หุ่นยนต์ฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีสำหรับห้องผ่าตัด

Ultra-Violet Sterilization Bot for Operating Room Disinfection

ทัพรัตน์ แซ่อึ้ง

Tapparat Sae-oung

พชรวรรณ ชาญประโคน

Pacharawan Chanprakon

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมชีวการแพทย์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

หุ่นยนต์ฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีสำหรับห้องผ่าตัด

Ultra-Violet Sterilization Bot for Operating Room Disinfection

ทัพรัตน์ แซ่อั้ง

Tapparat Sae-oung

พชรวรรณ ชาญประโคน

Pacharawan Chanprakon

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมชีวการแพทย์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นยนต์ฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีสำหรับห้องผ่าตัด

Ultra-Violet Sterilization Bot for Operating Room Disinfection

ทัพรัตน์ แซ่อั้ง

พชรวรรณ ชาญประโคน

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.วิบูลย์ ปิยวัฒนเมธา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมชีวการแพทย์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	หุ่นยนต์ฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีสำหรับห้องผ่าตัด
นักศึกษา	นางสาวทัพรัตน์ แซ่อั้ง 58010473
	นางสาวพชรวรรณ ชาญประโคน 58010827
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมชีวการแพทย์
พ.ศ.	2561
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	ดร.วิบูลย์ ปิยวัฒนเมธา

รายงานนี้ผ่านการตรวจโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

ลงชื่อ _____

(ดร.วิบูลย์ ปิยวัฒนเมธา)

อาจารย์ที่ปรึกษา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	หุ่นยนต์ฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีสำหรับห้องผ่าตัด
นักศึกษา	นางสาวทัพรัตน์ แซ่อั้ง 58010473
	นางสาวพชรวรรณ ชาญประโคน 58010827
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมชีวการแพทย์
ปีการศึกษา	2561
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	ดร.วิบูลย์ ปิยวัฒนเมธา

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขปัญหาการการติดเชื้อในห้องผ่าตัด เนื่องจากการติดเชื้อในห้องผ่าตัดมีมากถึง 14% ถึง 17% ของการติดเชื้อในโรงพยาบาลทั้งหมด ในปัจจุบันได้มีเทคโนโลยีการฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตร้าไวโอเลต (Ultraviolet Germicidal Irradiation : UVGI) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียไวรัสและเชื้อราต่างๆ ทางคณะผู้จัดทำจึงได้ออกแบบหุ่นยนต์ฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีสำหรับห้องผ่าตัดที่มีระบบควบคุมแบบไร้สาย แสดงผลผ่านหน้าเว็บไซต์โดยใช้การเชื่อมต่อผ่านเครือข่าย Wi-Fi เดียวกัน ทำให้สามารถควบคุมการเคลื่อนที่รวมไปถึงการหลบหลีกสิ่งกีดขวางได้ มีหลอดยูวีที่มีพลังงาน 19.3 วัตต์ จำนวน 3 หลอด ซึ่งได้ทดสอบประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียตัวอย่าง *Staphylococcus Aureus* ซึ่งตั้งอยู่ห่างจากหลอดยูวี 35 เซนติเมตร พบว่าใช้เวลา 8 วินาทีในการฆ่าเชื้อได้อย่างหมดจด ทำให้การฆ่าเชื้อเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และสามารถลดอัตราการติดเชื้อในห้องผ่าตัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Autonomous Ultra-Violet Sterilization bot for operating room disinfection
Student	Tapparat Sae-oung 58010473
	Pacharawan Chanprakon 58010827
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Biomedical Engineering
Year	2018
Thesis Advisor	Dr.Wibool Piyawattanametha

