่ 2.4 แบตเตอรี่สำหรับโซล่าเซลล์ (Deep Cycle Battery) [3]

ตัวอย่าง บ้านหลังหนึ่งต้องการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ไปใช้กับหลอดไฟกล้องเรสเซนต์ชนิดมีบลัตตาสต์อิเล็กทรอนิกส์ในตัว จำนวน 2 ดวง ( $18W \times 2$ ) เป็นเวลา 6 ชั่วโมงต่อวัน, พัดลม (120 W) ประมาณ 3 ชั่วโมงต่อวัน ต้องการทราบว่าต้องใช้แบตเตอรี่ขนาดกี่โวลต์และกี่แอมป์ สูตรคำนวณขนาดกระแสต่อชั่วโมง

$$\begin{aligned}
 & \frac{((18W \times 2 \text{ ดวง}) \times 6 \text{ ชั่วโมง}) + (120W \times 3 \text{ ชั่วโมง})}{(12 \text{ โวลต์} \times 0.6 \times 0.85)} \\
 & = 94.117 \text{ Ah}
 \end{aligned} \tag{2.2}$$

ดังนั้น ขนาดของแบตเตอรี่ที่ใช้จะเป็นขนาด 12 โวลต์ 94.117 Ah หรือมากกว่า จะน้ำหนักใช้ขนาดรุ่น 12 โวลต์ 100Ah หรือ 125Ah

## 2.5 เครื่องควบคุมการประจุ (Charge controller)

แบงโซล่าเซลล์ทำการผลิตไฟฟ้ากระแสตรงออกมาเมื่อระบบที่มีการออกแบบต่อพ่วงกับแบบเตอร์นัน ในบางครั้งอาจจะส่งผลทำให้แสงที่ต่อกリストบบันแผลของโซล่าเซลล์ไม่สม่ำเสมอ กันตลอดทั้งวัน จึงทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแบงโซล่าเซลล์เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา บางช่วงก็สูงบางช่วงก็ต่ำทำให้แรงดันและกระแสไฟฟ้าไม่คงที่

ดังนั้นการประจุไฟฟ้าของแบงโซล่าเซลล์โดยตรงกับแบบเตอร์ จึงทำให้การผลิตกระแสไฟฟ้ามีประสิทธิภาพที่ต่ำ และที่สำคัญคือจะทำให้อายุการใช้งานของแบบเตอร์นันจะสั้นลงอีกด้วย เพราะแรงดันที่ผลิตจากแบงโซล่าเซลล์บางครั้งก็สูงเกินกว่าค่าแรงดันของการประจุแบบเตอร์ เครื่องควบคุมการประจุจึงถูกออกแบบมาเพื่อทำให้การประจุไฟฟ้าเข้าแบบเตอร์นันมีกระแสไฟฟ้าที่สม่ำเสมอ จึงทำให้การผลิตกระแสไฟฟ้านั้นมีประสิทธิภาพเพิ่มมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังสามารถป้องกันการเสียหายที่เกิดจากการประจุแบบเตอร์ที่มีแรงดันไฟฟ้าสูงเกินไปอีกด้วย [4]



รูปที่ 2.5 เครื่องควบคุมการประจุ [4]

## 2.6 Arduino MEGA2560 (R3)

บอร์ด Arduino Mega 2560 มีลักษณะเหมือนกับ Arduino Mega ADK ต่างกันตรงที่บนบอร์ด Arduino Mega 2560 ไม่มี USB Host มาให้ การเขียนโปรแกรมยังต้องทำผ่านโปรโตคอล Universal Asynchronous Receiver Transmitter (UART) บอร์ดใช้ชิปไอซีไมโครคอนโทรเลอร์เบอร์ ATmega2560 เป็นบอร์ด Arduino ที่ออกแบบมาสำหรับงานที่ต้องใช้ I/O มากกว่า Arduino Uno R3 เช่น งานที่ต้องการรับสัญญาณจาก Sensor หรือควบคุมมอเตอร์หลาย ๆ ตัว ทำให้ Pin I/O ของบอร์ด Arduino Uno R3 ไม่สามารถรองรับได้ ทั้งนี้บอร์ด Mega 2560 R3 ยังมีหน่วยความจำแบบ Flash มากกว่า Arduino Uno R3 ทำให้สามารถเขียนโค้ดโปรแกรมเข้าไปได้มากกว่า ในความเร็วของ MCU ที่เท่ากัน [5]

UART หมายถึงอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับ และส่งข้อมูลแบบอะシンโครนัส (Asynchronous) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการสื่อสารอนุกรมแบบ Asynchronous

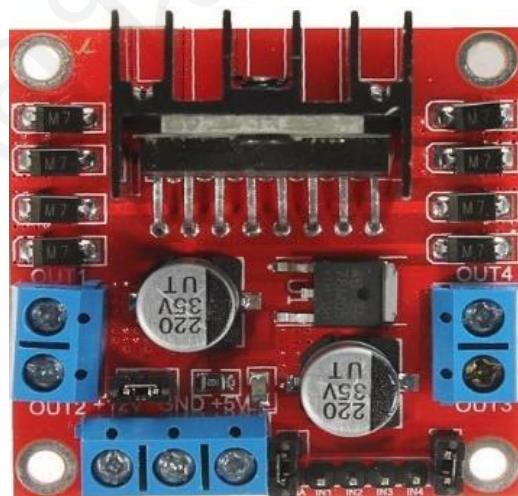


รูปที่ 2.6 บอร์ด Arduino MEGA2560 (R3) [5]

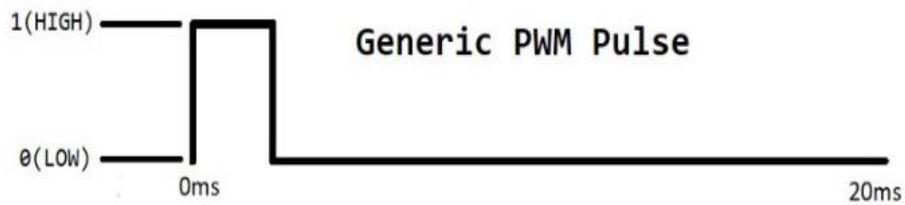
Arduino คือ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สำเร็จรูปที่รวมเอาตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ และ อุปกรณ์อื่น ๆ ที่จำเป็นมารวมไว้ในบอร์ดเดียวกัน และยังเปิดเผยข้อมูลทุกอย่าง ไม่ว่าจะเป็นลายวงจร ตัวอย่างโปรแกรม ทำให้สามารถนำไปพัฒนาต่อได้ง่าย

## 2.7 H-Bridge Motor Driver [9]

โมดูลที่ใช้ในการควบคุมความเร็ว และทิศทางของมอเตอร์ สามารถขับดีซีมอเตอร์ได้ 2 ตัว พลร่วมกัน และยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับプロジェクトที่ใช้ดีซีมอเตอร์ได้อีกด้วย ส่วนความเร็วของ มอเตอร์นั้นจะถูกควบคุมด้วยสัญญาณ Pulse Width Modulation (PWM) [6]



รูปที่ 2.7 Motor driver module L298N [6]



รูปที่ 2.8 สัญญาณเปิด (HIGH) และปิด (LOW)

PWM เป็นเทคนิคที่ทำให้สามารถอ่าน เขียนข้อมูลแบบ Analog ด้วยสัญญาณ Digital ได้โดยตัวควบคุมการสร้างสัญญาณดิจิตอลจะสร้างสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมອอกมา โดยสัญญาณที่สร้างออกมานั้นจะสลับกันระหว่าง เปิด (HIGH) กับ ปิด (LOW) รูปแบบสัญญาณเปิด-ปิดนี้สามารถจำลองเป็นแรงดันไฟฟ้าระหว่าง เปิด 5 โวลต์ กับ ปิด 0 โวลต์

## 2.8 DC Gear Box Motor

มอเตอร์ไฟฟ้าที่ถูกผลิตขึ้นมาใช้งานแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC motor) เป็นมอเตอร์ที่ใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC source) เป็นมอเตอร์แบบเบื้องต้นที่ถูกผลิตมาใช้งาน และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC motor) เป็นมอเตอร์ที่ใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ (AC source) มอเตอร์ชนิดนี้ถูกพัฒนามาจากมอเตอร์กระแสตรง เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างกว้างขวางมากขึ้น

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงประกอบด้วย แม่เหล็กถาวร 2 ชิ้นวางอยู่ระหว่างชุดลวดตัวนำ ชุดลวดตัวนำจะได้รับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงป้อนให้ในการทำงาน ทำให้เกิดอำนาจด้วยแม่เหล็ก 2 ชุด มีข้อแม่เหล็กเหมือนกันวางใกล้กันเกิดแรงผลักดันทำให้ชุดลวดตัวนำหมุนเคลื่อนที่ได้ ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลในรูปแบบของการหมุนเคลื่อนที่ โดยการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าด้วยส่วนที่หมุนได้พันด้วยชุดลวดมอเตอร์เกียร์มีโครงสร้างที่สำคัญ คือ ส่วนแม่เหล็กถาวร และส่วนของชุดลวดตัวนำซึ่งมีโครงสร้างคล้ายกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มอเตอร์เกียร์ทำงานโดยการหมุนเคลื่อนที่ของชุดลวดตัวนำ และทิศทางการเคลื่อนที่การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า [7]



รูปที่ 2.9 DC Gear Box Motor 12V 5rpm [7]

### 2.9 ตัวต้านทานแบบ LDR (Light Dependent Resistor)

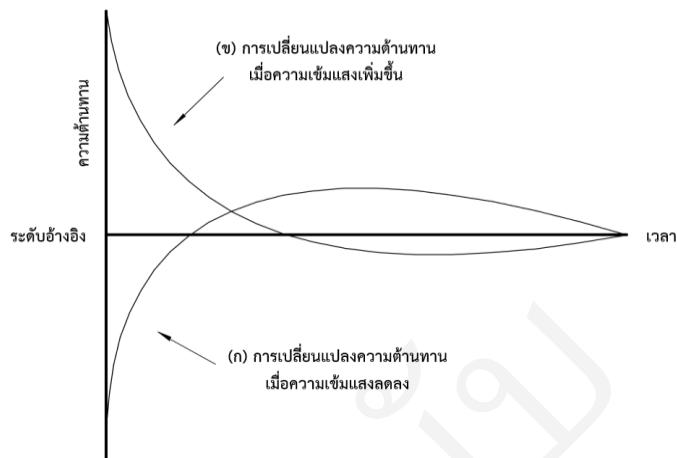
ตัวต้านทานชนิดนี้สามารถเปลี่ยนความนำไฟฟ้าได้เมื่อมีแสงมาตักกระหบไฟโตรีซิสเตอร์ (Photo resistor) หรือไฟโตคอนดัคเตอร์ (Photo conductor) เป็นตัวต้านทานที่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) ประเภทแคนเดเมียมซัลไฟด์ (Cadmium sulfide) หรือแคนเดเมียมเซเลนไนด์ (Cadmium selenide) ซึ่งทั้งสองตัวนี้ก็เป็นสารประเภทกึ่งตัวนำ เอามาฉบับลงบนแผ่นเซรามิกที่ใช้เป็นฐานรองแล้วต่อขาจากสารที่ฉบับไว้ก่อนมา [8]



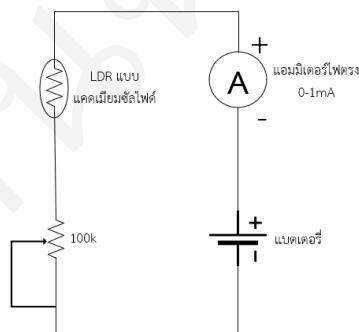
รูปที่ 2.10 LDR Sensor [8]

รูปร่างของ LDR ส่วนที่ขดเป็นแนวเล็ก ๆ สีดำ ทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานไวแสง และแนวสีดำจะแบ่งพื้นที่ของตัวมันออกเป็น 2 ข้าง สีทองนั้นเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ทำหน้าที่สัมผัสกับตัวต้านทานไวต่อแสงเป็นที่สำหรับต่อขาอุปกรณ์ภายนอก หรือเรียกว่าอิเล็กโทรด จากนั้นก็จะเป็นฐานเซรามิก และอุปกรณ์สำหรับห่อหุ้มซึ่งมีได้หลายแบบ สมบัติทางแสงการทำงานของ LDR เพราะว่าเป็นสารกึ่งตัวนำ

เวลาเมื่อแสงตกกระทบลงไปก็จะถ่ายทอดพลังงานให้กับสารที่ฉบับอยู่ทำให้เกิดไฮโลกับอิเล็กตรอนวิ่ง และการที่มีไฮโลกับอิเล็กตรอนอิสระนี้มากก็เท่ากับความต้านทานลดลง ยิ่งความเข้มของแสงที่ตกกระทบมากเท่าไรความต้านทานก็ยิ่งลดลงมากเท่านั้น



รูปที่ 2.11 ผลของการเปลี่ยนความเข้มแสงในทันทีทันใดกับ LDR [8]



รูปที่ 2.12 วงจรเครื่องวัดแสงแบบง่าย [8]

วงจรเครื่องวัดแสงแบบง่าย LDR ที่ใช้มีอัตราส่วนของค่าความต้านทานระหว่างไม่มีแสงกับมีแสงมาก ดังรูปที่ 2.12

## 2.10 บอร์ด ESP8266

ESP8266 เป็นชิ้นของชิปไอซีบనบอร์ดของโมดูล ซึ่งไอซี ESP8266 ไม่มีพื้นที่โปรแกรม (Flash memory) ในตัว ทำให้ต้องใช้อิเล็กทรอนิกส์ภายนอก (External flash memory) ในการเก็บโปรแกรม ที่ใช้การเชื่อมต่อผ่านโปรโตคอล SPI ซึ่งสามารถอ่านเข้ามาในโมดูล ESP8266 มีพื้นที่โปรแกรมมากกว่าไอซี ไมโครคอนโทรลเลอร์อื่น ๆ ESP8266 ทำงานที่แรงดันไฟฟ้า 3.3-3.6 โวลต์ การนำไปใช้งานร่วมกับเซ็นเซอร์อื่น ๆ ที่ใช้แรงดัน 5 โวลต์ ต้องใช้วงจรแบ่งแรงดันมาช่วย เพื่อไม่ให้โมดูลพังเสียหาย กระแสที่โมดูลใช้งานสูงสุดคือ 200mA ความถี่คริสตอล 40MHz ทำให้มีเวลาใช้งานอุปกรณ์ ที่ทำงานรวดเร็วตามความต้องการ เช่น LCD ทำให้การแสดงผลข้อมูลรวดเร็วกว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ของ Arduino

ESP8266 Node MCU คือ แพลตฟอร์มหนึ่งที่ใช้ช่วยในการสร้างโปรเจค Internet of Things (IoT) ที่ประกอบไปด้วย Development Kit และ Firmware ที่เป็น Open source สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมได้ ทำให้สามารถใช้งานได้ง่าย มาพร้อมกับโมดูล Wi-Fi (ESP8266) ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญในการใช้เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต โดยโมดูล ESP8266 นั้นมีอยู่ด้วยกันหลายรุ่น ตั้งแต่เวอร์ชันแรกที่เป็น ESP-01 จนปัจจุบันมีถึง ESP-12 และที่fangอยู่ใน Node MCU รุ่นแรกนั้นก็เป็น ESP-12 แต่ในรุ่นที่ 2 นั้นจะใช้เป็น ESP-12E แทน ซึ่งการใช้งานโดยรวมก็ไม่แตกต่างกันมาก Node MCU นั้นมีลักษณะคล้ายกับ Arduino ตรงที่มีพอร์ต Input/output built in มาในตัว [9]



รูปที่ 2.13 บอร์ด ESP8266 [9]

## 2.11 โมดูลวัดแรงดันไฟฟ้า (Voltage Sensor Module)

โมดูลวัดแรงดันไฟฟ้า 0-24 โวลต์ สัญญาณที่ออกจากโมดูลนี้เป็นสัญญาณอนาล็อก สามารถนำไปต่อกับขา Analog to Digital Converter (ADC) ของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ทันที เช่น Arduino UNO, Arduino Mega เป็นต้น และมีวงจรขยายสัญญาณสามารถปรับขนาดแอลจูดของสัญญาณ เอาท์พุตได้ จากการปรับตัวต้านทานปรับค่าบนบอร์ด [10]



รูปที่ 2.14 โมดูลวัดแรงดันไฟฟ้า [10]

โมดูลนี้ใช้หลักการวัดแรงดันไฟฟ้าทางขาอนาล็อกของ Arduino ที่สามารถอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าที่ 0-5 โวลต์ออกมาเป็นค่าดิจิตอล 0-1023 โมดูลนี้ใช้วงจรแบ่งแรงดันทำให้สามารถวัดไฟได้สูงสุดถึง 24.9 โวลต์ โดยใช้ไฟเลี้ยงที่ 5 โวลต์ ถ้าบอร์ด Arduino ใช้ไฟเลี้ยงที่ 3.3 โวลต์จะวัดไฟได้สูงสุดที่ 16.5 โวลต์

## 2.12 ตัวต้านทานปรับค่าได้ (Variable resistor)

ตัวต้านทานชนิดเปลี่ยนแปรค่าได้จะต่างจากตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ตรงที่สามารถเปลี่ยนแปรค่าความต้านทานได้ง่าย และรวดเร็วกว่า สามารถลดเพิ่มค่าความต้านทานได้โดยการหมุนแกนหรือเลื่อนแกนวีโครงสว้างประกอบไปด้วยแบบคาร์บอนความต้านทานเคลือบบนแผ่นอนวนเป็นรูปทรงเกือกม้า มีขั้วโลหะที่ปลายทั้งสองข้างตรงกลางมีแท่งโลหะเป็นแกนหมุนต่อแกนโลหะสัมผัสกับแกนความต้านทานเป็นขาที่สามหรือขากลางให้หมุนเลื่อนไปมาได้ตั้งแต่ประมาณ 0 ถึง 360 องศา ความต้านทานระหว่างขา rim ถึงขากลาง สามารถปรับเลือกค่าได้ตั้งแต่ประมาณ 0 โอห์มถึงค่าสูงสุดของตัวมัน มีทั้งปรับด้วยไขควง และปรับหมุนได้ด้วยมือแบบแบบคาร์บอน ซึ่งมีความต้านทานตั้ง 10 โอห์ม ถึง 1 เมกะโอห์ม ทนกำลังไฟฟ้าได้ไม่เกิน 1 ถึง 2 วัตต์ แต่ถ้าทนกำลังไฟฟ้าสูง ๆ จะเป็นแบบเส้นลวดพันรอบ โดยแบบความต้านทานจะใช้ลวดความต้านทานพันรอบแกนเกือกม้า ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายกันแต่ขนาดใหญ่กว่า มีค่าความต้านทานต่ำแต่ทนกำลังไฟฟ้าได้สูง [11]

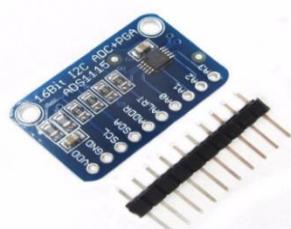


รูปที่ 2.15 Variable Resistor (VR) 10K [11]

ตัวต้านทานปรับค่าได้ เป็นตัวต้านทานสามขั้ว ที่มีจุดแยกที่ปรับได้อย่างต่อเนื่อง ควบคุมโดย การหมุนของแกนหรือลูกบิด เมื่อทั้งสามขั้วทำหน้าที่เป็นตัวแบ่งแรงดันที่ปรับได้ตัวอย่างที่พบบ่อยคือ ปุ่มปรับระดับเสียงของเครื่องรับวิทยุ โดยตัวต้านทานคืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่เอาไว้ใช้จำกัดกระแสในวงจร ไม่ให้มากจนเกินไป หรือเรียกได้ว่าเป็นตัวแบ่งเบาแรงดันก็ได้ เนื่องจากเมื่อมีการต่อตัวต้านทานไปใน วงจร ตัวต้านทานก็จะทำหน้าที่รับแรงดันส่วนหนึ่งมาตกคร่อมที่ตัวมัน ทำให้แรงดันที่ไปตกคร่อม อุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ เหลือน้อยลง กระแสไฟฟ้าก็จะน้อยลงด้วยนั้นเอง

### 2.13 ADS1115

ADS1115 เป็นโมดูลแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลความละเอียด 16-bit สั้งงานผ่านบัส I2C เปลี่ยนแผลดเรสเชื่อมต่อกันได้สูงสุด 4 โมดูลในบัสเดียว กำหนดให้ทำงานแยกเป็น 4 ช่องแบบ Single-Ended Input หรือเป็น 2 ช่องแบบ Differential Input ได้ นอกจากนี้ยังปรับอัตราการขยายได้สูงสุดถึง 16 เท่า เพื่อรับสัญญาณขนาดเล็กให้ทำงานได้ละเอียดมากขึ้น รองรับแรงดันตั้งแต่ 2 ถึง 5 โวลต์ หากำารสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ไม่มี Analog to Digital Converter (ADC) เช่น Raspberry Pi หรือต้องการ ADC ความละเอียดสูงขึ้น (Arduino 10-bit ADC) สามารถวัดสัญญาณขนาดใหญ่และใช้งานง่าย [12]



รูปที่ 2.16 ADS 1115 [12]