Abstract

This project was designed to help enhance cleanliness in operating or patients' rooms. Surgical site infections (SSI) account for 14% to 17% of all hospital-acquired infections because a standard cleaning via chemical disinfection is insufficient. An additional method by utilizing ultraviolet germicidal irradiation is proven to be an effective method to reduce germs and bacteria. Our research team has developed a robotic UV sterilizer or a UV bot to disinfect rooms. Our UV bot can be controlled via a Wi-Fi network with a live streaming aiding the UV bot navigation to avoid obstacles around the room. Our UV Bot has three 19.3-watt of UV lamps. We tested the effectiveness of our UV lamps capabillity via illumination on *Staphylococcus Aureus* bacteria sample plates located 35 cm away. All the bacteria from sample plates were irradicated within 8 seconds after UV light exposure. Therefore, our UV bot can effectively use to sterilize and potentially aid in reducing the infection rate in patients' room.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลือของอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.วิบูลย์ ปิยวัฒเมธา, ดร.ตรีสุคนธ์ ตรีบุพชาติสกุล และ ดร.พิมพ์ขวัญ หาญนันทอนันต์ ซึ่งเป็นผู้ให้คำแนะนำ คำปรึกษาและข้อคิดเห็นต่างๆที่เป็นประโยชน์ในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นอย่างยิ่ง อีกทั้งยังช่วยแก้ไขปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในระหว่างการดำเนินงาน และขอขอบคุณคณาจารย์และบุคลากรในภาควิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์ทุกท่านที่ช่วยสนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทำปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้ และขอบคุณเพื่อนๆ วิศวกรรมชีวการแพทย์รุ่นที่ 4 ที่ช่วยให้คำแนะนำให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือในการทำปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ซึ่งเปิดโอกาสให้ได้รับการศึกษาในภาควิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์แห่งนี้ ตลอดจนคอยช่วยเหลือและให้กำลังใจผู้เรียนเสมอมาและ ขอบพระคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมชีวการแพทย์ที่ได้ให้โอกาสศึกษาหาความรู้ในการจัดทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้ได้อย่างประสบความสำเร็จ

ทัพรัตน์ แซ่อั้ง

พชรวรรณ ชาญประโคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VII

สารบัญรูปภาพ VIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.5 แผนการดำเนินการ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 รังสีอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet Radiation : UV) 5