บทที่ 3  
วิธีการดำเนินงาน

บพนี้นำเสนองานออกแบบสร้างเครื่องควบคุมแพงโซล่าเซลล์แบบอยู่กับที่และเครื่องควบคุมแพงโซล่าเซลล์หมุนตามความเข้มแสงแบบ 2 แกน แสดงแผนงานการดำเนินงานของโครงงาน และแผนการดำเนินงานที่ทำได้จริงซึ่งมีความคลาดเคลื่อนไปจากแผนการดำเนินงานที่วางแผนเอาไว้เล็กน้อย

### 3.1 แผนการดำเนินงาน

การทำโครงการมีแผนการดำเนินงานตามตารางที่ 3.1 แสดงแผนงานการดำเนินงานของโครงการ และแผนการดำเนินงานที่ทำได้จริงซึ่งมีความคลาดเคลื่อนไปจากแผนการดำเนินงานที่วางแผนเอาไว้เล็กน้อย

### ตารางที่ 3.1 แผนดำเนินงานโครงการ

ตารางที่ 3.1 แผนดำเนินงานโครงการ (ต่อ)

ลำดับ	กิจกรรม	มิถุนายน				กรกฎาคม				สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
6	เขียนโปรแกรมเบรียบ เทียบอัตราการประจุ									- - - -											
7	ทดลองการทำงาน และ ปรับปรุง									- - - -											
8	จัดทำรายงานฉบับ <sup>b</sup> สมบูรณ์									- - - -											

----- แสดงแผนการดำเนินงาน

———— แสดงการดำเนินงานจริง

### 3.2 การออกแบบ

ปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันแล้วว่าการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ผลิตไฟฟ้าเป็นทางออกที่เหมาะสมที่สุดของประเทศไทยเมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานหมุนเวียนประเภทอื่น ๆ และท่ามกลางความต้องการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าในปริมาณมาก ๆ อย่างเช่น โรงงานอุตสาหกรรม ห้างสรรพสินค้า โรงแรม รีสอร์ท ฯลฯ การเลือกใช้แผงโซล่าเซลล์ประสิทธิภาพสูงอย่างเดียวจึงไม่เพียงพอ

ปัจจุบันการติดตั้งแผงรับพลังงานโซล่าเซลล์ที่พบส่วนใหญ่ มักจะเป็นการติดตั้งแบบเอียงองศาเพื่อหันไปทางทิศใต้ โดยดวงอาทิตย์จะเคลื่อนที่จากทิศตะวันออกไปทางทิศตะวันตกโดยเคลื่อนที่อ้อมทิศใต้ โดยแผงรับพลังงานโซล่าเซลล์ควรมีความลาดเอียงประมาณ 15-20 องศากับพื้นดิน เพื่อทำให้แสงอาทิตย์ตกรอบกับการตั้งฉากกับแผงพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเที่ยงวันให้มากที่สุด ซึ่งการจะทำให้ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เต็มประสิทธิภาพนั้น การทำให้แผงรับพลังงานโซล่าเซลล์สามารถเคลื่อนที่ตามตำแหน่งดวงอาทิตย์นั้นจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งเพื่อให้แผงโซล่าเซลล์นั้นผลิตพลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### 3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

โครงสร้างของแพงโซล่าเซลล์แบบอยู่กับที่ และโครงสร้างของแพงโซล่าเซลล์แบบหมุนตามความเข้มแสงอาทิตย์ทั้งสองแบบทำการออกแบบ และดำเนินการจัดทำขึ้นจากวัสดุที่เป็นโลหะประเภทเหล็ก ทั้งนี้เพื่อให้โครงสร้างมีความแข็งแรง และคงทนโดยได้แสดงรายละเอียดต่าง ๆ ของโครงสร้าง และการวางแผนทั้งหมดของกรรมการดำเนินงานออกแบบโครงสร้างของแพงโซล่าเซลล์แบบอยู่กับที่

การทำงานของระบบปรับพลังงานแสงอาทิตย์จะแบ่งการทำงานเป็น 2 ส่วนได้แก่ การทำงานด้าน Hardware และการทำงานด้าน Software

#### 3.3.1 การทำงานด้านฮาร์ดแวร์ ประกอบไปด้วย

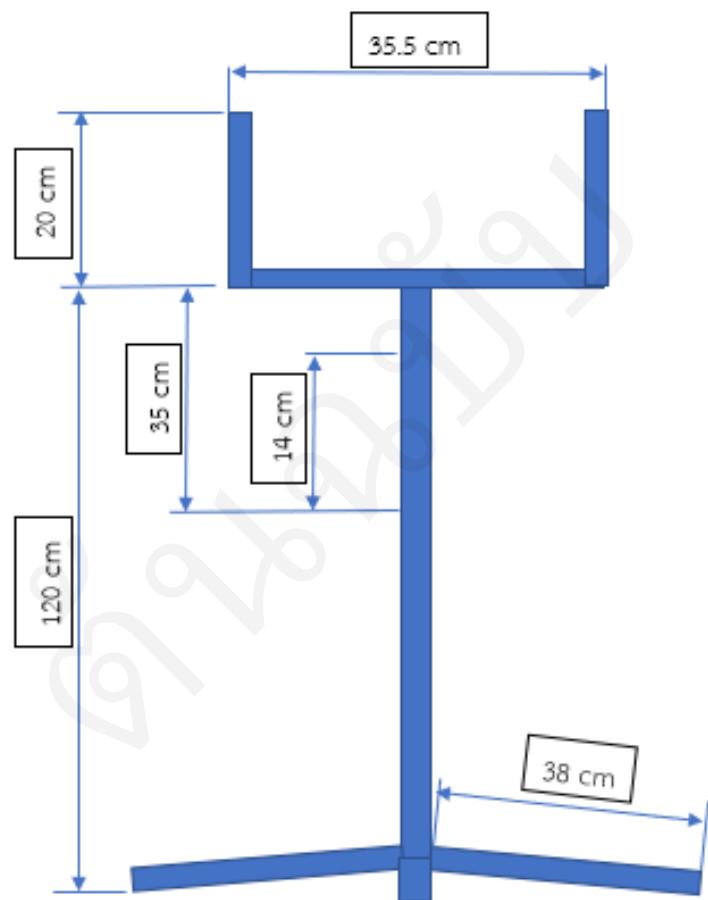
- 1) บอร์ด Arduino MEGA2560 (R3) เพื่อควบคุมแพงโซล่าเซลล์
- 2) เชนเซอร์วัดความเข้มของแสง LDR
- 3) โมดูลวัดแรงดัน และโมดูลวัดกระแส
- 4) ESP8266 เพื่อใช้ในการส่งข้อมูล

#### 3.3.2 การทำงานด้านซอฟต์แวร์ และการแสดงผลประกอบไปด้วย

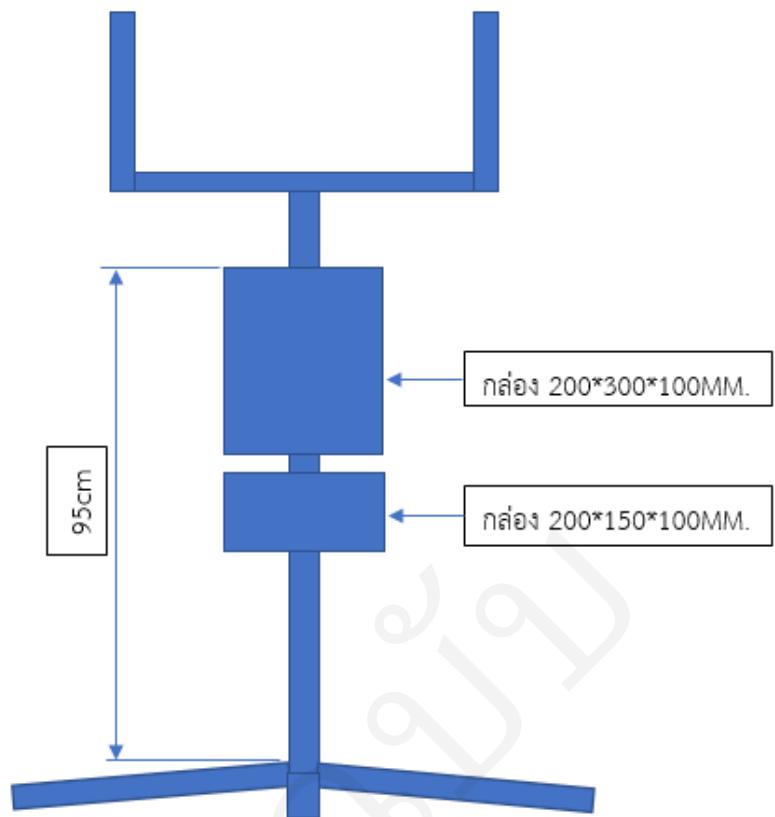
- 1) คำนวน Voltage และส่งข้อมูลไปยัง Web Application Cayenne
- 2) คำนวน Charging rate และส่งข้อมูลไปยัง Web Application Cayenne
- 3) คำนวน Battery level และส่งข้อมูลไปยัง Web Application Cayenne
- 4) คำนวนอัตราการเก็บพลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นกราฟเปรียบเทียบ และส่งข้อมูลไปยัง Web Application Cayenne

### 3.3.3 โครงสร้างแพงโซล่าเซลล์แบบอยู่กับที่

การออกแบบโครงสร้างแพงโซล่าเซลล์รับพลังงานแสงอาทิตย์จะมีการออกแบบดังรูปที่ 3.1 และกล่องอุปกรณ์จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ กล่องบนขนาด  $200 \times 300 \times 100$  (กว้างxยาวxสูง) กล่องอุปกรณ์นี้จะมีการใส่อุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าไป กล่องล่างขนาด  $200 \times 150 \times 100$  (กว้างxยาวxสูง) กล่องอุปกรณ์กล่องนี้จะเป็นกล่องที่นำแบตเตอรี่มาใส่เพื่อเก็บพลังงานที่ได้จากแพงพลังงานแสงอาทิตย์ และขาตั้งของอุปกรณ์สามารถเก็บพับได้เพื่อความสะดวกในการขนย้าย ดังรูปที่ 3.2



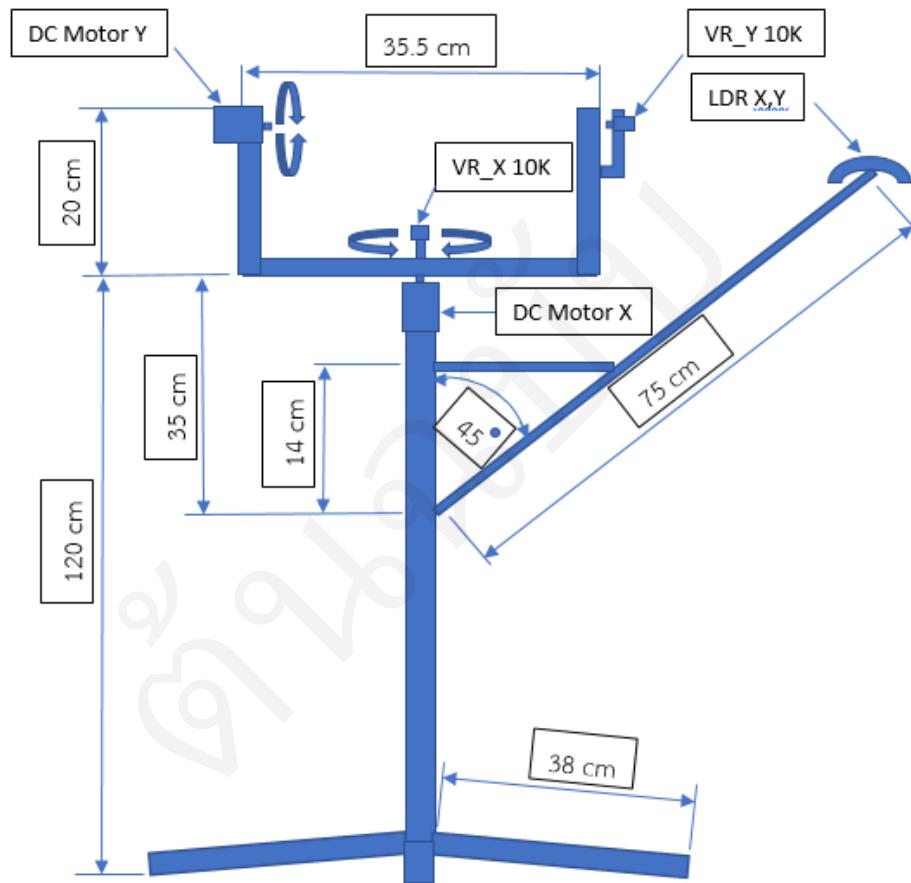
รูปที่ 3.1 โครงสร้างแพงโซล่าเซลล์แบบอยู่กับที่



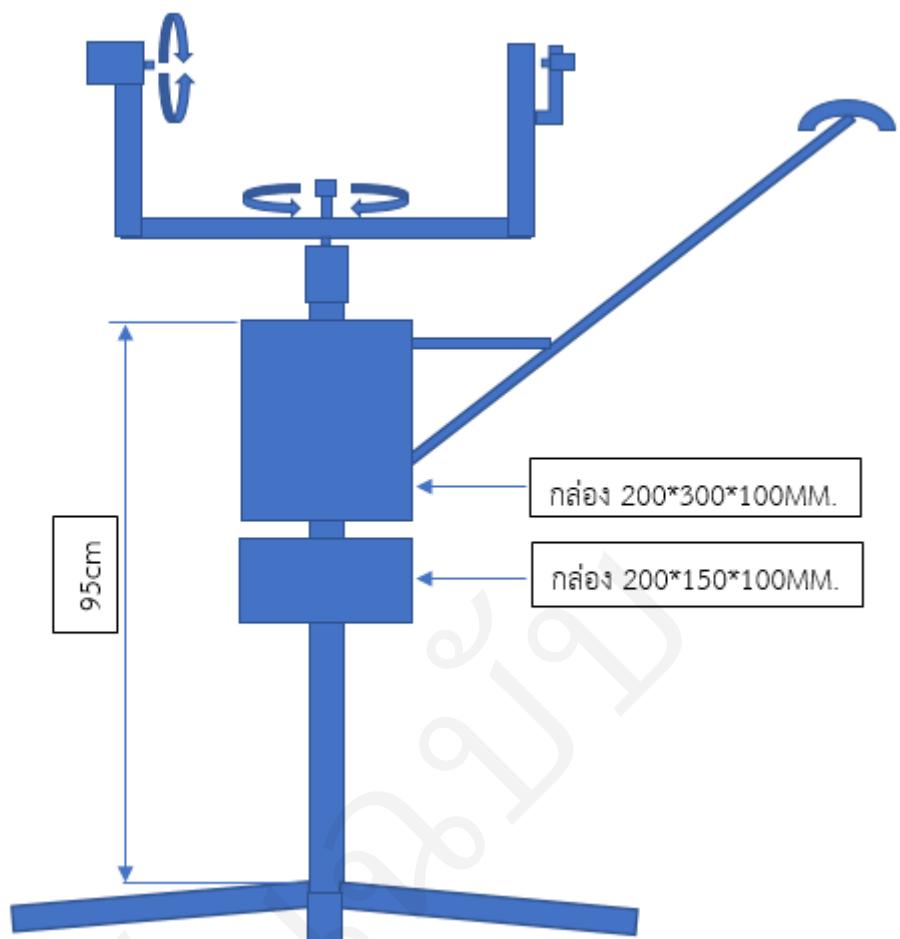
รูปที่ 3.2 ตำแหน่งการวางกล่องอุปกรณ์รับพลังงานแสงอาทิตย์แบบอยู่กับที่

### 3.3.4 โครงสร้างแพงโซล่าเซลล์แบบเคลื่อนที่ตามความเข้มแสงอาทิตย์

การออกแบบโครงสร้างแพงโซล่าเซลล์รับพลังงานแสงอาทิตย์จะมีการออกแบบดังรูปที่ 3.3 และดังรูปที่ 3.4 จะมีการออกแบบลักษณะคล้ายกับแบบอยู่กับที่ แต่ส่วนที่แตกต่างคือแบบหมุนตามความเข้มแสงอาทิตย์จะมีแกนเพื่อใช้ในการหมุน เป็นแนวแกน X และแกน Y มีแกนเพื่อใช้ในการวางเซนเซอร์ LDR ยื่นมอกด้านข้างทำมุม 45 องศา



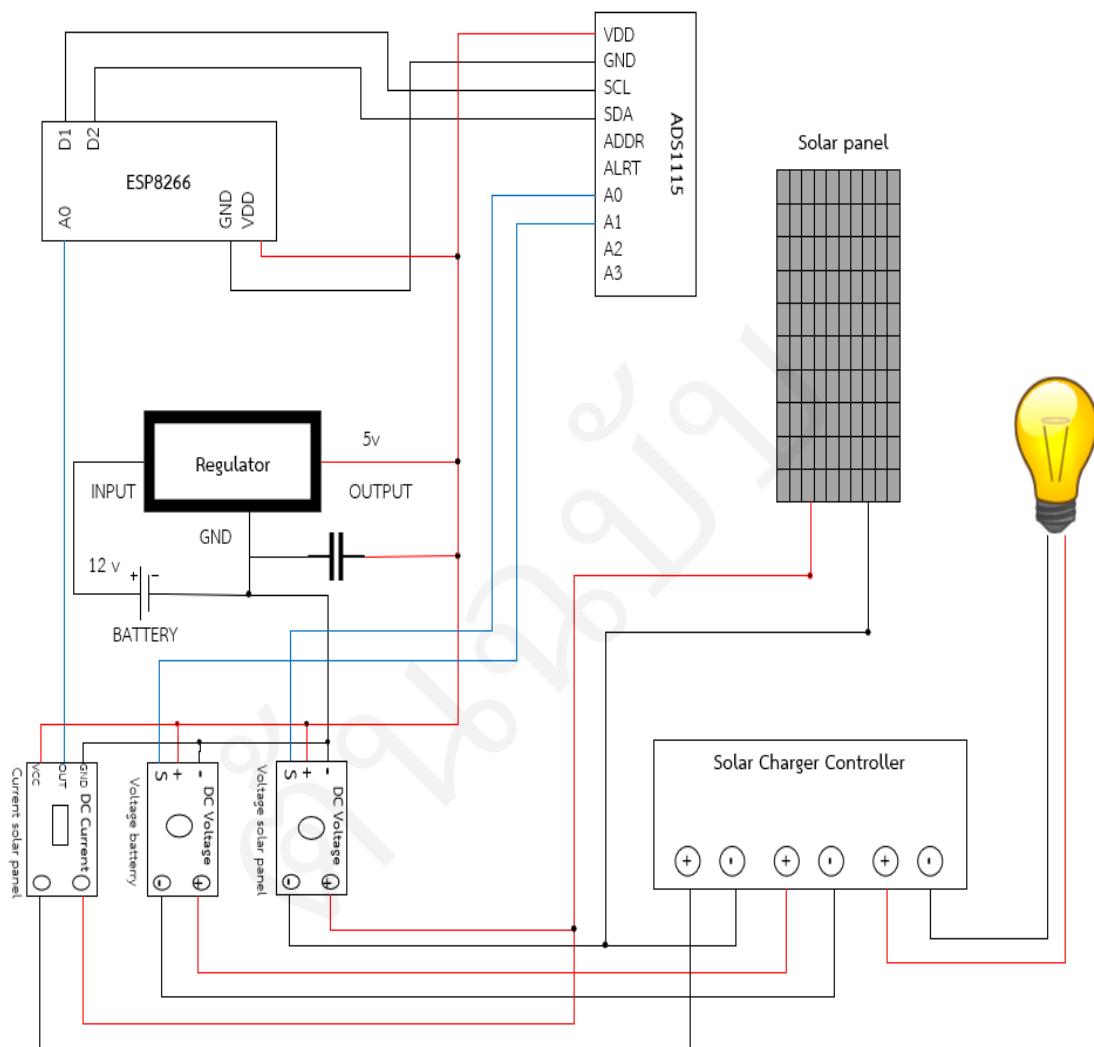
รูปที่ 3.3 โครงสร้างแพงโซล่าเซลล์แบบเคลื่อนที่ตามความเข้มแสงอาทิตย์



รูปที่ 3.4 ตำแหน่งการวางกล่องอุปกรณ์ แบบเคลื่อนที่ตามความเข้มแสงอาทิตย์

### 3.3.5 วงจร Sensor และการส่งข้อมูล

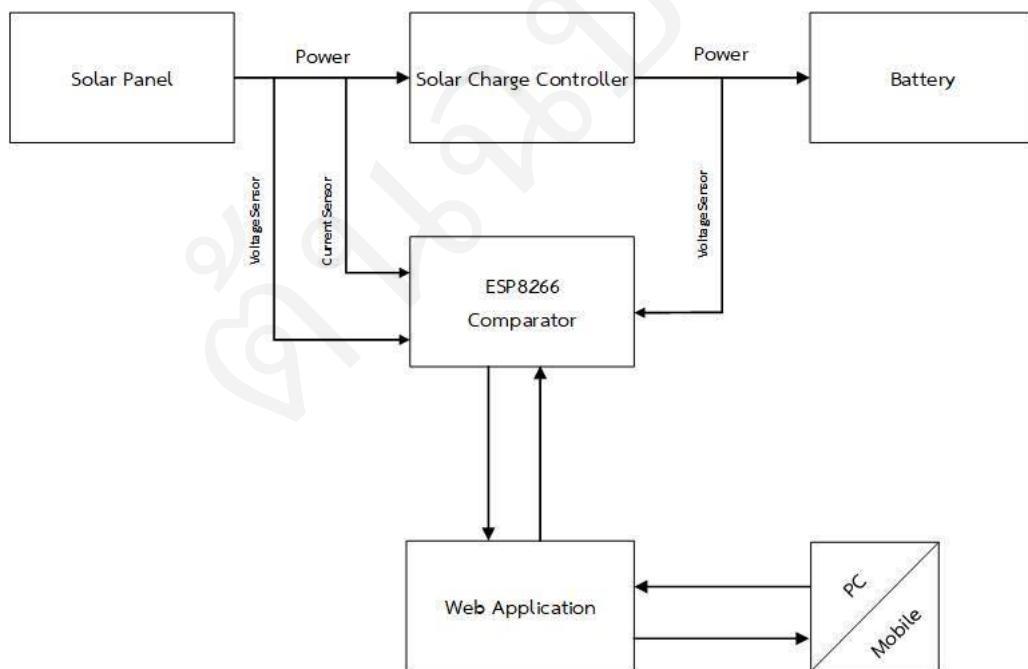
การทำงานของวงจรประกอบไปด้วย บอร์ด ESP8266 เป็นตัวประมวลผลคำนวณ Voltage, Charging rate และ Battery level จากเซนเซอร์ทั้งสามตัว ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ออกแบบวงจร Sensor และการส่งข้อมูล

### 3.3.6 บล็อกໄດອะแกรม IOT ESP8266 Wi-Fi Module

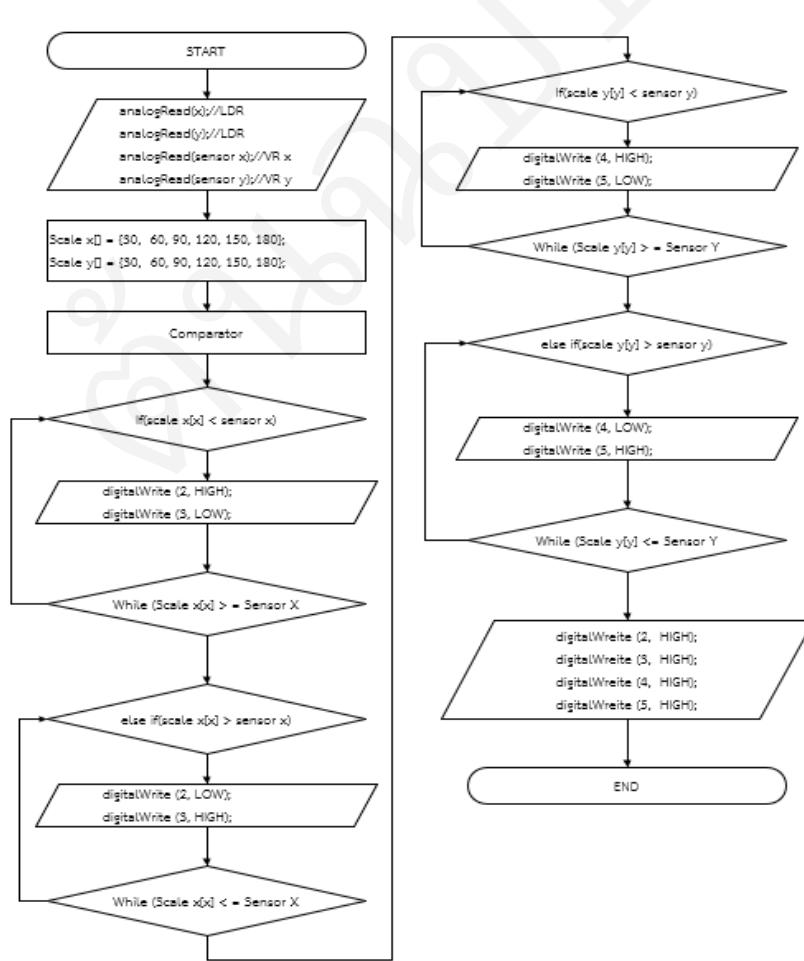
การทำงานโดยรวมของอุปกรณ์รับพลังงานแสงอาทิตย์ มีหลักการคือ โซล่าเซลล์จะเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ไปเป็นพลังงานไฟฟ้า และส่งไปที่เครื่องควบคุมการประจุเพื่อส่งพลังงานที่ได้ไปที่แบตเตอรี่ โดยเมื่อแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากระทบกับสารกึ่งตัวนำจะเกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างกัน แต่ในการทดลองในครั้งนี้จะมีการแสดงข้อมูล อัตราการประจุไปทางเว็บแอปพลิเคชันคือระหว่างที่แรงรับพลังงานส่งพลังงานไปที่เครื่องควบคุมการประจุ จะนำเซนเซอร์มาตรวจสอบพลังงานที่ได้รับ และระหว่างที่เครื่องควบคุมประจุส่งพลังงานไปยังแบตเตอรี่มีการตรวจจับการประจุไปยังแบตเตอรี่ว่าสามารถประจุพลังงานไปได้เท่าใด โดยเซนเซอร์จะทำการส่งข้อมูลไปยังบอร์ด ESP8266 เพื่อให้บอร์ด ESP8266 ส่งข้อมูลไปยังเว็บแอปพลิเคชัน โดยสามารถตรวจสอบการประจุได้บนคอมพิวเตอร์โดยตรวจสอบดูได้ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ และบนสมาร์ทโฟนสามารถตรวจสอบดูได้ผ่านแอปพลิเคชัน Cayenne สามารถดูได้ทั้งระบบปฏิบัติการ iPhone OS และ Android ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 การทำงานโดยรวมของบอร์ด ESP8266

### 3.3.7 Flowchart solar tracking system

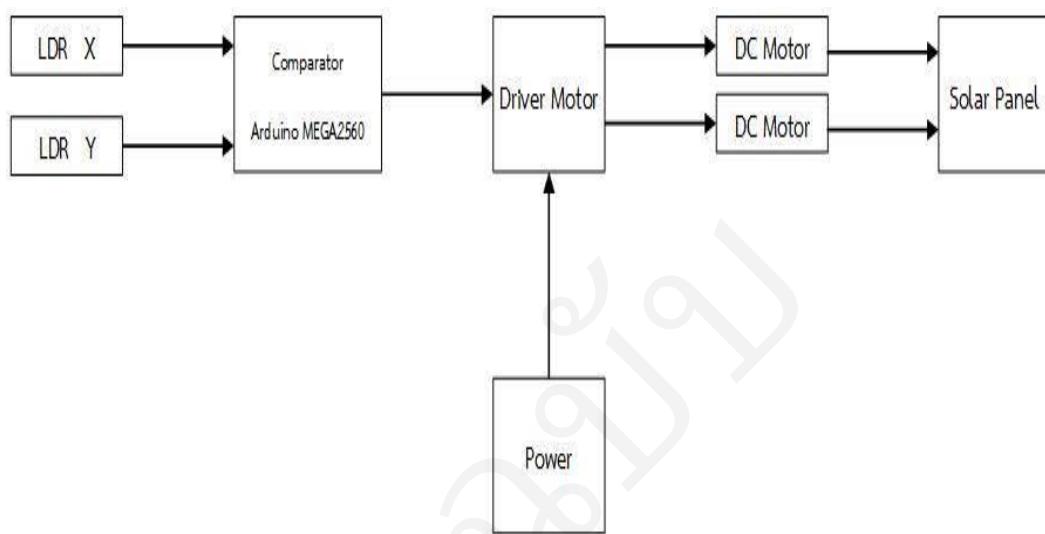
เริ่มต้นการทำงานโปรแกรม บอร์ด Arduino Mega2560 จะทำการอ่านค่าเซนเซอร์ LDR แกน X และแกน Y เป็น Array ตามตำแหน่งของ LDR ในแต่ละแกนเพื่อนำมาคำนวณหาค่าความเข้มแสงที่ต่อกräะทับกับเซนเซอร์ LDR ทั้งแกน X และ Y เมื่อมีค่าความเข้มแสงมาก ค่าความต้านทานจะน้อยลงที่ตำแหน่ง LDR ตัวนั้น ๆ เช่น แกน X ตำแหน่ง LDR ตัวที่ 2 และแกน Y ตำแหน่ง LDR ตัวที่ 2 ได้รับความเข้มแสงมากที่สุด ดังนั้น  $X = 2, Y = 2$  และตำแหน่ง  $\text{sensor\_x} = 60, \text{sensor\_y} = 60$  เนื่องจากว่า  $\text{scale\_x}[2] > \text{sensor\_x}$  หรือเท่ากับ 90 องศา และเมื่อเกิดเงื่อนไขในลำดับต่อมาคือ ถ้า  $\text{scale\_y}[2] > \text{sensor\_y}$  จะสั่งให้มอเตอร์แกน Y หมุนจนกว่า  $\text{scale\_y}[2] \leq \text{sensor\_y}$  หรือเท่ากับ 90 องศา จากนั้นจะสั่งให้มอเตอร์ทั้ง 2 แกนหมุนทันที จนกว่าค่าความเข้มแสงจะย้ายตำแหน่งไปยัง LDR ตัวอื่น ๆ จบการทำงาน ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 Flowchart การทำงานของโปรแกรมควบคุมมอเตอร์

### 3.3.8 บล็อกไดอะแกรม Solar Tracking

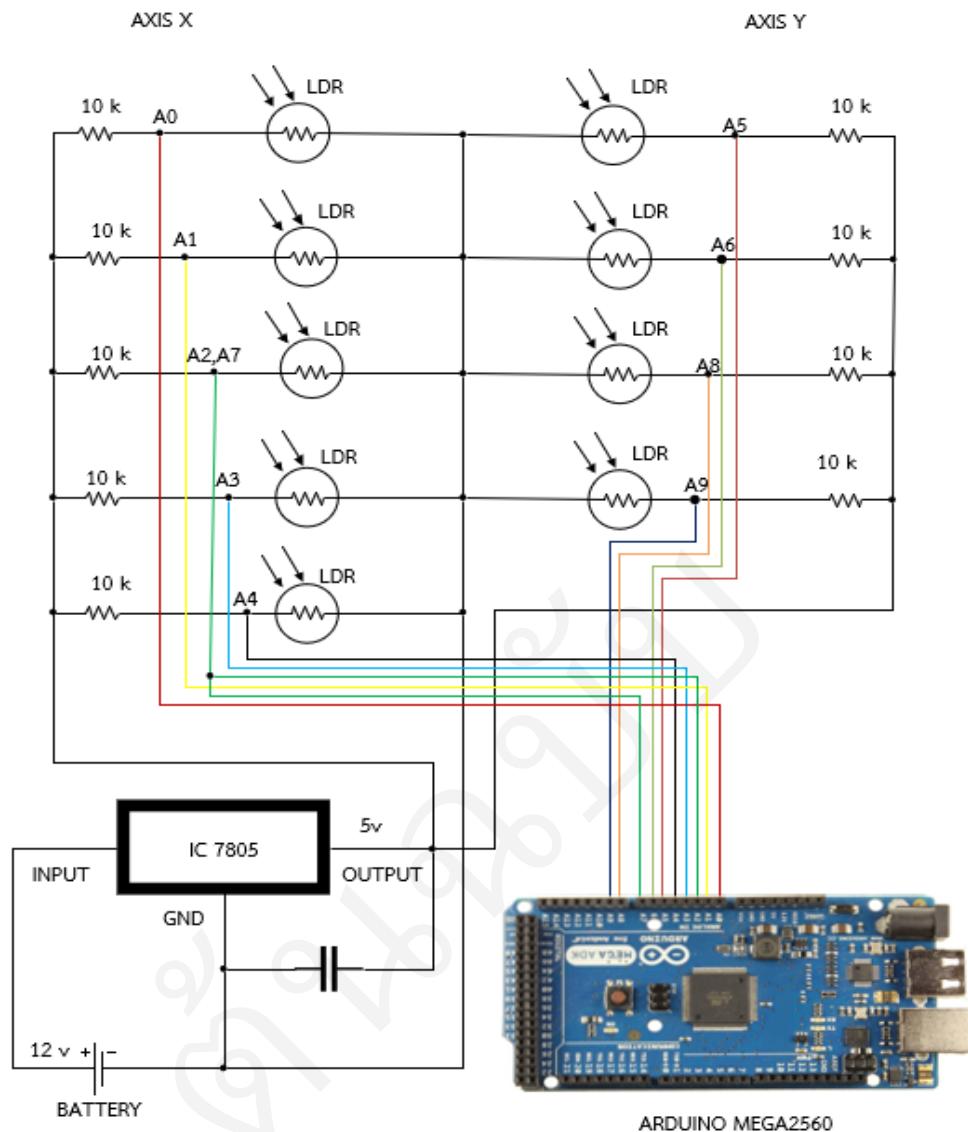
เซนเซอร์ LDR แกน X และแกน Y จะรับความเข้มแสงแล้วเปลี่ยนเป็นค่าความต้านทานให้บอร์ด Arduino Mega2560 ประมวลผลหาค่าความต้านทาน LDR แกน X และแกน Y ที่น้อยสุดแสดงว่ามีค่าความเข้มแสงมากที่สุด และสั่งให้บอร์ดควบคุมมอเตอร์ ให้มอเตอร์ในแกน X และแกน Y หมุนแผลงโซล่าเซลล์ไปทางความเข้มแสงมากที่สุด ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 บล็อกไดอะแกรม Solar Tracking

### 3.3.9 ออกแบบวงจรการเชื่อมต่อของเซนเซอร์ LDR

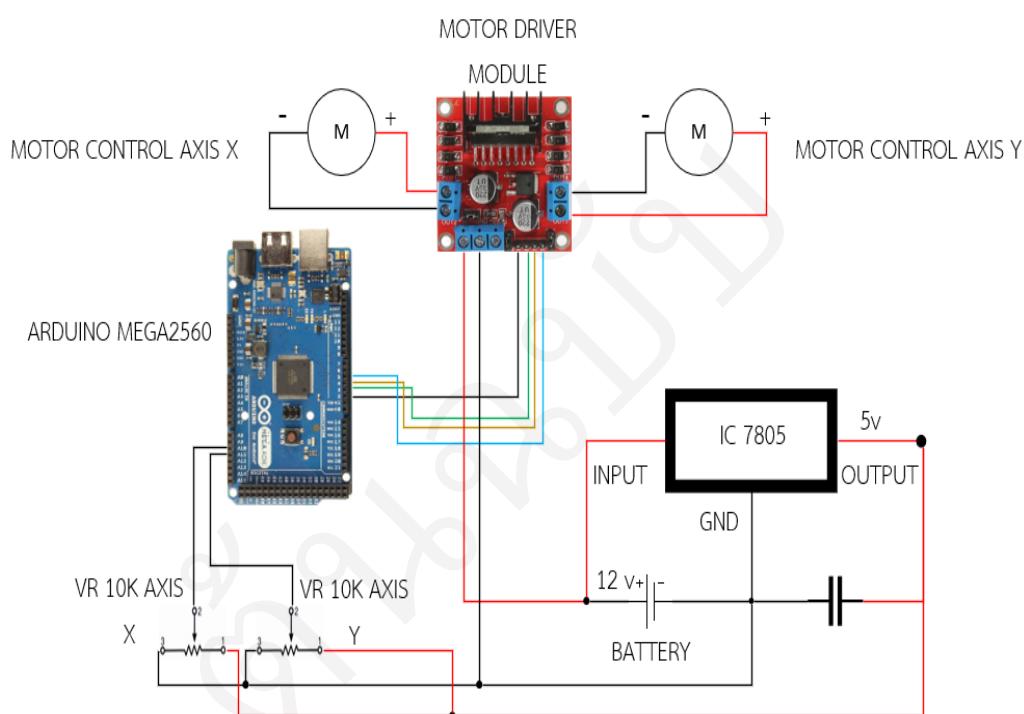
การออกแบบวงจรเซ็นเซอร์ LDR มีหลักการทำงานคือ ในสภาวะที่มีแสงตกกระทบแหล่งดีอาร์ จะทำให้ตัวแหล่งดีอาร์มีค่าความต้านทานต่ำ จึงทำให้แรงดันที่ตกลงร่วม Resistor น้อยตามไปด้วย ดังนั้นจึงนำแรงดันที่ตกลงร่วม Resistor แต่ละตัวมาคำนวณด้วย Arduino Mega2560 เป็นตัวประมวลผลสั่งให้มอเตอร์แกน X และแกน Y หมุนไปตามแรงดันที่ตกลงร่วม Resistor ที่น้อยสุดในแกน X และแกน Y ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ออกแบบวงจร Sensor LDR

### 3.3.10 ออกแบบวงจรควบคุมการทำงานการหมุนของมอเตอร์

การออกแบบวงจรควบคุมมอเตอร์ จะมีการความคุ้มการทำงานด้วย Arduino Mega2560 ประมวลผลสั่งการทำงานของมอเตอร์ในแกน X และแกน Y เป็นสัญญาณ Digital โดย สัญญาณที่ออกมานี้จะสลับกันระหว่าง เปิด (HIGH) กับ ปิด (LOW) และมี Variable Resistor (VR) ควบคุมองค์การหมุนของมอเตอร์ในแกน X และแกน Y ขณะที่มอเตอร์หมุน VR ก็จะหมุนตามไป ด้วย เพื่อไม่ให้มอเตอร์หมุนหลุดองศาที่กำหนดไว้ ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ออกแบบวงจรควบคุมดีซีมอเตอร์

### 3.4 การออกแบบการแสดงผลของเว็บแอปพลิเคชัน

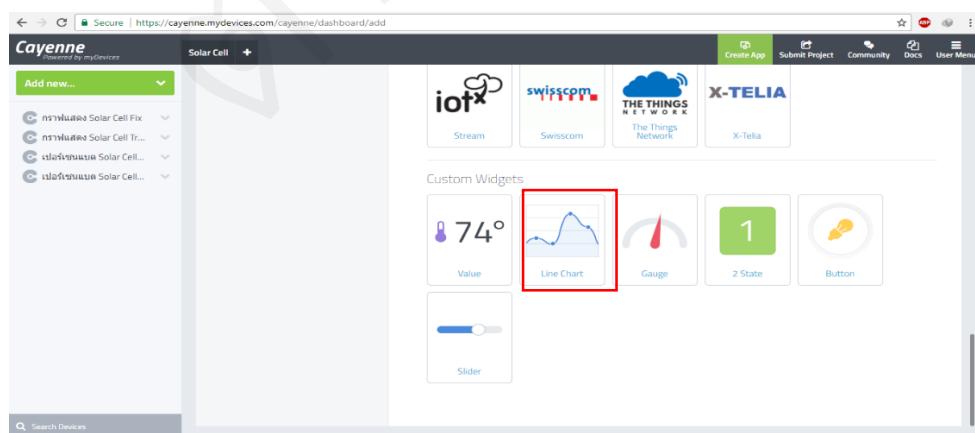
3.4.1 การเข้าใช้งานและการทดสอบเว็บแอปพลิเคชันสำหรับเข้าจัดการการแสดงผลของโซล่าเซลล์การตั้งค่าการทำงานระบบปฏิบัติการ Windows หลังจากการลงทะเบียนใช้งานเสร็จสิ้น จะเป็นการตั้งค่าอุปกรณ์เพื่อที่จะให้โปรแกรมที่สร้างแสดงผลตามที่ต้องการ โดยมีขั้นตอนดังนี้

- 1) คลิก Add new > Device/Widget



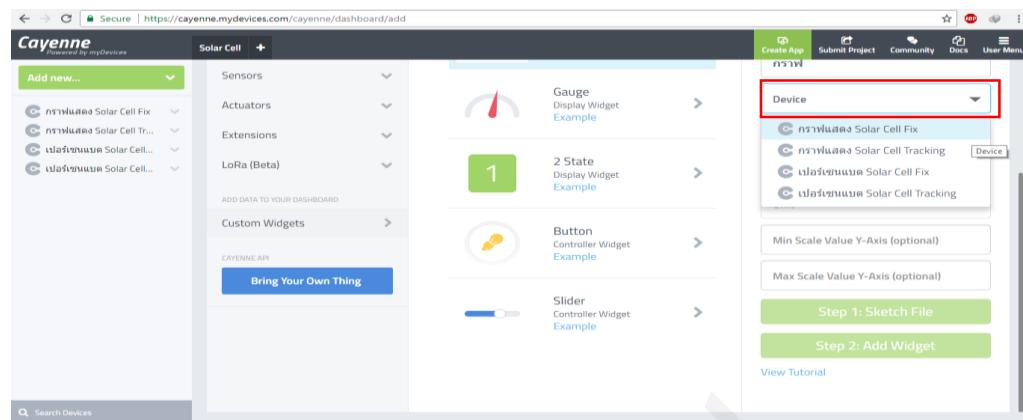
รูปที่ 3.11 เลือก Device

- 2) คลิกเลือก Line Chart เพื่อที่จะแสดงข้อมูลที่วัดได้จากเซนเซอร์ เป็นกราฟ



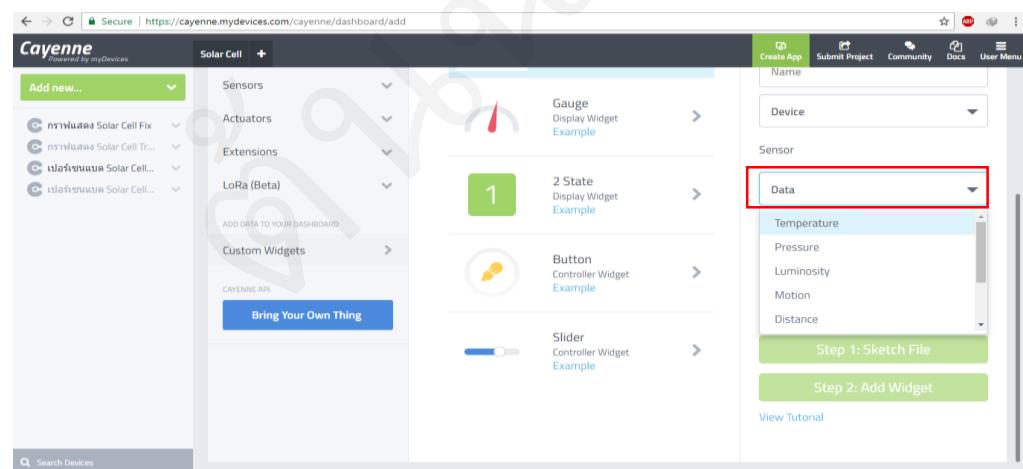
รูปที่ 3.12 เลือกข้อมูลการแสดงผล

3) ตั้งชื่อกราฟที่ต้องการและเลือก Device ที่สร้างได้จากการเชื่อมต่อกับบอร์ด MCU8266