2.1.1 การฆ่าเชื้อโรคด้วยการฉายรังสียูวี-ซี 7

2.1.2 ลักษณะใช้งานฆ่าเชื้อโรคด้วยหลอดรังสียูวี 7

2.2 Germicidal Irradiation or UVGI 8

2.3 การคำนวณปริมาณรังสีที่ได้รับในบริเวณต่างๆ 9

2.4 ความปลอดภัยของรังสียูวี 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 มาตรฐานห้องผ่าตัด 13
2.6 การติดเชื้อในโรงพยาบาล (Nosocomial Infections : NI or Hospital-Acquired Infection : HAI) 16
2.6.1 การติดเชื้อที่ตำแหน่งผ่าตัด (Surgical Site Infection : SSI) 17
2.7 การเพาะเลี้ยงเชื้อ 18
2.7.1 การขีดเชื้อในจานเพาะเชื้อ Streak Plate 18
2.7.2 การทำให้เชื่อกระจายบนอาหารเลี้ยงเชื้อ (Spread Plate) 19
2.7.3 การทำให้เชื้อแบคทีเรียบริสุทธิ์โดยวิธีเทเพลท (Pour-plate Technique) 20
2.7.4 ชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อ 21
2.7.5 เชื้อ *Staphylococcus aureus* 23
2.7.6 *Methicillin Resistant Staphylococcus Aureus* (MRSA) 24
2.8 Python 26
2.9 HTML 27
2.10 Raspberry Pi 28
บทที่ 3 การดำเนินงาน 31
3.1 การสร้างหุ่นยนต์ฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวี 31
3.1.1 การออกแบบหุ่นยนต์ 31
3.1.2 การสร้างหุ่นยนต์ต้นแบบ 36
3.1.3 การสร้างโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ 40
3.2 การทดสอบการฆ่าเชื้อของรังสียูวี 55
3.2.1 อาหารเลี้ยงเชื้อ NA (Nutrient Agar) 55
3.2.2 การเจือจางแบคทีเรีย (Ten-fold serial dilution) 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 Spread plate 62
3.2.4 ทดสอบการฆ่าเชื้อด้วยหลอดยูวีในตู้ laminar flow 65
3.2.5 ทดสอบการฆ่าเชื้อด้วยหลอดยูวีของหุ่นยนต์ฆ่าเชื้อ 65
บทที่ 4 ผลการทดลอง 68
4.1 การทำงานของหุ่นยนต์ 68
4.1.1 การออกแบบหุ่นยนต์ 68
4.1.2 การสร้างหุ่นยนต์ 69
4.1.3 การสร้างโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ 69
4.2 การทดสอบการฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวี 70
4.2.1 การเจือจางแบคทีเรีย (Ten-fold serial dilution) 70
4.2.2 ทดสอบการฆ่าเชื้อด้วยหลอดยูวี 73
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 79
5.1 สรุปผลการทดลอง 79
5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางแก้ไข 79
5.3 แนวทางการพัฒนา 80
บรรณานุกรม XII
ภาคผนวก ก XIV
ภาคผนวก ข XXIX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 ตารางแสดงแผนการดำเนินการใน ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2561 3
ตาราง 2 ตารางแสดงแผนการดำเนินการใน ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2561 4
ตาราง 3 ตารางเปรียบเทียบหน่วยบริการโรงพยาบาล 300 เตียง กับข้อกำหนดมาตรฐาน 14
ตาราง 4 ตารางเปรียบเทียบหน่วยบริการโรงพยาบาล 500 เตียง กับข้อกำหนดมาตรฐาน 15
ตาราง 5 ผลการทดลองตอนที่ 1 ทำการทดสอบที่ระยะ 35 เซนติเมตร 77
ตาราง 6 ผลการทดลองตอนที่ 1 ที่ระยะต่างๆ 78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1 แสดงช่วงความยาวคลื่นของรังสียูวี 5
รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ของความยาวคลื่นและรังสียูวี-ซี 6
รูปที่ 3 แสดงการเกิดปรากฏการ thymine dimer 9
รูปที่ 4 แสดงการถูกทำลายของ DNA 9
รูปที่ 5 UV dose ($\mu W \cdot sec/cm^2$) (1) 11
รูปที่ 6 UV dose ($\mu W \cdot sec/cm^2$) (2) 11
รูปที่ 7 การสังเกตระบบยูวีซี ผ่านหน้าต่างหรือหรือกระจก 12
รูปที่ 8 ห้องผ่าตัด 13
รูปที่ 9 เชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของการติดเชื้อในโรงพยาบาล 17
รูปที่ 10 วิธี Streak Plate 19
รูปที่ 11 แสดงความแตกต่างระหว่างวิธี Spread Plate กับ Pour Plate 20
รูปที่ 12 วิธีการเจือจางเชื้อแบบ Ten-fold Dilution 21
รูปที่ 14 *Staphylococcus aureus* 23
รูปที่ 15 *Staphylococcus aureus* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ 24
รูปที่ 16 แผลติดเชื้อ MRS 25
รูปที่ 17 แสดงสัญลักษณ์ภาษา Python 27
รูปที่ 18 แสดงรายละเอียดส่วนประกอบ Raspberry Pi 28
รูปที่ 19 ภาพแสดงสัญลักษณ์ Raspberry Pi 29
รูปที่ 20 แสดงส่วน GPIO ของ Raspberry Pi 30
รูปที่ 21 แสดงการออกแบบส่วนฐานของหุ่นยนต์เมื่อมองจากมุมบนและจากมุมล่าง 31
รูปที่ 22 แสดงการออกแบบหุ่นยนต์เมื่อมองจากด้านข้าง 32
รูปที่ 23 แสดงการออกแบบแบบจำลอง 3 มิติของหุ่นยนต์ฆ่าเชื้อ 32
รูปที่ 24 แผนผังการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆของหุ่นยนต์ 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 25 แบบจำลอง Ultrasonic sensor และ Webcam camera....34
รูปที่ 26 แบบจำลองหลอดไฟยูวี....35
รูปที่ 27 UV dose ($\mu W \cdot sec/cm^2$) required....36
รูปที่ 28 แสดงโครงสร้างส่วนฐานของหุ่นยนต์....36
รูปที่ 29 แสดงล้อของหุ่นยนต์....37
รูปที่ 30 แสดงเสากลาง และหลอดไฟของหุ่นยนต์....38
รูปที่ 31 แสดงการประกอบส่วนฐานกับส่วนเสากลางเข้าด้วยกัน....38
รูปที่ 32 แสดงการต่อวงจรของหุ่นยนต์....39