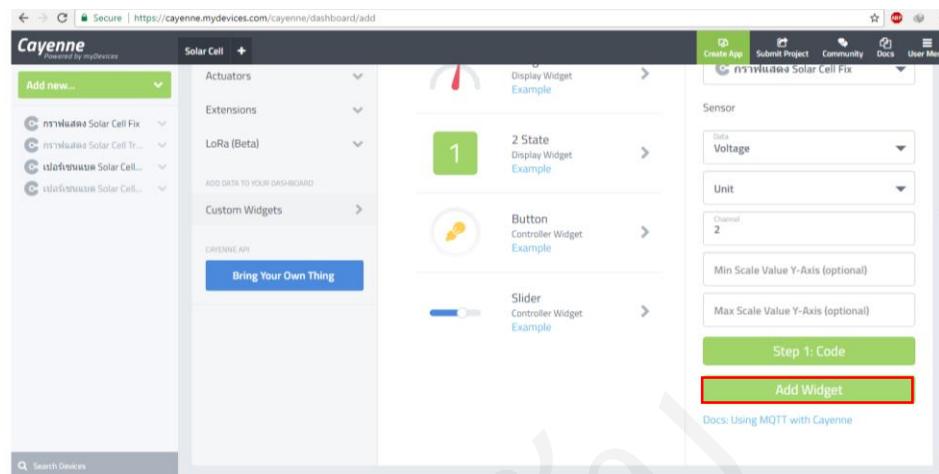
รูปที่ 3.13 Device ที่ต้องการเชื่อมต่อ

4) เลือกข้อมูลที่ต้องการ



รูปที่ 3.14 การตั้งค่า Data Sensor

5) เลือก Unit หรือหน่วยของข้อมูลที่จะแสดงใส่ค่า Channel ที่ต้องการแสดงแล้วคลิกที่ Add Widget ให้ข้อมูลที่ตั้งค่าไว้ออกมาแสดง



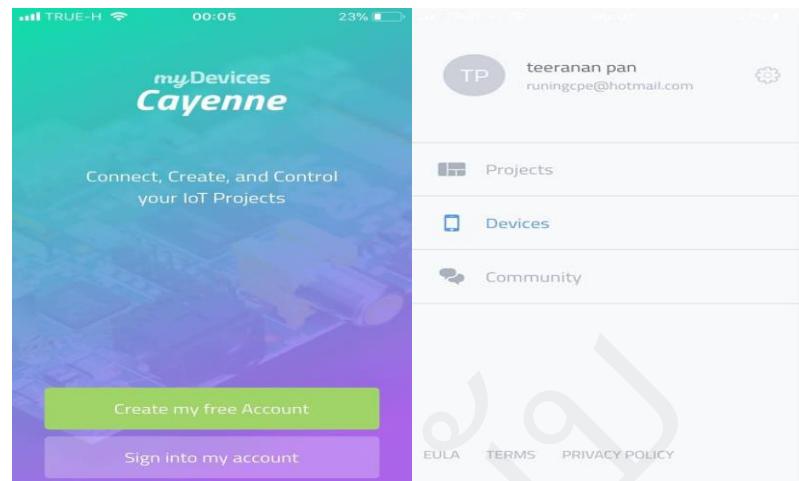
รูปที่ 3.15 การตั้งค่าหน่วยวัดของ Sensor

6) คลิกที่เครื่องหมายเพิ่ง เพื่อที่จะตั้งค่าเพิ่มเติม กรณ์ที่ข้อมูลไม่แสดงตามที่ต้องการ



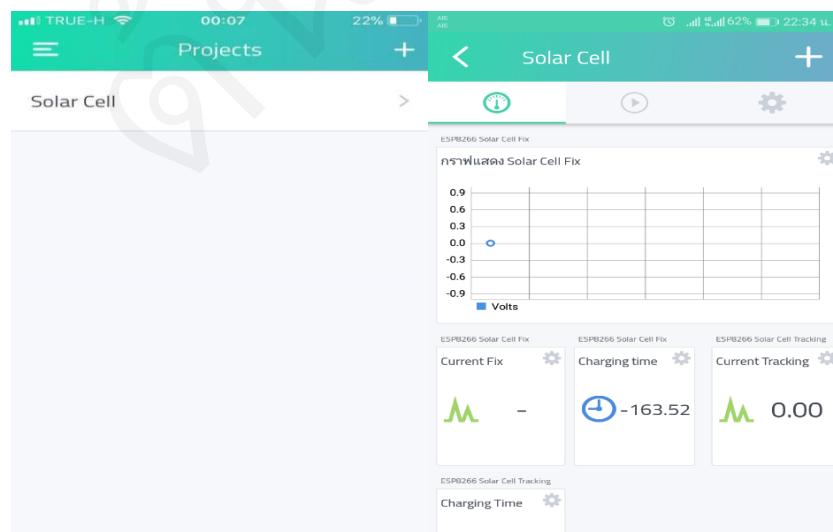
รูปที่ 3.16 การแสดงผลของกราฟ

3.4.2 การตั้งค่าการทำงานระบบปฏิบัติการ เพื่อความสะดวกในการใช้งาน และตัวอุปกรณ์สามารถใช้ได้ทั้งในระบบ iPhone OS และ Android เพียงแค่ดาวน์โหลดแอปพลิเคชันที่มีชื่อว่า Cayenne เมื่อดownloadแล้วจะสามารถเข้าดูการทำงานต่าง ๆ ที่ตั้งค่าไว้



รูปที่ 3.17 หน้าจอการเข้าใช้งานผ่านแอปพลิเคชัน Cayenne

### 1) หน้าเมนูการเข้าใช้งานบนโทรศัพท์



รูปที่ 3.18 หน้าเมนูเข้าใช้งาน

### 3.5 การเก็บบันทึกข้อมูล

การเก็บข้อมูล Database ของแพร์เซนต์เพลจางงานของแสงอาทิตย์แบบอยู่กับที่ และการเก็บข้อมูล แพร์เซนต์เพลจางงานของแสงอาทิตย์แบบหมุนตามความเข้มแสงมีการเก็บค่าเหมือนกันทั้ง 2 แบบ โดยการ เก็บค่าดังกล่าวมีดังต่อไปนี้ ดังรูปที่ 3.19

sola_fix	sola_tacking
<b>Timestamp:</b> timestamp(6)	<b>Timestamp:</b> timestamp(6)
<b>Device ID:</b> varchar(40)	<b>Device ID:</b> varchar(40)
<b>Channel:</b> int(3)	<b>Channel:</b> int(3)
<b>Sensor Name:</b> varchar(255)	<b>Sensor Name:</b> varchar(255)
<b>Sensor ID:</b> varchar(40)	<b>Sensor ID:</b> varchar(40)
<b>Data Type:</b> varchar(255)	<b>Data Type:</b> varchar(255)
<b>Unit:</b> int(3)	<b>Unit:</b> int(3)
<b>Value:</b> varchar(255)	<b>Value:</b> varchar(255)

รูปที่ 3.19 การเก็บข้อมูล Database

## บทที่ 4

### ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์

การทดสอบใช้งานเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาการทำงานของโซล่าเซลล์ในด้านซอฟแวร์ และการประมวลผลการทำงาน เพื่อให้ทราบถึงความเที่ยงตรงแม่นยำ และทำให้ทราบถึงความแตกต่างของการทำงานของโซล่าเซลล์ทั้ง 2 แบบ ว่าโซล่าเซลล์แบบอยู่กับที่ และโซล่าเซลล์แบบหมุน ตามแสงอาทิตย์แบบ 2 แกน มีความสามารถในการเก็บเกี่ยวพลังงานได้ต่างกันอย่างไร

#### 4.1 ผลการดำเนินงาน

##### 4.1.1 แบ่งการทดสอบเป็น 3 ขั้นตอน คือ

- 1) ทดสอบการเก็บเกี่ยวพลังงานของแผงโซล่าเซลล์แบบอยู่กับที่
- 2) ทดสอบการเก็บเกี่ยวพลังงานของแผงโซล่าเซลล์แบบหมุนตามแสงอาทิตย์
- 3) เปรียบเทียบค่าการเก็บเกี่ยวพลังงานแสงอาทิตย์ในเว็บแอปพลิเคชัน

##### 4.1.2 การทดสอบการทำงานของแผงโซล่าเซลล์

การทดสอบเก็บค่าของแผงโซล่าเซลล์ทั้ง 2 แบบ เพื่อเปรียบเทียบค่าการเก็บเกี่ยว พลังงานจากแสงอาทิตย์ ใน การทดสอบว่างแผงโซล่าเซลล์ในทิศทางเดียวกันโดยตั้งแผงโซล่าเซลล์ไปทางทิศใต้ทิศทางเดียวกันตลอดทั้ง 4 วันเวลา 8.00-18.00น. ของทุกวันแล้วเก็บค่าของแรงดันไฟฟ้า เพื่อศึกษาความแตกต่างระหว่างแผงโซล่าเซลล์แบบหมุนตามแสงจางดูองอาทิตย์และแบบไม่หมุนแผงโซล่าเซลล์ตามทิศทางดูองอาทิตย์ ดังรูปที่ 4.1 และดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 แผงโซล่าเซลล์แบบอยู่กับที่ตั้งไปทางทิศใต้



รูปที่ 4.2 แผงโซล่าเซลล์ทั้ง 2 แบบ

#### 4.2 ผลที่ได้รับจากการทดสอบการเก็บพลังงาน

เนื่องจากสภาพอากาศในแต่ละวันที่มีความต่างกันทำให้การเก็บค่าข้อมูลของการรับพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์มีความแตกต่างกันไปในแต่ละวัน ดังการทดลองที่ 1-4 ที่เก็บค่า กำลังไฟฟ้า, อัตราการประจุ และเบอร์เซ็นต์ของแบตเตอรี่ จากการทดสอบที่ 1 ช่วงเวลาที่เก็บพลังงานได้มากที่สุด คือ เวลา 10.00-11.00 น. การทดสอบที่ 2 คือ เวลา 11.30-12.30 น. การทดสอบที่ 3 คือ เวลา 09.30-10.30 น. และการทดสอบที่ 4 คือ เวลา 10.30-11.30 น.

เครื่องหมาย – เช่นเชอร์วัดแรงดันและกระแสไม่สามารถอ่านค่าได้เนื่องจากสภาพอากาศมีแสงของดวงอาทิตย์ที่น้อยและมีเมฆมาก

ตารางที่ 4.1 ตารางการทดลองที่ 1

แผนโโซล่าเซลล์แบบอยู่กับที่				แผนโโซล่าเซลล์แบบหมุนตามความเข้มแสงอาทิตย์			
เวลา	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	อัตราการประจุ (ชม.)	แบบเตอร์รี่ (%)	เวลา	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	อัตราการประจุ (ชม.)	แบบเตอร์รี่ (%)
8.00	10.48	0.79	70	8.00	7.48	9.00	40
8.30	25.62	1.88	90	8.30	26.20	1.03	70
9.00	24.75	1.82	90	9.00	26.20	1.31	70
9.30	23.84	1.75	90	9.30	20.98	1.57	70
10.00	45.22	0.00	100	10.00	50.92	0.13	90
10.30	66.17	0.00	100	10.30	70.81	0.00	100
11.00	74.46	0.00	100	11.00	66.95	0.00	100
11.30	20.04	0.00	100	11.30	15.44	1.45	80
12.00	21.91	0.00	100	12.00	17.63	0.41	90
12.30	20.02	0.00	100	12.30	16.30	1.40	80
13.00	56.65	0.00	100	13.00	55.12	0.00	100
13.30	57.49	0.00	100	13.30	63.19	0.00	100
14.00	45.22	0.00	100	14.00	68.48	0.00	100
14.30	42.07	0.00	100	14.30	70.21	0.00	100
15.00	31.05	0.00	100	15.00	53.90	0.00	100
15.30	23.81	0.00	100	15.30	35.11	0.00	100
16.00	13.77	0.00	100	16.00	12.15	0.00	100
16.30	5.04	0.00	100	16.30	11.26	0.00	100
17.00	1.61	0.00	100	17.00	0.53	11.34	90
17.30	1.44	0.00	100	17.30	0.00	1.40	80
18.00	0.18	0.00	100	18.00	0.00	1.40	80

ตารางที่ 4.2 ตารางการทดลองที่ 2

แผนโโซล่าเซลล์แบบอยู่กับที่				แผนโโซล่าเซลล์แบบหมุนตามความเข้มแสงอาทิตย์			
เวลา	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	อัตราการ ประจุ (ชม.)	แบบเตอรี่ (%)	เวลา	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	อัตราการ ประจุ (ชม.)	แบบเตอรี่ (%)
8.00				8.00			
8.30				8.30			
9.00				9.00			
9.30				9.30			
10.00	67.45	0.00	100	10.00	59.84	0.11	90
10.30	11.88	3.23	70	10.30	12.20	4.56	60
11.00	6.56	5.60	69	11.00	5.38	10.96	50
11.30	65.29	0.00	100	11.30	64.60	0.00	100
12.00	64.91	0.00	100	12.00	56.66	0.00	100
12.30	53.99	0.00	100	12.30	38.71	0.00	100
13.00	6.87	3.55	80	13.00	5.05	6.74	70
13.30	0.50	34.03	70	13.30	3.30	17.27	50
14.00	0.26	17.01	69	14.00	25.82	1.31	70
14.30	0.65	32.61	68	14.30	36.88	0.00	100
15.00	0.26	22.69	60	15.00	42.33	0.00	100
15.30	0.00	45.37	60	15.30	36.93	0.00	100
16.00	0.00	-	60	16.00	4.01	6.27	80
16.30	0.26	45.37	60	16.30	10.42	3.29	70
17.00	0.00	-	60	17.00	1.32	25.52	63
17.30	0.00	-	60	17.30	0.00	-	60
18.00	0.00	45.37	60	18.00	0.00	45.37	60

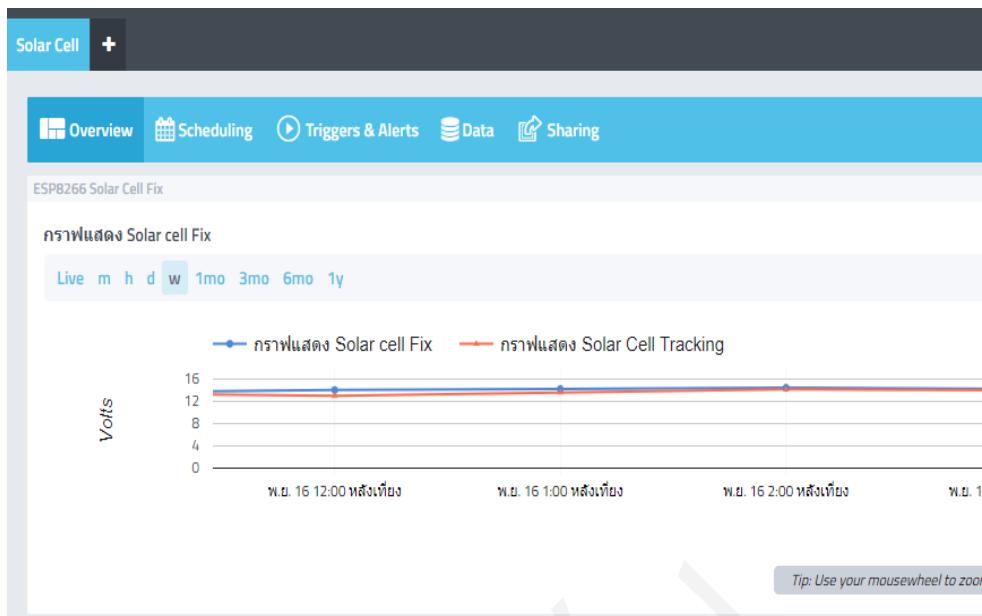
การเชื่อมต่อสัญญาณ Wi-Fi เกิดความขัดคลื่นจึงทำให้การส่งข้อมูลในช่วงเวลา 08.00-09.30น. มีข้อมูลที่ขาดหายไป

ตารางที่ 4.3 ตารางการทดลองที่ 3

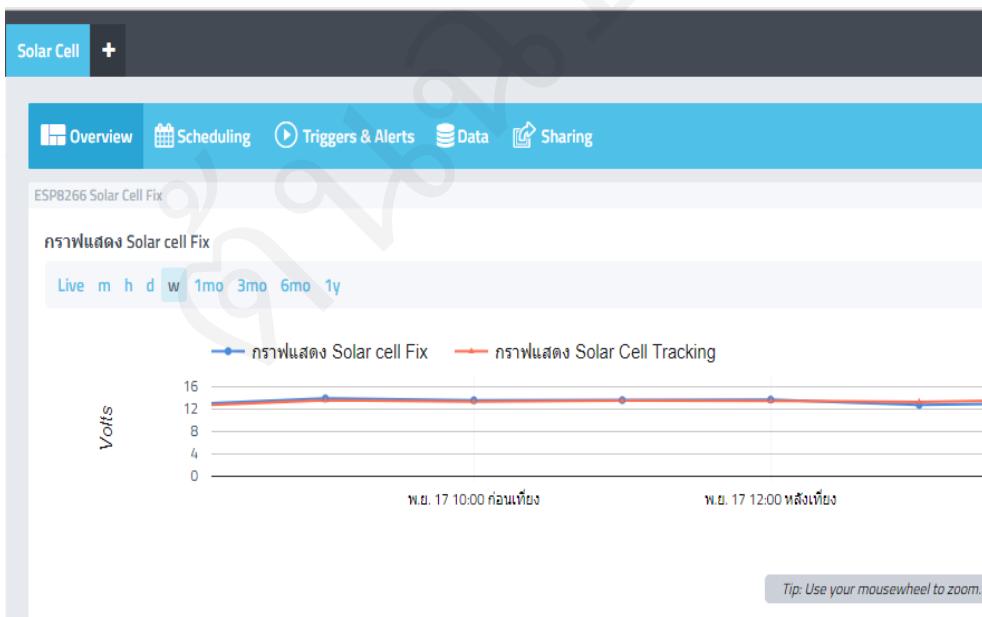
แผนโโซล่าเซลล์แบบอยู่กับที่				แผนโโซล่าเซลล์แบบหมุนตามความเข้มแสงอาทิตย์			
เวลา	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	อัตราการ ประจุ (ชม.)	แบตเตอรี่ (%)	เวลา	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	อัตราการ ประจุ (ชม.)	แบตเตอรี่ (%)
8.00	16.20	3.52	50	8.00	17.29	4.24	50
8.30	18.10	2.34	62	8.30	26.20	2.51	60
9.00	23.69	1.46	70	9.00	26.20	1.34	68
9.30	34.35	0.40	80	9.30	34.17	0.41	80
10.00	47.64	0.12	91	10.00	54.14	0.11	91
10.30	37.78	0.16	91	10.30	36.37	0.19	90
11.00	17.34	1.27	80	11.00	21.18	1.01	80
11.30	17.11	1.32	80	11.30	27.77	0.41	83
12.00	0.13	29.17	60	12.00	14.49	1.76	80
12.30	0.26	45.37	60	12.30	10.23	3.73	70
13.00	0.13	45.37	60	13.00	58.52	0.00	100
13.30	0.00	-	60	13.30	61.36	0.00	100
14.00	0.00	22.69	60	14.00	64.26	0.00	100
14.30	0.45	-	59	14.30	0.00	34.03	70
15.00	0.00	-	50	15.00	0.49	25.52	70
15.30	0.13	-	50	15.30	6.53	5.46	70
16.00	0.00	-	50	16.00	2.93	15.60	70
16.30	0.00	56.72	50	16.30	0.00	-	60
17.00	0.23	42.54	50	17.00	0.00	-	60
17.30	0.00	56.72	50	17.30	0.00	-	60
18.00	0.00	-	50	18.00	0.00	-	60

ตารางที่ 4.4 ตารางการทดลองที่ 4

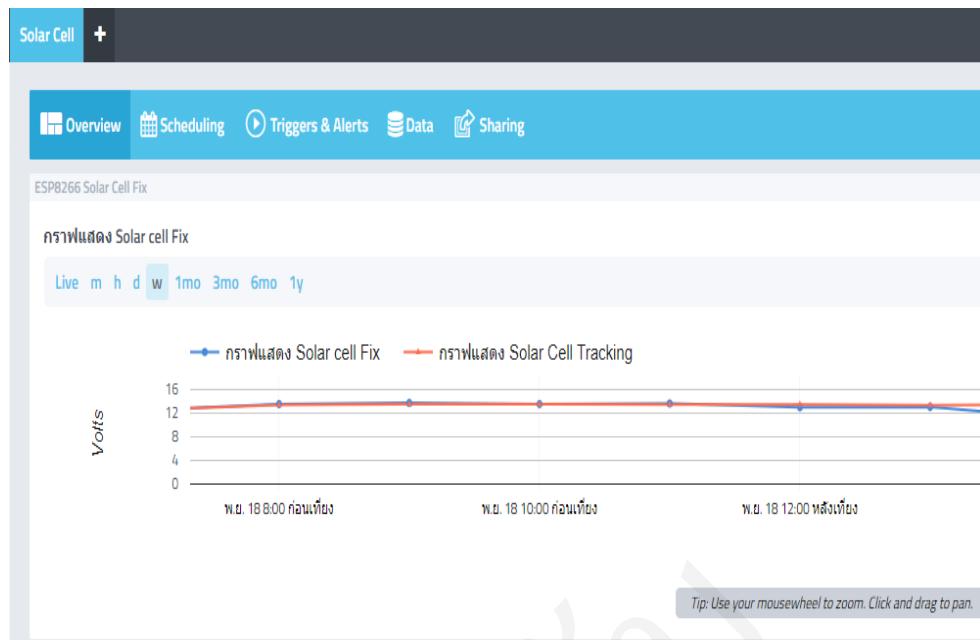
แผนโโซล่าเซลล์แบบอยู่กับที่				แผนโโซล่าเซลล์แบบหมุนตามความเข้มแสงอาทิตย์			
เวลา	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	อัตราการประจุ (ชม.)	แบบเตอรี่ (%)	เวลา	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	อัตราการประจุ (ชม.)	แบบเตอรี่ (%)
8.00	0.13	68.06	40	8.00	8.79	3.01	49
8.30	2.86	24.31	40	8.30	48.14	0.32	80
9.00	13.81	3.38	60	9.00	48.14	0.28	80
9.30	13.82	3.22	60	9.30	42.48	0.31	80
10.00	12.64	3.59	60	10.00	50.63	0.13	90
10.30	27.84	1.23	70	10.30	57.54	0.00	100
11.00	54.21	0.13	90	11.00	50.63	0.00	100
11.30	21.39	1.59	70	11.30	53.45	0.00	100
12.00	13.03	2.66	70	12.00	51.66	0.00	100
12.30	32.28	0.41	81	12.30	54.09	0.00	100
13.00	23.65	0.69	82	13.00	58.76	0.00	100
13.30	17.47	1.32	80	13.30	59.90	0.00	100
14.00	10.07	3.49	70	14.00	43.99	0.00	100
14.30	9.25	3.76	70	14.30	51.83	0.00	100
15.00	4.40	11.53	61	15.00	48.91	0.00	100
15.30	1.99	22.06	60	15.30	30.83	0.00	100
16.00	0.52	15.12	60	16.00	2.17	0.00	100
16.30	0.52	39.70	58	16.30	0.27	11.34	90
17.00	0.00	-	60	17.00	0.13	11.34	90
17.30	0.00	-	50	17.30	0.00	-	80
18.00	0.02	56.72	50	18.00	0.00	-	80



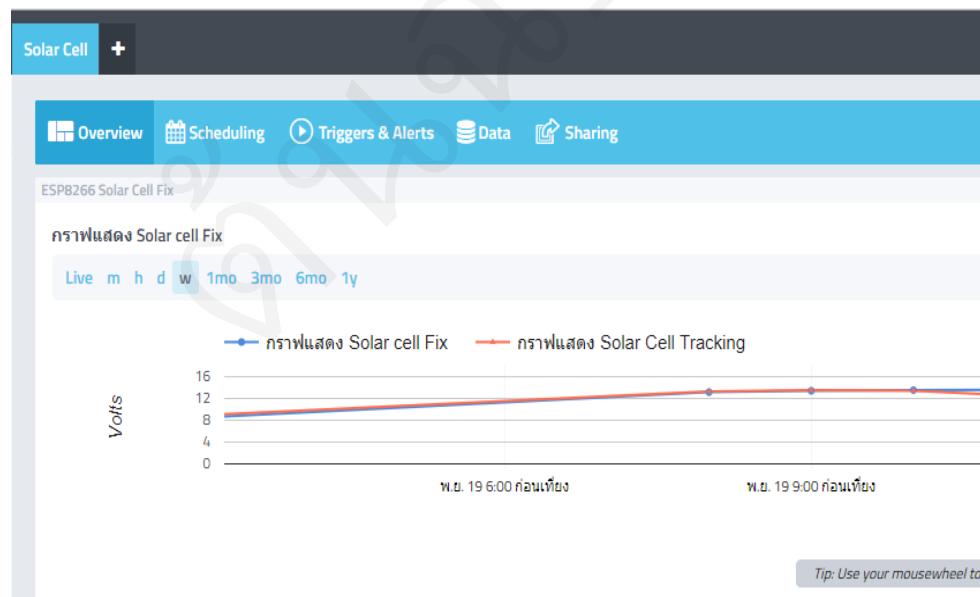
รูปที่ 4.3 กราฟของการเก็บเกี่ยวพลังจากจากแผงโซล่าในการทดลองที่ 1



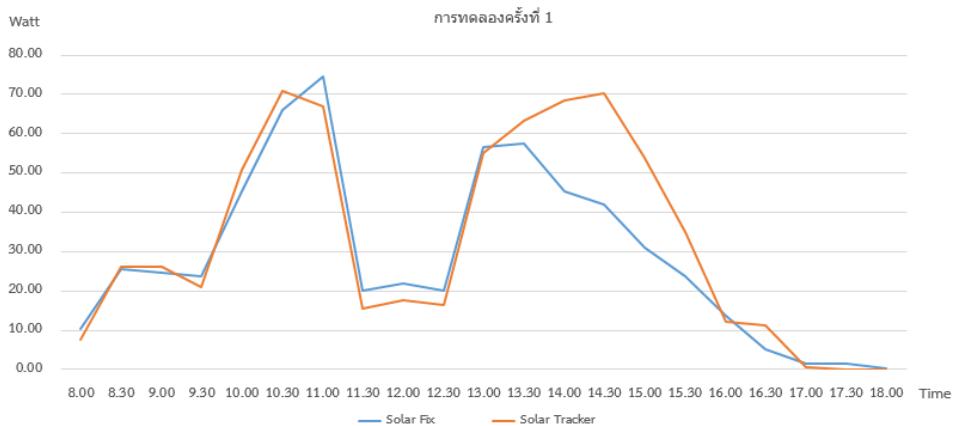
รูปที่ 4.4 กราฟของการเก็บเกี่ยวพลังจากจากแผงโซล่าในการทดลองที่ 2



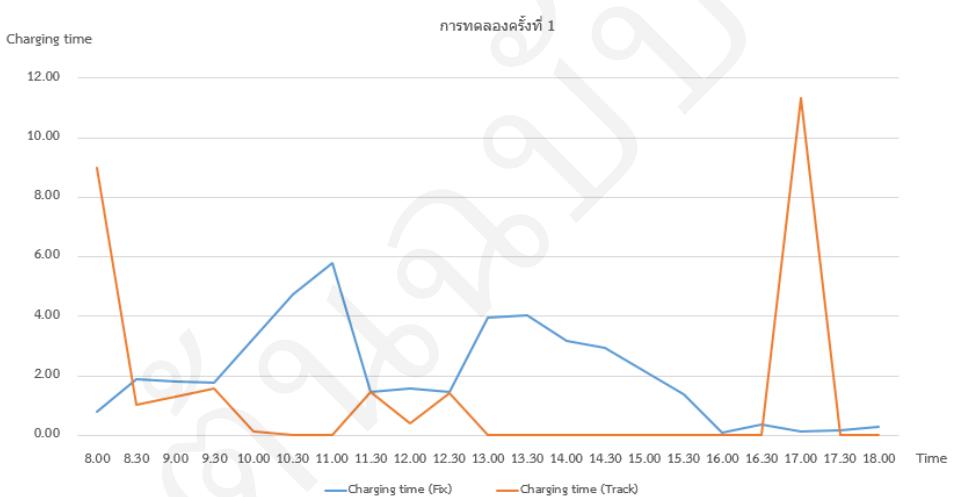
รูปที่ 4.5 กราฟของการเก็บเกี่ยวพลังจากจากแบตเตอรี่ในการทดลองที่ 3



รูปที่ 4.6 กราฟของการเก็บเกี่ยวพลังจากจากแบตเตอรี่ในการทดลองที่ 4



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงอัตราการเก็บพลังงานจาก ผลการทดลองที่ 1

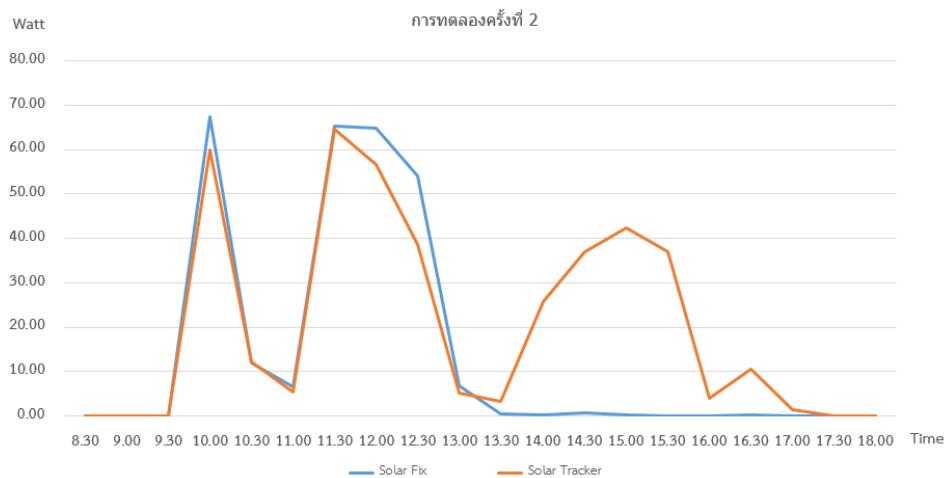


รูปที่ 4.8 กราฟแสดงอัตราการประจุจาก ผลการทดลองที่ 1

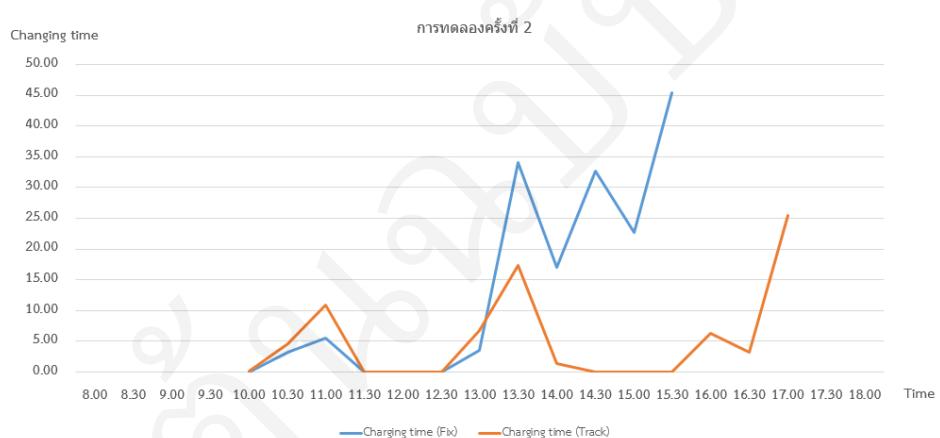
กราฟการแสดงผลเปรียบเทียบการเก็บพลังงานจากแสงอาทิตย์ของแผงโซล่าเซลล์ทั้ง 2 แบบ ดังรูปที่ 4.6 และกราฟแสดงผลอัตราการประจุแบบเตอรีช่องแผงโซล่าเซลล์ทั้ง 2 แบบ ดังรูปที่ 4.7

■ เส้นสีฟ้า แสดง กราฟของแผงโซล่าเซลล์แบบอยู่กับที่

■ เส้นสีส้ม แสดง กราฟของแผงโซล่าเซลล์แบบหมุนตามแสงอาทิตย์



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงอัตราการเก็บพลังงานจาก ผลการทดลองที่ 2



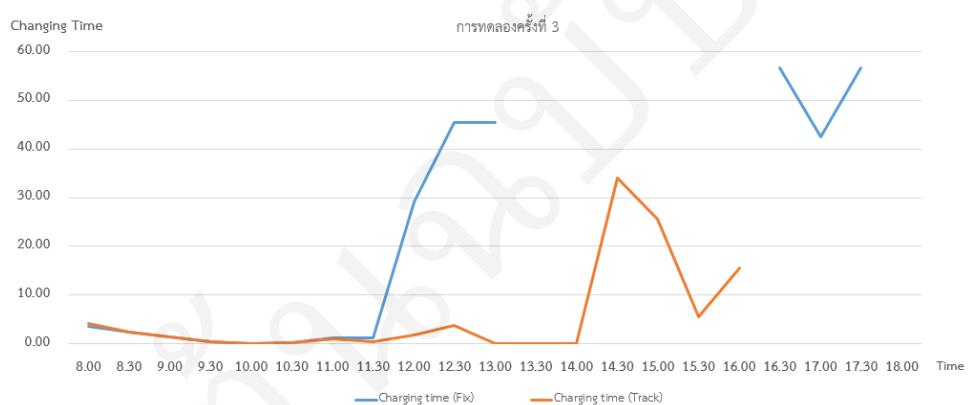
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงอัตราการประจุจาก ผลการทดลองที่ 2

กราฟการแสดงผลเปรียบเทียบการเก็บพลังงานจากแสงอาทิตย์ของแผงโซล่าเซลล์ทั้ง 2 แบบ ดังรูปที่ 4.8 และกราฟแสดงผลอัตราการประจุแบบเตอรี่ของแผงโซล่าเซลล์ทั้ง 2 แบบ ดังรูปที่ 4.9

- เส้นสีฟ้า แสดง กราฟของแผงโซล่าเซลล์แบบอยู่กับที่
- เส้นสีส้ม แสดง กราฟของแผงโซล่าเซลล์แบบหมุนตามแสงอาทิตย์



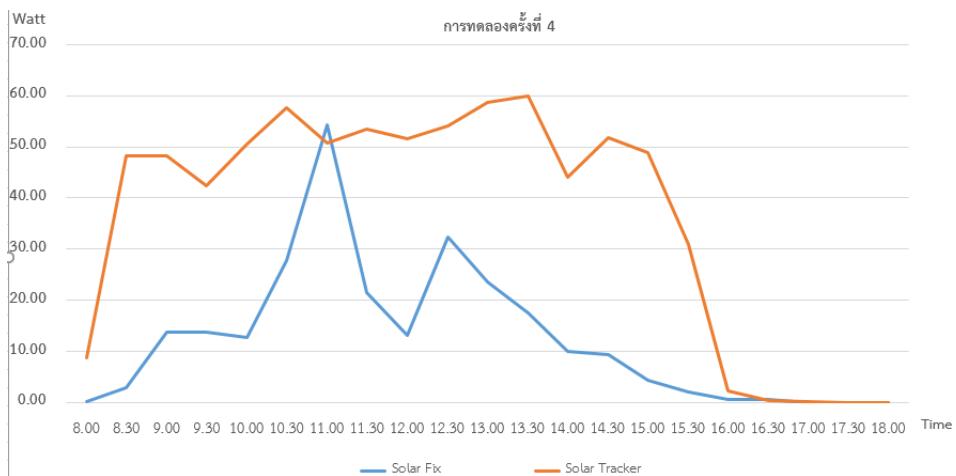
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงอัตราการเก็บพลังงานจาก ผลการทดลองที่ 3



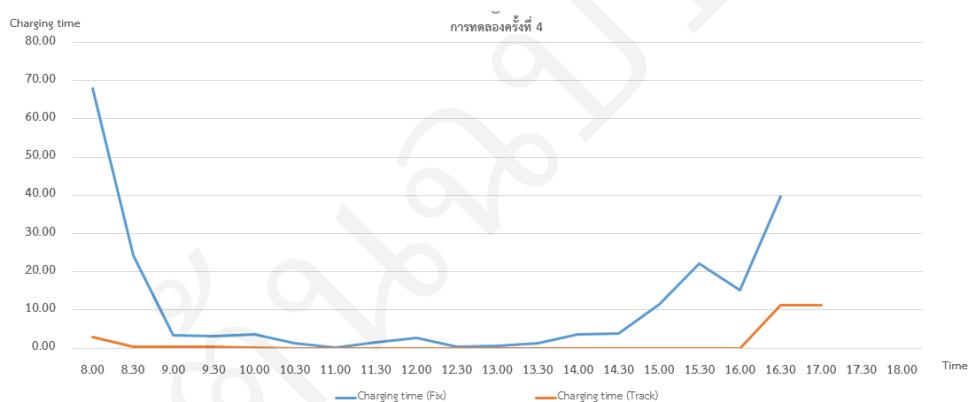
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงอัตราการประจุจาก ผลการทดลองที่ 3

กราฟการแสดงผลเปรียบเทียบการเก็บพลังงานจากแสงอาทิตย์ของแผงโซล่าเซลล์ทั้ง 2 แบบ ดังรูปที่ 4.10 และกราฟแสดงผลอัตราการประจุแบบเดอรี่ของแผงโซล่าเซลล์ทั้ง 2 แบบ ดังรูปที่ 4.11

- เส้นสีฟ้า แสดง กราฟของแผงโซล่าเซลล์แบบอยู่กับที่
- เส้นสีส้ม แสดง กราฟของแผงโซล่าเซลล์แบบหมุนตามแสงอาทิตย์



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงอัตราการเก็บพลังงานจาก ผลการทดลองที่ 4



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงอัตราการประจุจาก ผลการทดลองที่ 4

กราฟการแสดงผลเปรียบเทียบการเก็บพลังงานจากแสงอาทิตย์ของแผงโซล่าเซลล์ทั้ง 2 แบบ ดังรูปที่ 4.12 และกราฟแสดงผลอัตราการประจุแบบเตอรี่ของแผงโซล่าเซลล์ทั้ง 2 แบบ ดังรูปที่ 4.13

- เส้นสีฟ้า แสดง กราฟของแผงโซล่าเซลล์แบบอยู่กับที่
- เส้นสีส้ม แสดง กราฟของแผงโซล่าเซลล์แบบหมุนตามแสงอาทิตย์

#### 4.2.1 การทดสอบการใช้งานจริงของแผงโซล่าเซลล์หมุนตามความเข้มแสงอาทิตย์

เปรียบเทียบการเก็บพลังงานจากแสงอาทิตย์ของแผงโซล่าเซลล์ทั้ง 2 แบบ ตั้งอยู่ในพื้นที่ใกล้กันโดยที่หันแผงโซล่าเซลล์แบบอยู่กับที่ไปทางทิศใต้เพื่อที่จะเปรียบเทียบอัตราการเก็บพลังงานของแผงโซล่าเซลล์ทั้ง 2 แบบ ในช่วงเวลา 08.00–18.00 น. แล้วนำค่าอัตราการเก็บพลังงานรวมทั้งหมดของแผงโซล่าเซลล์ทั้ง 2 แบบ ที่ทำการเก็บค่าการทดลอง 4 ครั้งมาทำการคำนวณหาค่าผลต่างได้จากสูตรการคำนวณผลต่างเบอร์เช็นต์

กำหนดให้  $W_f$  = พลังงานรวมของโซล่าเซลล์แบบอยู่กับที่

กำหนดให้  $W_t$  = พลังงานรวมของโซล่าเซลล์แบบหมุนตามแสง

$$\text{อัตราการเก็บพลังงาน} = \frac{(W_t - W_f)}{W_f} \times 100 \quad (4.1)$$

$$\text{จะได้ ผลต่าง (\%)} \text{ อัตราการเก็บพลังงาน} = \frac{(2,316.82 - 1,500.44)}{1,500.44} \times 100$$

$$= 54.35\% \text{ คำนวณจากอัตราการเก็บพลังงานจากการทดลองทั้ง 4 ครั้ง}$$

การเปรียบเทียบความเร็วในการประจุแบตเตอรี่ของแผงโซล่าเซลล์ทั้ง 2 แบบตั้งอยู่ในพื้นที่ใกล้กันโดยที่ในแต่ละการทดลองเบอร์เช็นต์ของแบตเตอรี่ที่จะเริ่มการเก็บประจุนั้นไม่เท่ากัน เช่น การทดลองครั้งที่ 1 โซล่าเซลล์แบบอยู่กับที่ เริ่มเก็บประจุแบตเตอรี่ที่ 70% และโซล่าเซลล์แบบหมุนตามความเข้มแสงอาทิตย์เริ่มเก็บประจุแบตเตอรี่ที่ 40% ในช่วงระยะเวลาตั้งแต่เวลา 08.00–18.00 น. ว่าได้อัตราการประจุเพิ่มขึ้นมากกี่เบอร์เช็นต์ ในการทดลองครั้งที่ 1 โซล่าเซลล์แบบอยู่กับที่ได้อัตราการประจุแบตเตอรี่เพิ่มขึ้นมากจาก 70% เป็น 100% เพิ่มขึ้นมา 30% และโซล่าเซลล์แบบหมุนตามความเข้มแสงอาทิตย์ได้อัตราการประจุแบตเตอรี่เพิ่มขึ้นมากจาก 40% เป็น 80% เพิ่มขึ้นมา 40% นำผลต่างในการเก็บประจุแบตเตอรี่ในแต่ละการทดลองมาคำนวณเพื่อเปรียบเทียบความเร็วในการประจุแบตเตอรี่ของแผงโซล่าเซลล์ทั้ง 2 แบบ ในช่วงเวลา 08.00–18.00 น. แล้วนำค่าเบอร์เช็นต์ของแบตเตอรี่ที่เพิ่มขึ้นจากการประจุแบตเตอรี่ที่ได้มารวมกันทั้งหมดของแผงโซล่าเซลล์ทั้ง 2 แบบ ที่ทำการเก็บค่าการทดลอง 4 ครั้งมาทำการคำนวณหาค่าผลต่างได้จากสูตรการคำนวณผลต่างเบอร์เช็นต์