รูปที่ 33 หุ่นยนต์ที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์....39
รูปที่ 34 แผนผังการทำงานของหุ่นยนต์....40
รูปที่ 35 แสดงหน้าต่าง https://www.raspberrypi.org/downloads/....41
รูปที่ 36 แสดงตำแหน่งของ RASPBIAN STRETCH WITH DESKTOP....41
รูปที่ 37 แสดงหน้าเว็บของ https://www.7-zip.org/download.html....42
รูปที่ 38 แสดงหน้าเว็บ https://etcher.io/....43
รูปที่ 39 แสดงหน้าต่างโปรแกรม Etcher....43
รูปที่ 40 แสดงการเลือกระบบปฏิบัติการที่จะลงใน SD Card....44
รูปที่ 41 แสดงการกดเลือก drive....44
รูปที่ 42 แสดงปุ่ม flash....45
รูปที่ 43 แสดงการเชื่อมต่อของ raspberry pi และ motor drive ฝั่งล้อขวา....46
รูปที่ 44 แสดงการเชื่อมต่อของ raspberry pi และ motor drive ฝั่งล้อซ้าย....46
รูปที่ 45 แสดงตัวอย่างของ code ที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่....47
รูปที่ 46 แสดงการเชื่อมต่อระหว่าง raspberry pi และ ultrasonic sensors....47
รูปที่ 47 ภาพแสดงตัวอย่าง code ที่ใช้ควบคุม ultrasonic sensors....48
รูปที่ 48 แสดงตัวอย่าง code ที่ใช้ควบคุม solid state relay....49
รูปที่ 49 แสดงหน้าต่างโปรแกรม adobe dreamweaver....50
รูปที่ 50 ภาพแสดงการเขียนหน้าเว็บไซต์....50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 51 แสดงสัญลักษณ์ของ Flask.....51
รูปที่ 52 แสดงการรับส่งข้อมูลโดยใช้ flask ผ่าน python และ HTML.....51
รูปที่ 53 แสดงตำแหน่ง IP.....52
รูปที่ 54 แสดงการส่งข้อมูลแบบตัวแปรจาก python.....52
รูปที่ 55 แสดงการรับข้อมูลตัวแปรบน HTML.....53
รูปที่ 56 แสดงคำสั่งสำหรับตั้งค่า Wi-Fi.....53
รูปที่ 57 แสดงการตั้งค่า Wi-Fi เป็น “Project2019”.....54
รูปที่ 58 แสดงคำสั่งสำหรับเข้าไปแก้ไขเมื่อเปิด raspberry pi.....54
รูปที่ 59 แสดงคำสั่งที่พิมพ์เพิ่มเติมเมื่อตอน raspberry pi เปิด.....55
รูปที่ 60 ชั่ง peptone 1.25 กรัม.....57
รูปที่ 61 ชั่ง Yeast Extract 0.75 กรัม.....57
รูปที่ 62 ชั่ง NaCl 1.25 กรัม.....58
รูปที่ 63 ชั่ง Agar 3.7 กรัม.....58
รูปที่ 64 เติมน้ำกลั่นเล็กน้อยแล้วนำไปวางบนเครื่องกวนสาร เพื่อผสมให้เข้ากัน.....58
รูปที่ 65 เทอาหารเลี้ยงเชื้อใส่กระบอกตวง.....59
รูปที่ 66 เติมน้ำกลั่นให้ได้ 250 มิลลิลิตร.....59
รูปที่ 67 ผสมให้เข้ากันโดยการเทกลับไปมาระหว่างบีกเกอร์และกระบอกตวง.....59
รูปที่ 68 เทใส่ขวดรูปชมพู่ จากนั้นคนให้เข้ากัน.....60
รูปที่ 69 เขียนกำกับที่หลอดบรรจุอาหารเหลวทั้ง 10 หลอด.....61
รูปที่ 70 เขี่ยเชื้อจากจานเลี้ยงเชื้อตัวอย่าง.....61
รูปที่ 71 ใส่ลงในหลอดบรรจุอาหารเหลว 10^1.....62
รูปที่ 72 ทำให้เข้ากันแล้วปิดฝาให้สนิท.....62
รูปที่ 73 ใช้ปิเปตดูดแบคทีเรีย ปริมาตร 0.1 ml ใส่ลงบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อวุ้น.....63
รูปที่ 74 นำ glass spreader ไปลนไฟ.....64
รูปที่ 75 Spread plate.....64
รูปที่ 76 ปิดด้วยพาราฟิล์ม.....64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 77 การฆ่าเชื้อด้วยหลอดยูวีในตู้ laminar flow.....65
รูปที่ 78 การฆ่าเชื้อด้วยหลอดยูวีของหุ่นยนต์ฆ่าเชื้อ 66
รูปที่ 79 แสดง Thorlabs PM100D Power meter S120C.....67
รูปที่ 80 3.2.6 วิธีการทดสอบ watt output ของหลอดถยูวี.....67
รูปที่ 81 แสดงแบบจำลองหุ่นยนต์จากโปรแกรม Autodesk.....68
รูปที่ 82 หุ่นยนต์ฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวี.....69
รูปที่ 83 ระบบควบคุมหุ่นยนต์ฆ่าเชื้อ.....70
รูปที่ 84 แสดงกราฟ watt output ที่ระยะต่างๆ.....78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องด้วยมาตรฐานของห้องผ่าตัดคือต้องเป็นสถานที่ซึ่งมีความปลอดเชื้อมากที่สุด จะต้องเป็นห้องที่มีพื้นผิวสะอาดมีอากาศที่บริสุทธิ์ปราศจากเชื้อโรค เพื่อความปลอดภัยและลดอัตราการติดเชื้อที่อาจเกิดขึ้นขณะผ่าตัดของผู้ป่วยที่มารับการผ่าตัด ในปัจจุบันพบว่าปัญหาการติดเชื้อในห้องผ่าตัดมีมากถึง 14% ถึง 17% ของการติดเชื้อในโรงพยาบาลทั้งหมด และ 38% ของการติดเชื้อในโรงพยาบาลเกิดขึ้นกับผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัด จึงต้องมีการเตรียมห้องผ่าตัดให้สะอาดตั้งแต่ก่อนทำการผ่าตัดและหลังทำการผ่าตัด ซึ่งการทำความสะอาดแบบทั่วไปอย่างเช่นการเช็ดถูนั้นไม่สามารถกำจัดเชื้อโรคได้เพียงพอ ในปัจจุบันได้มีเทคโนโลยีการฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตร้าไวโอเลตเพื่อฆ่าเชื้อโรคที่อาจยังคงอยู่บนพื้นผิวหลังจากการทำความสะอาดด้วยมือ หรือที่รู้จักกันในชื่อ Ultraviolet Germicidal Irradiation (UVGI) คือระบบการใช้แสงยูวีที่มีความยาวคลื่น 200-280 นาโนเมตร ความยาวคลื่นที่เหมาะสมสำหรับการฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีคือ 254 นาโนเมตรหรือที่เรียกว่ายูวี-ซี ซึ่งมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียไวรัสและเชื้อราต่างๆในระดับสูง สามารถฆ่าเชื้อได้ทั้งในอากาศ ในน้ำ และบนพื้นผิววัตถุ และประสิทธิผลมากเมื่อใช้ฆ่าเชื้อโรคในห้องผ่าตัด

การฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีที่มีในปัจจุบันมีข้อจำกัดในการใช้งานหลายอย่าง เช่น รังสียูวีนั้นเป็นอันตรายต่อผู้ใช้หากได้รับรังสีเป็นเวลานานหรือในปริมาณรังสีที่มาก ทำให้ผิวหนังเกิดอาการแดงไหม้เกรียม และการติดเชื้อที่ตา (เยื่อบุตาอักเสบ) หรือการฆ่าเชื้อด้วยหลอดไฟยูวีชนิดหลอดติดเพดาน ก็ข้อจำกัดคือไม่สามารถฆ่าเชื้อได้ในทุกบริเวณที่ต้องการเนื่องจากรังสียูวีมีอำนาจในการทะลุทะลวงต่ำมาก รังสีจะต้องถูกเชื้อแบคทีเรียโดยตรงเท่านั้นถ้าเชื้อแบคทีเรียซ่อนอยู่ในเงาของวัตถุ เชื้อแบคทีเรียนั้นจะไม่ถูกทำลาย

ทางคณะผู้จัดทำจึงได้ออกแบบหุ่นยนต์ฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีสำหรับห้องผ่าตัดที่มีระบบควบคุมแบบไร้สาย (Wireless Control) จากหน้าเว็บไซต์โดยใช้การเชื่อมต่อผ่านระบบ Wi-Fi เดียวกัน ทำให้สามารถควบคุมการเคลื่อนที่รวมไปถึงการหลบหลีกสิ่งกีดขวางได้เพื่อให้การฆ่าเชื้อเป็นไปอย่างทั่วถึงและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อสร้างหุ่นยนต์ฆ่าเชื้อที่สามารถควบคุมแบบไร้สาย

1.2.2 เพื่อศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวี

1.2.3 เพื่อให้การฆ่าเชื้อโรคในห้องผ่าตัดเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

1.2.4 เพื่อพัฒนาวิธีการฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีในห้องผ่าตัด