กำหนดให้  $\%f$  = เบอร์เช็นต์แบตเตอรี่รวมของโซล่าเซลล์แบบอยู่กับที่

กำหนดให้  $\%t$  = เบอร์เช็นต์แบตเตอรี่รวมของโซล่าเซลล์แบบหมุนตามแสง

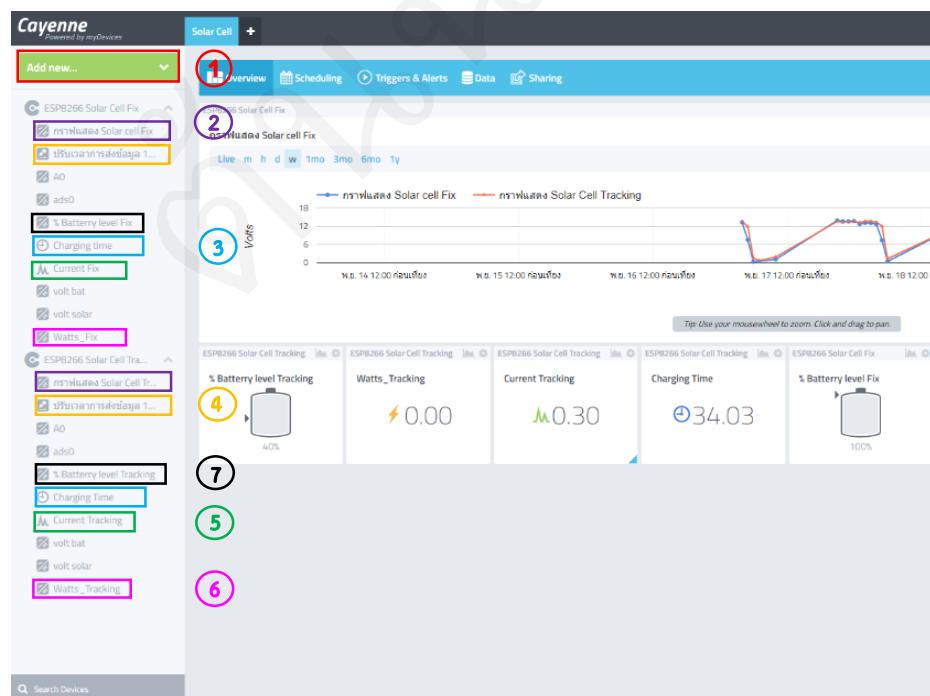
$$\text{ความเร็วในการประจุแบตเตอรี่} = \frac{(\%t - \%f)}{\%f} \times 100 \quad (4.2)$$

$$\text{จะได้ ผลต่าง (\%)} \text{ ความเร็วในการประจุ} = \frac{(111 - 50)}{80} \times 100$$

= 38.75% คำนวณจากเบอร์เซ็นต์ของแบตเตอรี่ในการเก็บพลังงานจากการทดลองทั้ง 4 ครั้ง

สรุปเครื่องควบคุมแพงโซล่าเซลล์หมุนตามความเข้มแสงอาทิตย์แบบ 2 แกน สามารถทำงานโดยมีค่าความผิดพลาดในการส่งข้อมูลอยู่เล็กน้อยทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสถานที่ตั้งชั้นงานและสภาพแวดล้อมการทำงานในส่วนของการหมุนตามแสงอาทิตย์สามารถทำงานได้จริงการแสดงผลผ่านเว็บบราวเซอร์และเว็บแอปพลิเคชันสามารถส่งข้อมูลได้ เช่น Volts, Battery level และ Charging time

### 4.3 เมนูการแสดงผลของ Cayenne



รูปที่ 4.15 หน้าต่างการใช้งาน Cayenne

#### 4.3.1 เมนูในการแสดงผลข้อมูลของตัวแสดงผลบน Cayenne

- 1) Add new █
  - 2) การแสดงกราฟ Solar Cell Fix, Solar Cell Tracking █
  - 3) Charging Time Solar Cell Fix, Solar Cell Tracking
  - 4) ปรับเวลาการส่งข้อมูล 1นาที–30นาที █
  - 5) Current Fix, Current Tracking █
  - 6) Watts Fix, Watts Tracking █
  - 7) Battery level █

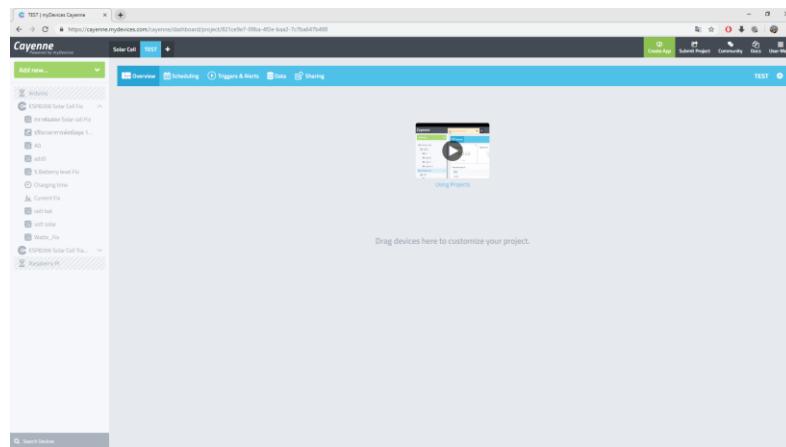
### 4.3.2 Add new

คือการสร้างหัวข้อโครงงานใหม่ที่ต้องการทำงานในแบบอื่น ๆ เมื่อต้องการเริ่มสร้าง  
โครงการใหม่คลิก + Create New Project



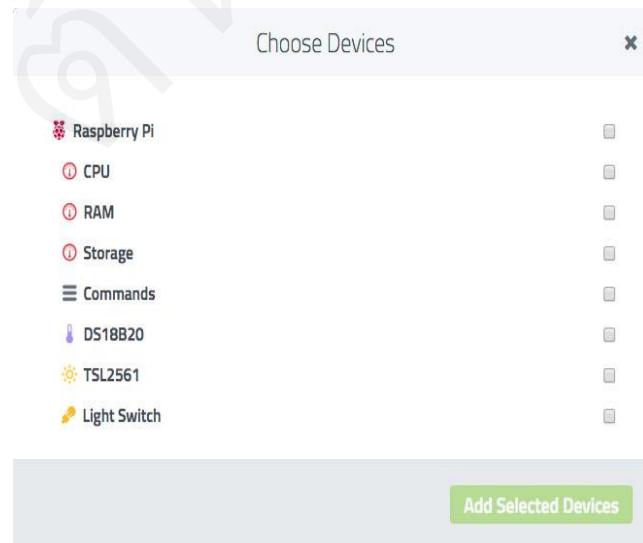
## ຮູບທີ 4.16 Creating a Project

การตั้งชื่อโครงการในการสร้างโครงการใหม่ต้องตั้งชื่อเดชบอร์ดเป็นชื่อเฉพาะ การตั้งชื่อโครงการเป็นขั้นตอนที่จำเป็นสำหรับการสร้างโครงการหลังจากสร้างโครงการใหม่แล้วจะเห็นหน้าต่างว่างเปล่า จากที่นี่สามารถเริ่มสร้างเดชบอร์ดโครงการใหม่ด้วยวิดเจ็ตจากอุปกรณ์ได้



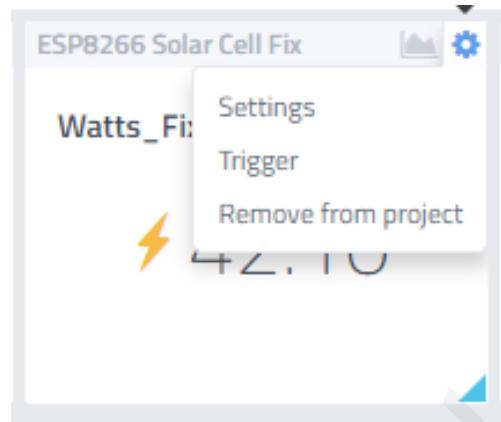
รูปที่ 4.17 เริ่มสร้างแดชบอร์ดโครงการใหม่

1) การเพิ่มวิดเจ็ต (Widget) ผู้ใช้สามารถปรับแต่งโครงการโดยการเพิ่ม widgets ได้ตลอดเวลา เมื่อเพิ่มวิดเจ็ตผู้ใช้สามารถเพิ่มวิดเจ็ตที่เข้มโยงกับอุปกรณ์ใด ๆ ที่มีอยู่ในรายการอุปกรณ์ หรือผู้ใช้สามารถเพิ่มอุปกรณ์ใหม่ที่จะเพิ่มลงในโครงการของผู้ใช้ และแสดงรายการในรายการอุปกรณ์ การเพิ่มวิดเจ็ตหลายรายการหากต้องการเพิ่มวิดเจ็ตมากกว่าหนึ่งรายการในแต่ละครั้งผู้ใช้สามารถลาก อุปกรณ์จากรายการอุปกรณ์ไปยังพื้นที่แดชบอร์ดได้ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ใช้สามารถเพิ่มวิดเจ็ตต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์นั้นพร้อมกันได้



รูปที่ 4.18 การเพิ่มวิดเจ็ต (Widget)

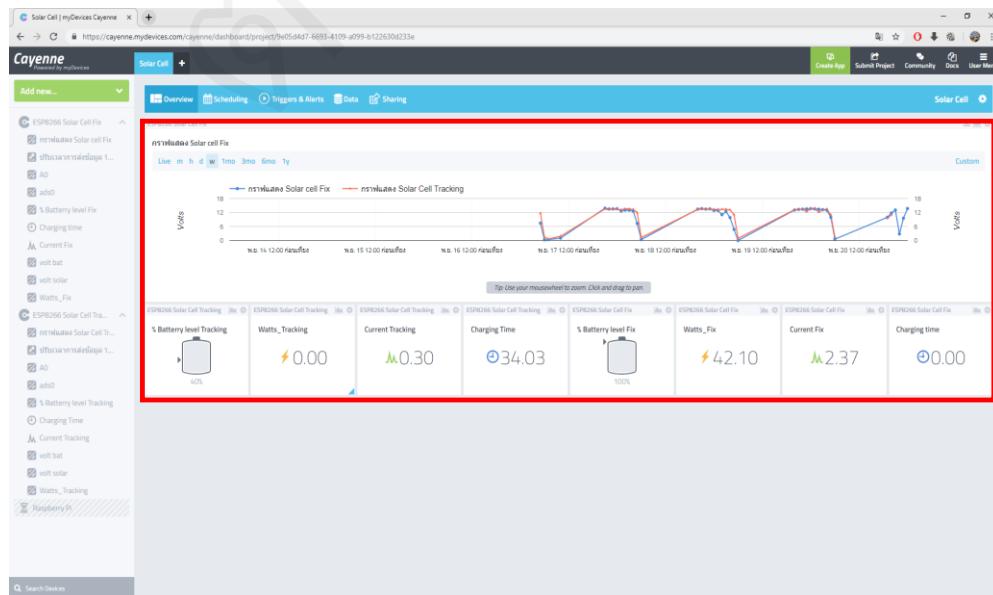
2) การลบวิดเจ็ต (Widget) หากต้องการนำวิดเจ็ตออกจากโครงการให้คลิกไอคอนรูปฟันเฟืองที่มุ่งหวานของวิดเจ็ตจากนั้นคลิก Remove from project



รูปที่ 4.19 การลบวิดเจ็ต

#### 4.3.3 การแสดงกราฟ Solar Cell Fix, Solar Cell Tracking

ภาพกราฟการแสดงผลข้อมูลของการเก็บพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์ทั้งแบบที่แสดงเป็นเส้นทั้ง 2 เส้น คือการแสดงผลของการเก็บพลังงานจากแสงอาทิตย์ของ แผงโซล่าเซลล์ทั้ง 2 แบบ เส้นสีฟ้าคือเส้นกราฟของ Solar Cell Fix และเส้นกราฟสีส้มคือเส้นกราฟของ Solar Cell Tracking



รูปที่ 4.20 การแสดงกราฟ Solar Cell Fix และ Solar Cell Tracking

#### 4.3.4 Charging Time Solar Cell Fix, Solar Cell Tracking

เป็นการแสดงผลการเก็บข้อมูลของเวลาในการประจุพลังงานของแผงโซล่าเซลล์ทั้ง 2 แบบ และยังสามารถแสดงข้อมูลอุณหภูมิเป็นกราฟได้



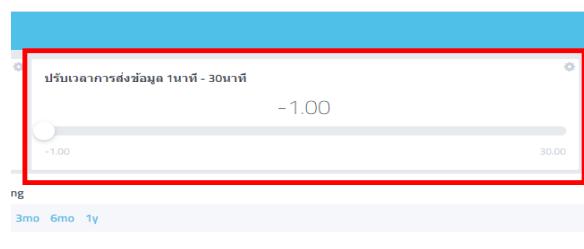
รูปที่ 4.21 รูปแสดงข้อมูล Charging Time



รูปที่ 4.22 รูปกราฟแสดงข้อมูล Charging Time

#### 4.3.5 ปรับเวลาการส่งข้อมูล 1 นาที–30 นาที

สามารถปรับเปลี่ยนเวลาของค่าการส่งข้อมูลจากตัวโซล่าเซลล์ทั้ง 2 แบบไปยัง Cayenne สามารถเลือกช่วงเวลาได้ตั้งแต่ 1 นาที–30 นาที เพื่อที่จะปรับเปลี่ยนได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน



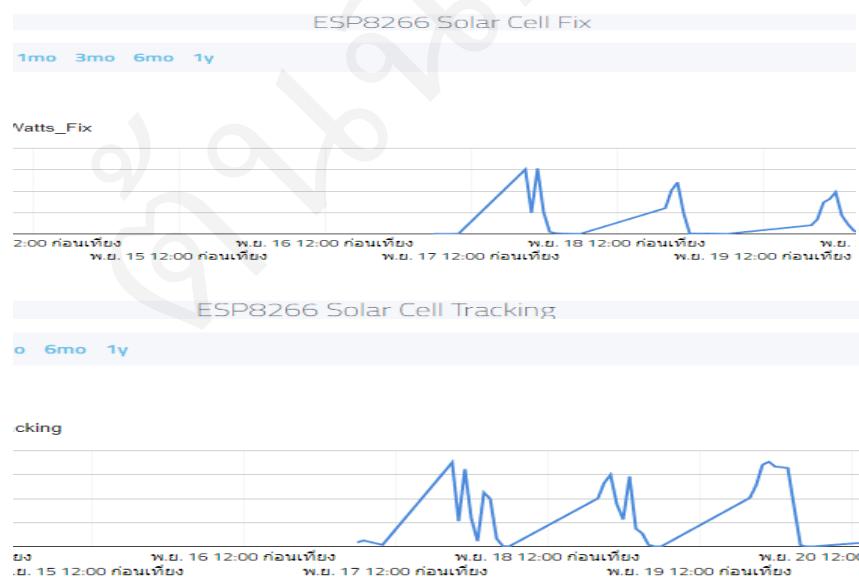
รูปที่ 4.23 รูปการปรับเวลาการส่งข้อมูล

#### 4.3.6 Current Fix, Current Tracking

เป็นการแสดงผลการเก็บข้อมูลของกระแสในการเก็บพลังงานของแผงโซล่าเซลล์ทั้ง 2 แบบและยังสามารถแสดงข้อมูลอุปกรณ์เป็นกราฟได้



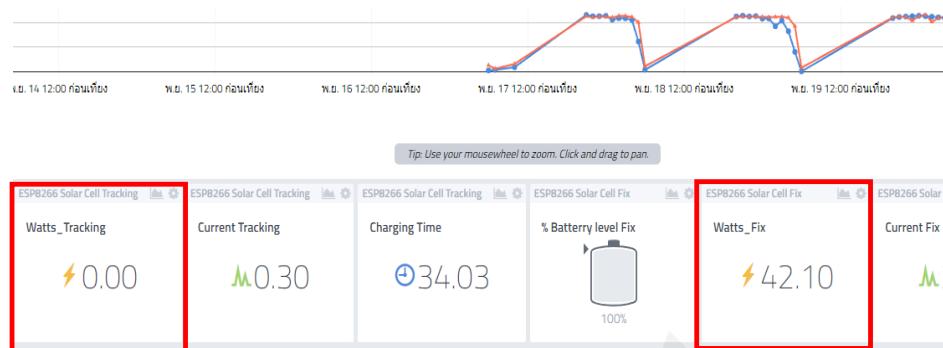
รูปที่ 4.24 รูปแสดงค่ากระแสของโซล่าเซลล์ทั้ง 2 แบบ



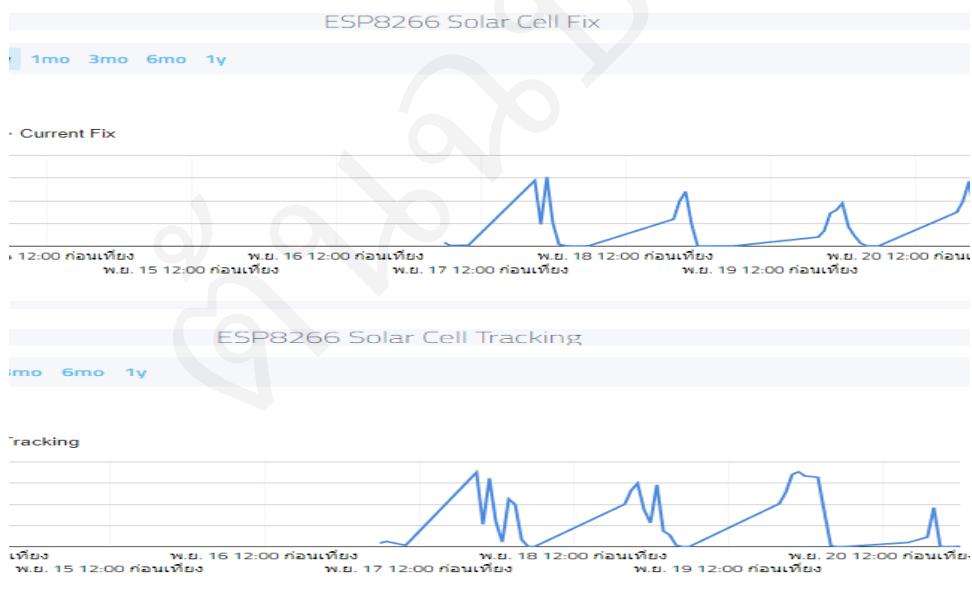
รูปที่ 4.25 กราฟแสดงค่ากระแสของโซล่าเซลล์ทั้ง 2 แบบ

#### 4.3.7 การแสดงผล Watts Fix และWatts Tracking

เป็นการแสดงผลการเก็บข้อมูลในการเก็บพลังงานของแผงโซล่าเซลล์ทั้ง 2 แบบ และยังสามารถแสดงข้อมูลอุปกรณ์เป็นกราฟได้



รูปที่ 4.26 การแสดงผล Watts Fix และ Watts Tracking



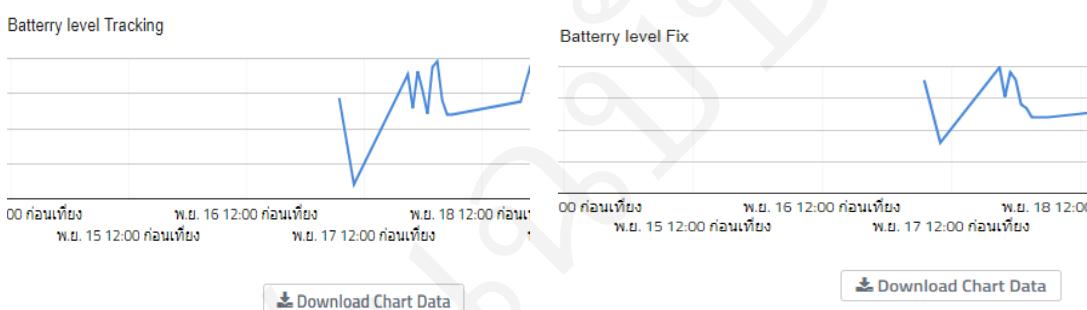
รูปที่ 4.27 รูปแสดงกราฟของ Watts Fix และ Watts Tracking

#### 4.3.8 Battery level

เป็นการแสดงผลการเก็บข้อมูลในการประจุพลังงานแบตเตอรี่ของแพงโซล่าเซลล์ทั้ง 2 แบบและยังสามารถแสดงข้อมูลอุปกรณ์เป็นกราฟได้



รูปที่ 4.28 Battery level



รูปที่ 4.29 แสดงผลเป็นกราฟ Battery level

#### 4.4 การวิเคราะห์

เครื่องควบคุมแพงโซล่าเซลล์หมุนตามความเข้มแสงอาทิตย์แบบ 2 แกน สามารถหมุนตามความเข้มแสงของดวงอาทิตย์ได้สามารถเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ได้ในแต่ละวัน และในการทดสอบการส่งข้อมูลมีข้อผิดพลาดเล็กน้อยเกิดจากในการเชื่อมต่อสัญญาณ Wi-Fi ทำให้กราฟที่แสดงผลข้อมูลการเก็บพลังงานของแพงโซล่าเซลล์มีการขาดหายไปบ้าง และในบางช่วงเวลาที่มีเมฆมากบนท้องฟ้า จะทำให้กราฟแสดงผลไม่ได้จากการเก็บพลังงานต่ำทำให้อุปกรณ์วัดค่าไม่ทำงานจึงทำให้ในค่าการส่งข้อมูลเพื่อที่จะแสดงผลเป็นกราฟนั้นมีการขาดหายไปเป็นบางช่วงการทำงานในส่วนของการหมุนตามแสงอาทิตย์ทำงานได้จริง และอาจมีข้อผิดพลาดได้เนื่องจากสภาพอากาศที่มีฝนตกลมพัดแรงบอยครั้งทำให้ประสิทธิภาพการเก็บพลังงานยังไม่ได้ผลที่เต็มที่

## บทที่ 5

### สรุปและข้อเสนอแนะ

เครื่องควบคุมແຜງໂছລ່າເໜລ໌ໜຸນຕາມຄວາມເຂັ້ມແສງອາທິດຍີແບບ 2 ແກນນີ້ຈັດທຳຂຶ້ນມາເພື່ອ  
ປະລົງເຫັນວ່າແຜງໂছລ່າເໜລ໌ໜຸນຕາມຄວາມເຂັ້ມແສງອາທິດຍີແບບ 2 ແກນ ມີການເກີບເກີຍວິພລັງຈາກ  
ແສງອາທິດຍີມີປະສິບທີ່ມາກວ່າແຜງໂছລ່າເໜລ໌ໜຸນຕາມຄວາມເຂັ້ມແສງອາທິດຍີແບບ 2 ແກນ ມີການແສດງຜລປຣິມາຕຣ  
ອັຕຣາ  
ການເກີບເກີຍວິພລັງຈາກນິ້ນຍັງມີການອອກແບບນາໄໝ່ຈ່າຍຕ່ອກໃຊ້ງານທຳໃຫ້  
ຜູ້ໃຊ້ງານສາມາດໃຊ້ງານໄດ້ຈ່າຍໂດຍໄມ້ຈໍາເປັນຈະຕ້ອງຄຳນິ້ນຄິດທີ່ກິດວ່າ

#### 5.1 สรุปผลโครงการ

ຜລທີ່ໄດ້ຈັກໂຄຮງຈານທຳໃຫ້ທາງຄນະຜູ້ຈັດທຳໄດ້ທຽບຄືງຄວາມສາມາດໃນການເກີບເກີຍວິພລັງຈາກ  
ຂອງຮະບບໂছລ່າເໜລ໌ໜຸນຕາມຄວາມເຂັ້ມແສງອາທິດຍີ ແລະ ຮະບບໂছລ່າເໜລ໌ໜຸນຕູກັບທີ່ວ່າມີ  
ຄວາມສາມາດໃນການທຳການໄດ້ປະມານເທົ່າໄດ້ ແລະ ຂ່າຍໃນການຕັດສິນໃຈໃນການພິຈາລະນາກາຣຕິດຕັ້ງຮະບບ  
ໂছລ່າເໜລ໌ໜຸນຕູກັບທີ່ໄວ້ໃຊ້ງານໃນອານັດ ເພື່ອໃຫ້ໄດ້ປະສິບທີ່ມາກວ່າແຜງໂছລ່າເໜລ໌ໜຸນຕູກັບທີ່ສຸດ  
ແລະ ຄຸ້ມຄໍາກັບກາລົງທຸນທີ່ສຸດ

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

ໂຄຮງສ້າງຂອງເຄື່ອງຄວາມແຜງໂছລ່າເໜລ໌ໜຸນຕາມຄວາມເຂັ້ມແສງອາທິດຍີແບບ 2 ແກນແລະແຜງ  
ໂছລ່າເໜລ໌ໜຸນຕູກັບທີ່ຍັງມີຄວາມເຂັ້ມແສງໄໝ່ເພີ່ມພອດຕ່ອສພາພອກາສທີ່ມີຝັນຕກແລະລົມພັດແຮງ ຈຶ່ງໃຫ້  
ມີອຸປະກອນບາງຕົວທີ່ຈະຮູດຫຼືເສີຍຫາຍ ສາມາດແກ້ໄຂໄດ້ໂດຍກາຣເປີ່ຍນວສຸດໂຄຮງສ້າງໃໝ່ຄວາມເຂັ້ມແສງ  
ແລະ ຄອງທນທີ່ມາກຂຶ້ນເພື່ອທີ່ຈະທຳໃຫ້ທනຕ່ອສພາພອກາສທີ່ເກີດຂຶ້ນໄດ້ໂດຍໄມ້ທຳໃຫ້ອຸປະກອນເກີດຄວາມ  
ເສີຍຫາຍ ແລ້ວຕົວຂອງແຜງໂছລ່າເໜລ໌ໜຸນຕູກັບທີ່ມີຄວາມສາມາດເພີ່ມຂາດໃຫ້ຫຼູກ່າວ່ານີ້ໄດ້ເພື່ອທີ່ຈະທຳໃຫ້ກາຣເກີບເກີຍວິ  
ພລັງຈາກແສງອາທິດຍີເພີ່ມມາກຂຶ້ນ

#### 5.3 อຸປສຣຄ

ໂຄຮງກາຣມີກາຣຈຳກັດພື້ນທີ່ໃນກາຣຕິດຕັ້ງອຸປະກອນເອິກທັງສພາພອກາສທີ່ມີຝັນຕກບ່ອຍຄຮັງທຳໃຫ້ໄມ່  
ສາມາດຮັບແສງອາທິດຍີໄດ້ເຕີມທີ່ແລະ ກາຣສ່າງຄ່າກາຣເກີບພລັງຈາກໄມ່ສ່າມ່າເສມອ ອຸປະກອນບາງຂຶ້ນຫາຍາກຈຶ່ງ  
ທຳໃຫ້ລ່າຊ້າໃນກາຣຈັດທຳໂຄຮງຈານ ໂດຍສ່າງພລໃຫ້ໂຄຮງຈານໄມ່ມີຄວາມສມບູຮນ ແຕ່ຢັ້ງຄົງສາມາດທຳການໄດ້  
ຕາມຂອບເຂດບາງຂອບເຂດທີ່ກຳຫົດໄວ້

## บรรณานุกรม

- [1] GURU.SANOOK.COM. **เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell).** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://guru.sanook.com/6613> (9 สิงหาคม 2560)
- [2] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2554 **ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ กฟผ.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : [http://www3.egat.co.th/re/solarcell/solarcell\\_pg5.htm](http://www3.egat.co.th/re/solarcell/solarcell_pg5.htm) (9 สิงหาคม 2560)
- [3] ศักดิ์ชัยมอเตอร์. **แบตเตอรี่โซล่าเซลล์ Battery Deep cycle.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.sakchaimotor.com> (4 สิงหาคม 2560)
- [4] Solar Smile Knowledge. 2556 **เครื่องควบคุมการชาร์จ.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://solarsmileknowledge.com/2013/06/25/charge-controller> (7 สิงหาคม 2560)
- [5] บริษัท วินส ซัพพลาย จำกัด. **Arduino UNO R3.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.arduinoall.com/product/16/arduino-uno-r3> (18 สิงหาคม 2560)
- [6] Narin Group. 2559 **Motor driver module.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://naringroup.blogspot.com/2016/03/robot-l298n-dual-h-bridge-motor.html> (25 กันยายน 2560)
- [7] บริษัท วินส ซัพพลาย จำกัด. **DC Gear Box Motor.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://thaieasyelec.com/products/robotics/motor/dc-gear-motor.html> (14 กันยายน 2560)
- [8] โรงเรียนมหาวิทยาลัยสุรินทร์. **LDR : Light Dependent Resistor.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : [http://www.mwit.ac.th/ponchai/CAI\\_electronics/image/LDR.HTM](http://www.mwit.ac.th/ponchai/CAI_electronics/image/LDR.HTM) (16 สิงหาคม 2560)
- [9] บริษัทวินสซัพพลายจำกัด. **ESP8266.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/embedded-electronics-application/getting-started-with-esp8266-nodemcu.html> (9 กันยายน 2560)
- [10] Arduino All. **โมดูลวัดแรงดันไฟฟ้า.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.arduinoall.com/category/33/sensors-modules-shield> (1 ตุลาคม 2560)

### บรรณานุกรม (ต่อ)

- [11] Akaradech123. 2017 ตัวต้านทานปรับค่าได้ (VR). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://akaradech123.blogspot.com/2017/09/fixed-resistorstappedresistor.html> (11 พฤศจิกายน 2560)
- [12] Texas Instruments. 2561 ADS1115. [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก : [www.ti.com/lit/ds/symlink/ads1115.pdf](http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ads1115.pdf) (21 ตุลาคม 2560)

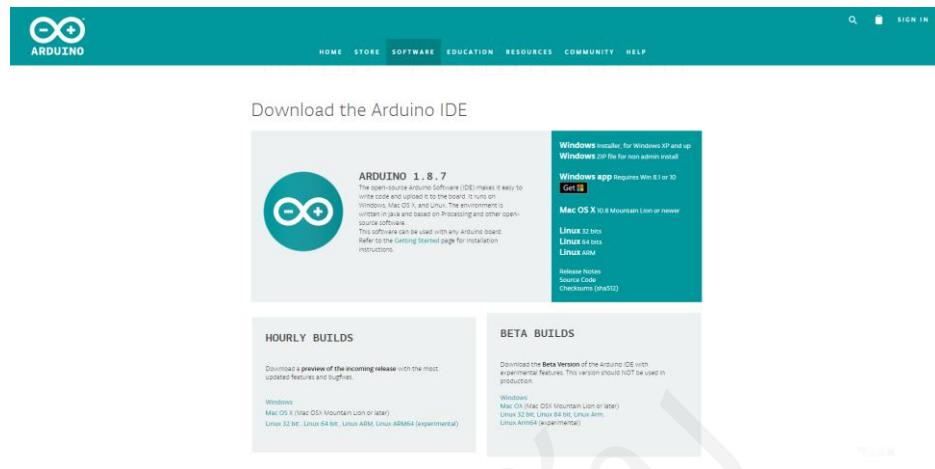
ภาคผนวก ก

ซอฟต์แวร์โค้ดของระบบ (อยู่ในแผ่น CD)

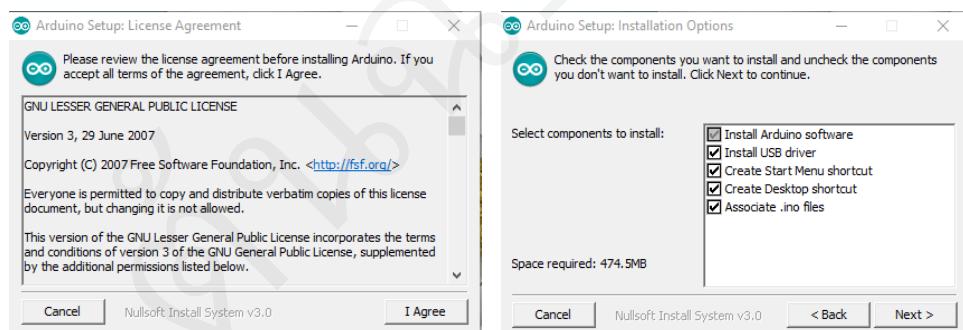
ภาคผนวก ข  
วิธีการติดตั้งโปรแกรม

## วิธีการติดตั้งโปรแกรม

- ดาวน์โหลด Software Arduino ที่ <https://www.arduino.cc/en/main/software>

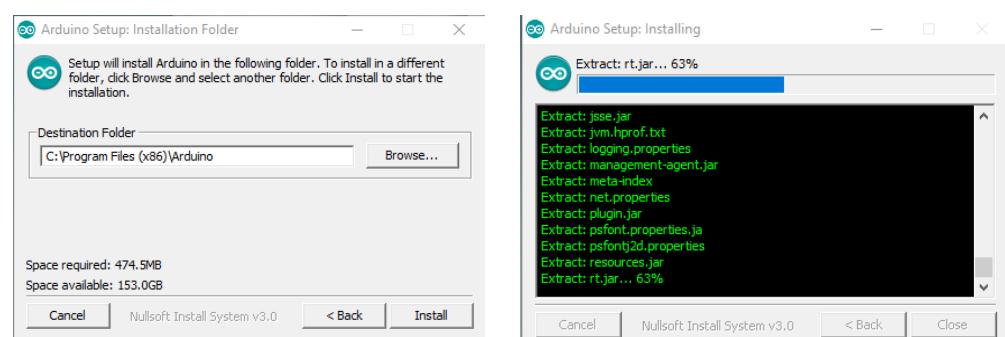


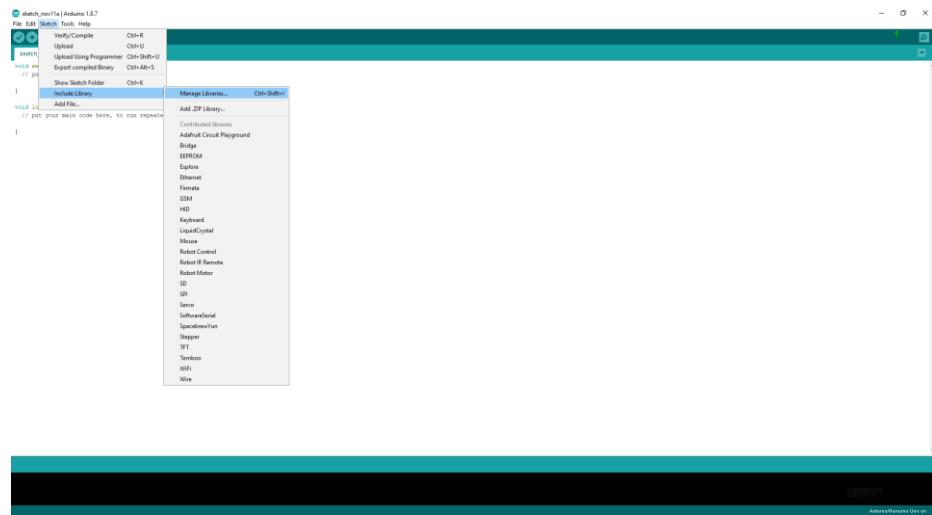
- ขั้นตอนการติดตั้ง



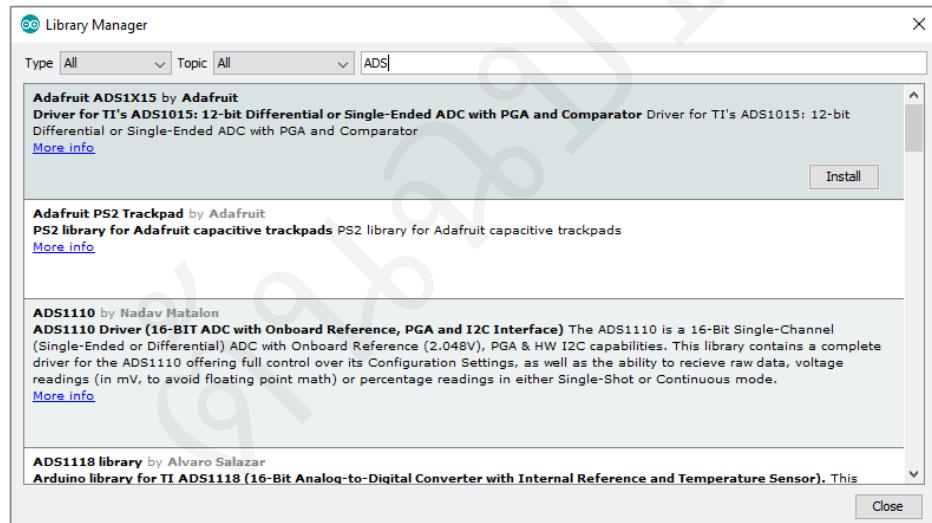
## ขั้นตอนการเพิ่ม Libraries

- Sketch -> Include Library -> Manage Libraries...

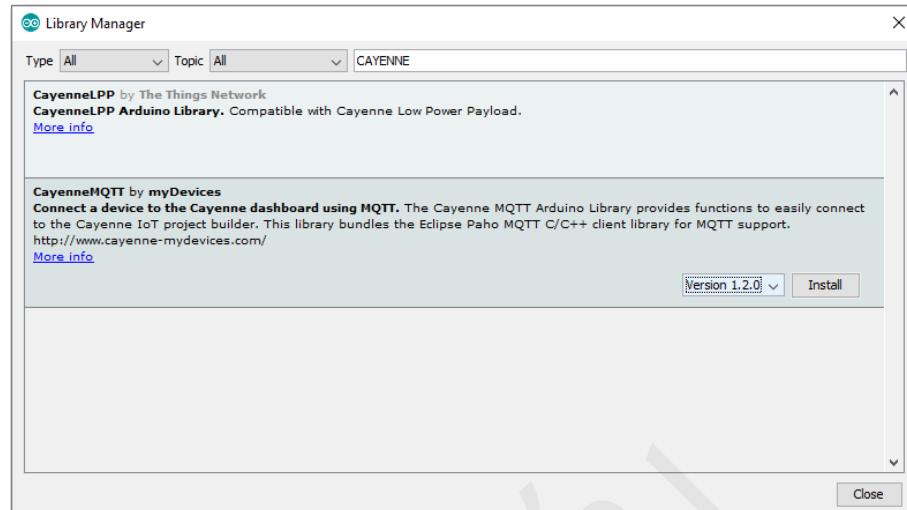




## 2) គួរការណ៍ Library “ADS 1x15” -> Install



3) គួរការណ៍ Library “CayenneMQTT” -> Install



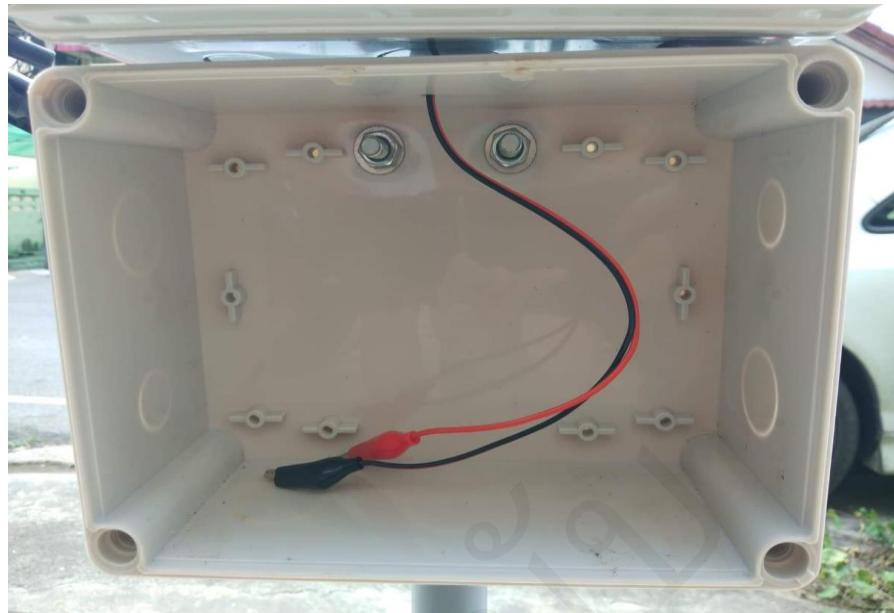
ภาคผนวก ค  
วิธีการใช้งานอุปกรณ์

### วิธีการใช้งานอุปกรณ์

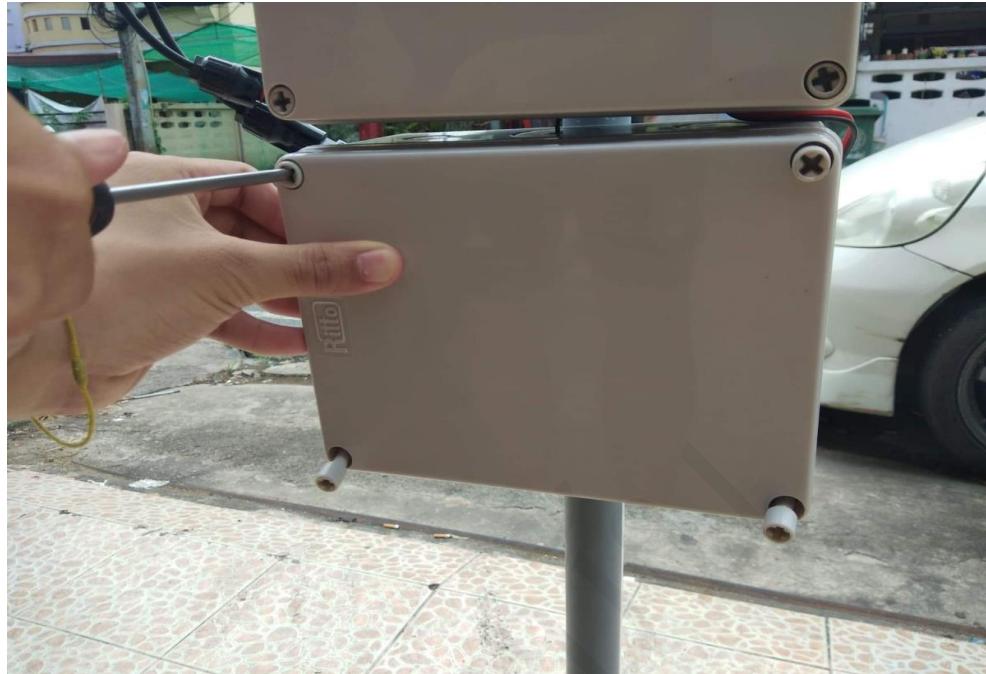
- 1) เปิดกล่องอุปกรณ์เพื่อใส่แบตเตอรี่



2) ทำการต่อสายแบตเตอรี่



3) ปิดกล่องอุปกรณ์



4) เขื่อมต่อสายจากแบงโฉล่าเซลล์กับกล่องอุปกรณ์



5) เปิดสวิตซ์เพื่อใช้งานอุปกรณ์

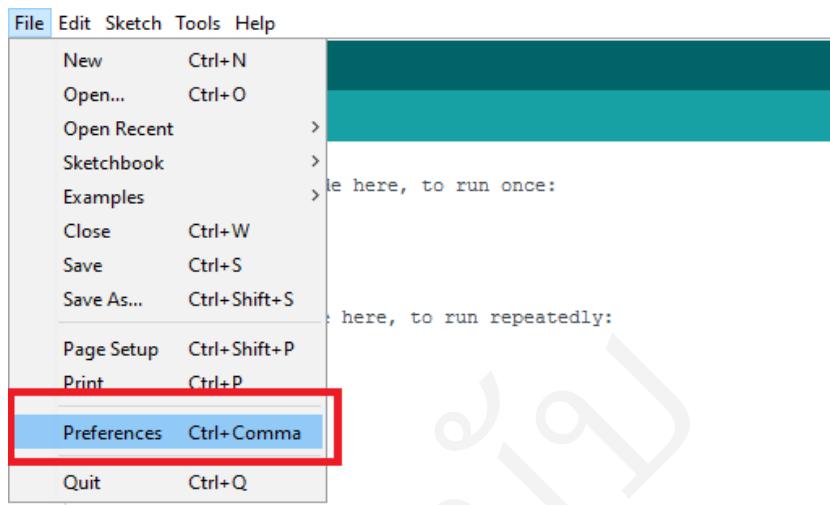


การเชื่อมต่ออุปกรณ์กับเว็บแอปพลิเคชัน Cayenne โดยจะทำการเชื่อมต่อผ่านทางอินเตอร์เน็ต ผ่านทางบอร์ด ESP8266 และจะทำการส่งค่าไปยังเว็บแอปพลิเคชัน เพื่อนำค่าที่อุปกรณ์ส่งไปยังเว็บ แอปพลิเคชันแสดงอัตราการเก็บพลังงานอย่างมีต่อ ฯ

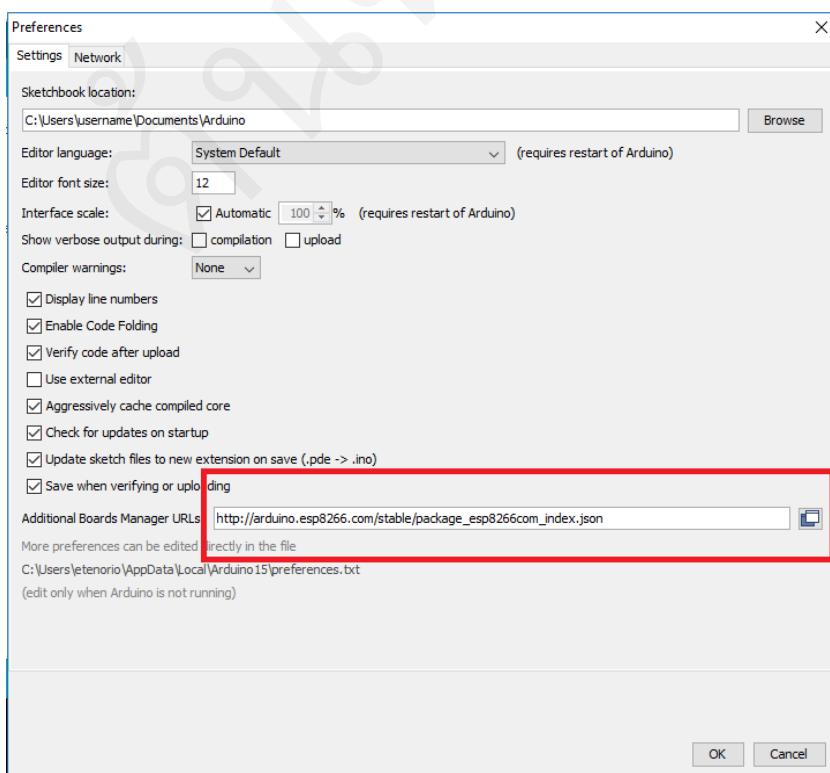
Cayenne คือ เว็บแอปพลิเคชัน Cayenne ทำงานบนระบบคลาวด์ เปิดให้ผู้ใช้พัฒนาสามารถทำการเข้าไปใช้งานต่าง ๆ เช่น Raspberry Pi, Microcontrollers และ Arduino โดยสามารถทำการเชื่อมต่อผ่านโบटโคล MQT

## การซื้อโมดูล ESP8266 กับเว็บแอปพลิเคชัน

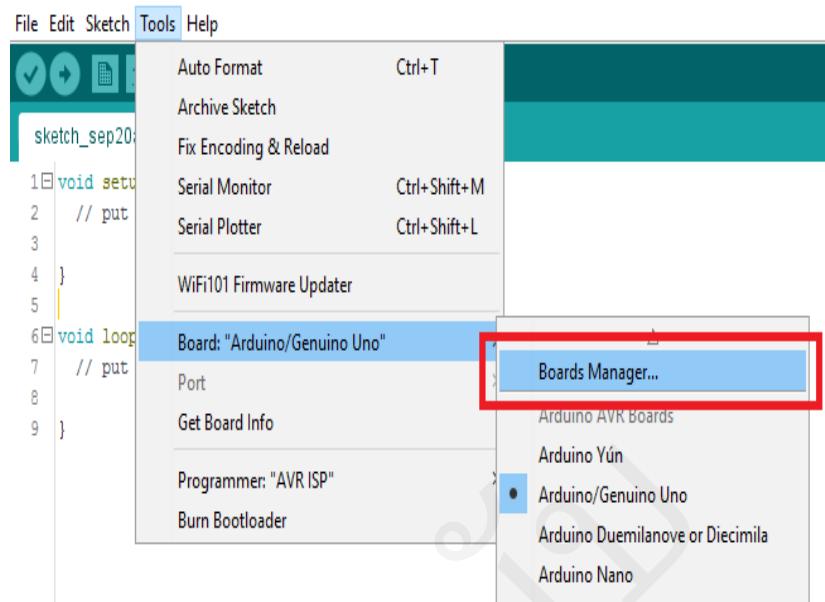
- 1) เปิด Arduino IDE
- 2) ไปที่ File > Preferences



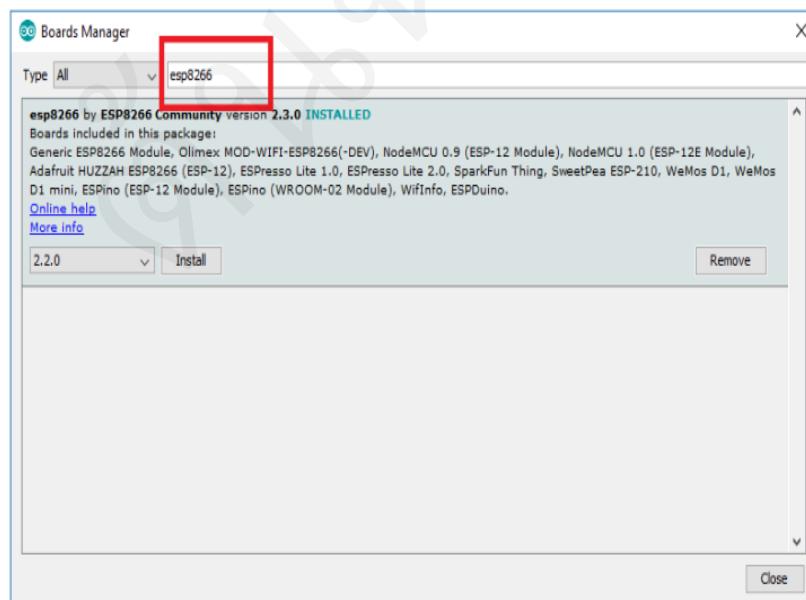
- 3) พิมพ์ URLs ดังรูปที่ หลังจากนั้นคลิกปุ่ม OK



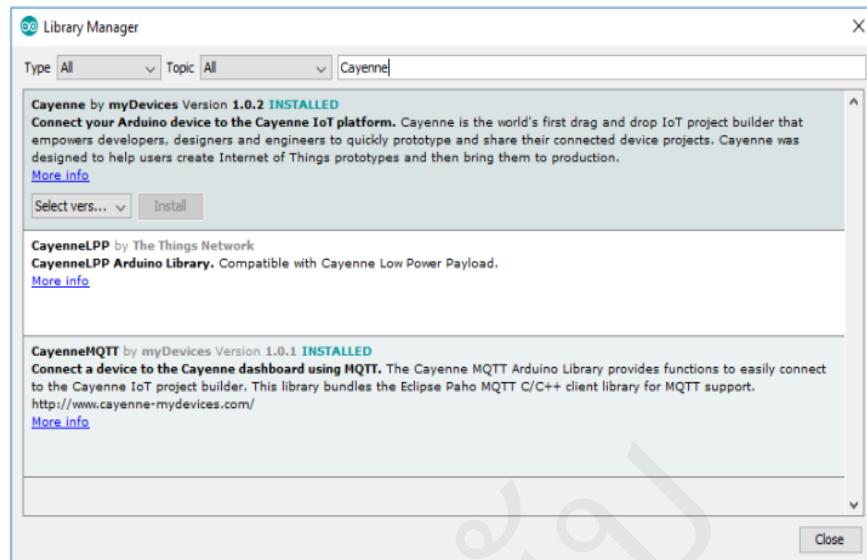
4) ให้ไปที่ Tools > Board: “Arduino/Genuino” > Boards Manager...



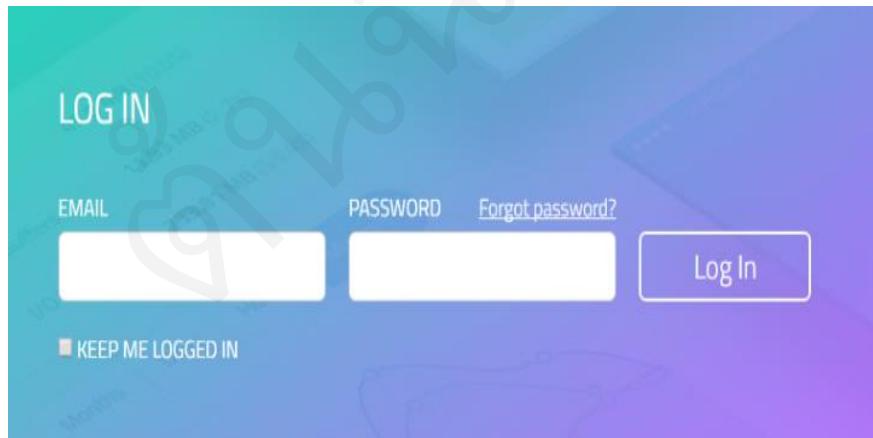
5) พิมพ์ค้นหา esp8266 หลังจากนั้นคลิก Install



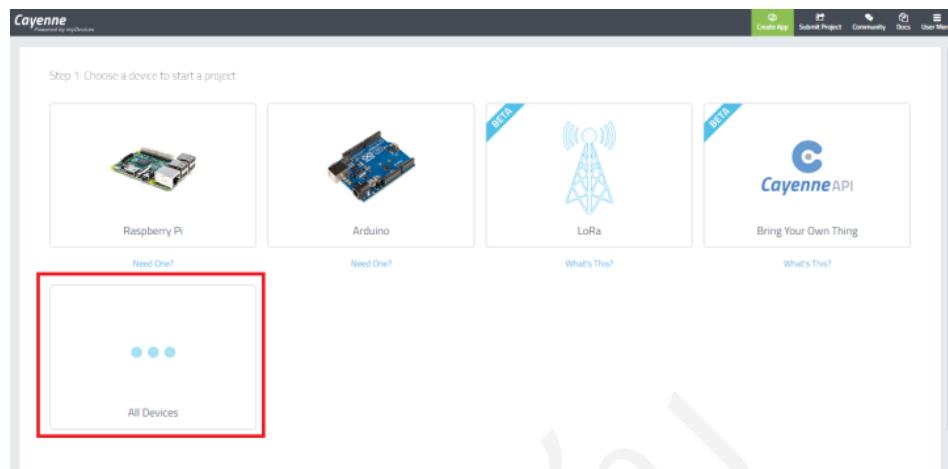
## 6) พิมพ์ช่องค้นหา Cayenne MQTT



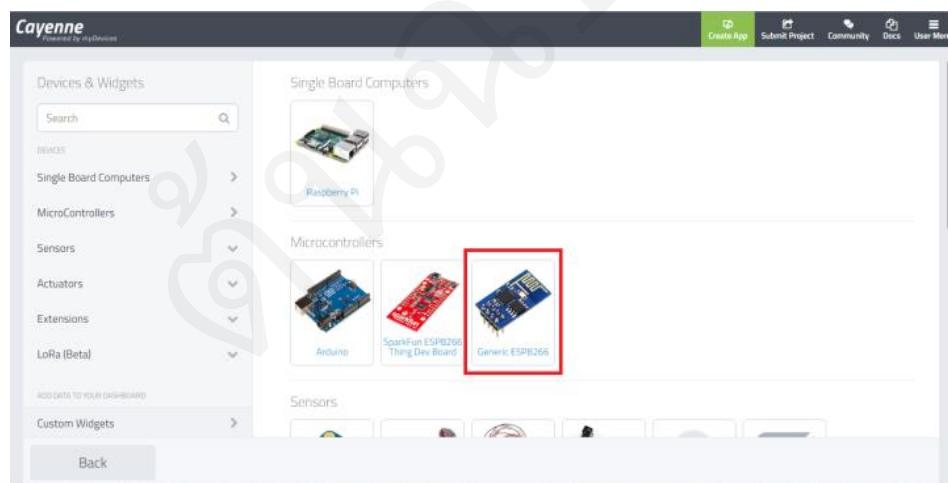
## 7) เข้าสู่ระบบบัญชี (ลงทะเบียนฟรีถ้ายังไม่ได้ที่ หน้าสมัครสมาชิก Cayenne)



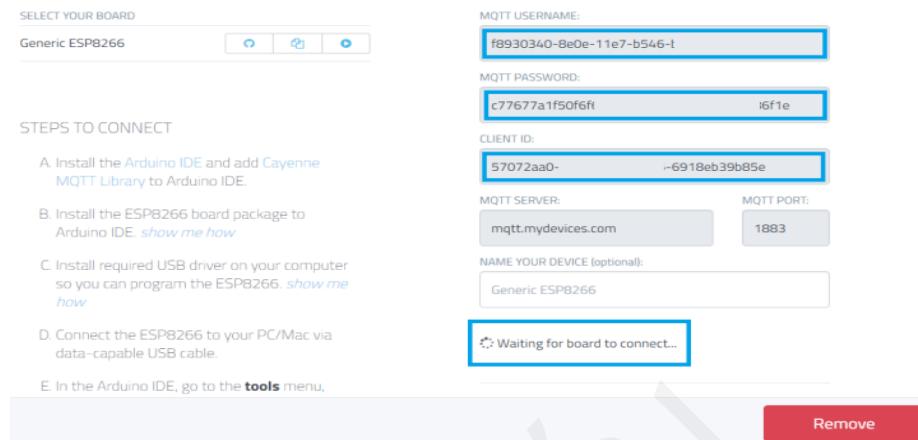
8) เมื่อเข้าสู่ระบบขั้นตอนต่อไปคือการเลือกอุปกรณ์ที่จะใช้ หากอุปกรณ์นี้เป็นอุปกรณ์ตัวแรกในเดชบอร์ดให้เลือกอุปกรณ์ทั้งหมด



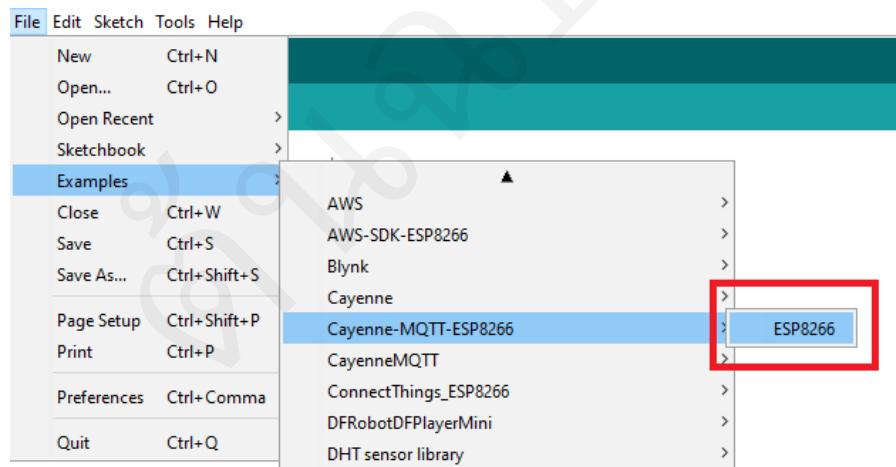
9) จากนั้นเลือก Generic ESP8266



10) แสดงด้วยชื่อผู้ใช้ MQTT รหัสผ่าน MQTT และ ID จำเป็นต้องมีรายละเอียดเหล่านี้ นอกจากนี้จะเห็นที่ส่วนท้ายของหน้าว่ากำลังรออุปกรณ์เชื่อมต่อ



11) เปิด Arduino IDE ไปที่ File > Cayenne-MQTT-ESP8266 > ESP8266



12) ทำการ Copy MQTT USERNAME, MQTT PASSWORD, ID และ SSID, Wi-Fi Password  
ที่ต้องการเขียนต่ออินเตอร์เน็ตมาใส่

```
// Cayenne authentication info. This should be obtained from the Cayenne Dashboard.  
char username[] = "MQTT_USERNAME";  
char password[] = "MQTT_PASSWORD";  
char clientID[] = "CLIENT_ID";  
  
// WiFi network info.  
char ssid[] = "ssid";  
char wifiPassword[] = "wifiPassword";
```

ประวัติผู้จัดทำบริษัทภานุพนธ์

**ประวัติผู้จัดทำปริญญาบัตร**



ชื่อ	นายพดุงศักดิ์ ครองพาก รหัส 115740462002-0
สาขาวิชา/ภาควิชา	ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
วัน-เดือน-ปี เกิด	วันที่ 17 เมษายน 2534
สถานที่เกิด	จังหวัดชัยภูมิ
ที่อยู่	332 ม.7 บ้านเพชร ต.บ้านเพชร อ.ภูเขียว จ.ชัยภูมิ 36110
ประวัติการศึกษา	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) วิทยาลัยการอาชีพแก้งคร้อ 2551 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) วิทยาลัยการอาชีพแก้งคร้อ 2553

**ประวัติผู้จัดทำปริญญาภินพนร**



ชื่อ	นายสิรภพ อ้วมเจริญ รหัส 115740462004-6
สาขาวิชา/ภาควิชา	ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
วัน-เดือน-ปี เกิด	วันที่ 10 กันยายน 2535
สถานที่เกิด	จังหวัดสุรินทร์
ที่อยู่	100/301 หมู่บ้านวรารักษ์ ใจกลาง-วังน้อย ม.12 ต.ลำตาเสา อ.วังน้อย จ.พระนครศรีอยุธยา 13170
ประวัติการศึกษา	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) วิทยาลัยเทคนิคพระนครศรีอยุธยา 2553 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) วิทยาลัยเทคนิคสระบุรี 2555

### ประวัติผู้จัดทำปริญญาภินพนร



ชื่อ	นายธีระนันต์ พันธุ์ภักดี รหัส 115740462023-6
สาขาวิชา/ภาควิชา	ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
วัน-เดือน-ปี เกิด	วันที่ 17 กันยายน 2537
สถานที่เกิด	จังหวัดปราจีนบุรี
ที่อยู่	125 ม.10 ต.คงชีเหล็ก อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี 25000
ประวัติการศึกษา	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี 2553 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี 2556