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

โครงการนี้ได้มุ่งเน้นการออกแบบหุ่นยนต์ฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีสำหรับห้องผ่าตัด โดยระบบนี้จะประกอบไปด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกคือส่วนผู้ใช้งานที่สามารถควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ได้จากหน้า Webpage ส่วนที่สองคือส่วนของหุ่นยนต์ฆ่าเชื้อ ซึ่งแบ่งเป็นระบบประมวลผลโดยใช้ราสเบอร์รี่ พาย, ระบบพลังงานของหุ่นยนต์, ระบบควบคุมหลอดไฟ มีหลอดยูวี 48 วัตต์ จำนวน 3 หลอด, ระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ และระบบเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการสังเกตการณ์และตรวจจับสิ่งกีดขวาง ความสามารถของหุ่นยนต์ที่ได้คือ หุ่นยนต์ควบคุมการเคลื่อนที่แบบไร้สายทำให้สามารถควบคุมการเคลื่อนที่รวมไปถึงการหลบหลีกสิ่งกีดขวางได้เพื่อให้การฆ่าเชื้อเป็นไปอย่างทั่วถึงและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 หุ่นยนต์ฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีสำหรับห้องผ่าตัดสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อในห้องผ่าตัด

1.4.2 เนื่องจากหุ่นยนต์ฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีสำหรับห้องผ่าตัดสามารถควบคุมการทำงานแบบไร้สายได้ จึงช่วยลดภาระงานแก่บุคลากรทางการแพทย์

1.4.3 เพื่อเป็นแนวความคิดในการพัฒนาวิธีการฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 แผนการดำเนินการ

ตาราง 1 ตารางแสดงแผนการดำเนินการใน ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2561

แผนการ	ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2561																			
	ส.ค.			ก.ย.				ต.ค.				พ.ย.				ธ.ค.				
	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1. ศึกษาข้อมูลของการฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวี การทำงานของรังสีต่อเชื้อแบคทีเรีย ระยะเวลาที่ใช้																				
2. ออกแบบหุ่นยนต์ด้วยโปรแกรม Autodesk Inventor																				
3. ซื้ออุปกรณ์ Circuit และจัดทำตัวหุ่นยนต์ 3.1 ขึ้นโครงฐานของหุ่นยนต์ ติดล้อและมอเตอร์ 3.2 ทำโครงเสาบนของหุ่นยนต์ 3.3 ประกอบชุดฐาน โครงเสาบนและหลอดไฟ 3.4 เดินสายไฟและประกอบวงจร Circuit																				
4. ทดสอบการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ การเปิดปิดหลอดไฟ																				
5. ศึกษาข้อมูลการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมหุ่นยนต์																				
6. จัดทำรูปเล่มโครงงานบทที่ 1-3																				
7. ทดลองเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุม Sensor																				
8. ทดลองเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุม Motor																				
9. นำเสนอโครงงาน																				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2 ตารางแสดงแผนการดำเนินการใน ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2561

แผนการ	ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2561														
	ม.ค.			ก.พ.				มี.ค.				เม.ย.			
	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
1. UV pre experiment															
2. UV experiment															
3. เขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ให้สามารถควบคุมได้แบบไร้สายผ่านหน้าเว็บไซต์โดยผ่านระบบ Wi-Fi															
4. เปลี่ยนแหล่งจ่ายไฟเป็นแบตเตอรี่															
5. ทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์ และปรับแก้															
6. เขียนโปรแกรมให้เปิด-ปิดการทำงานอัตโนมัติ															
7. ทดสอบการทำงานของทั้งหมดหุ่นยนต์															
8. จัดทำรูปเล่มโครงงานบทที่ 3-5															
9. นำเสนอโครงงาน															

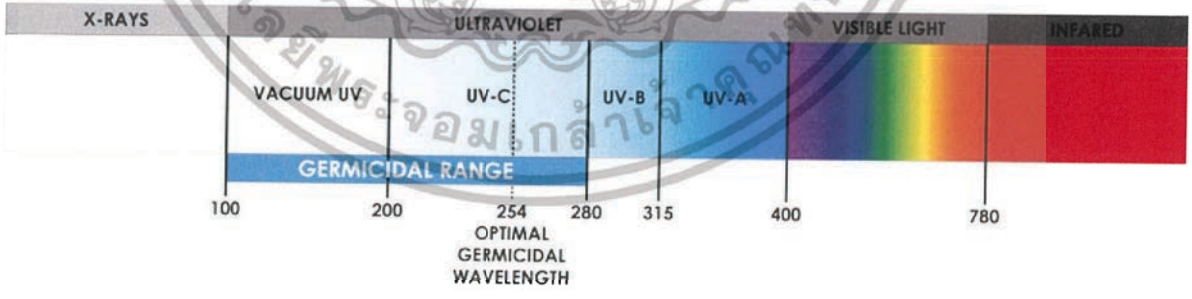
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

กระบวนการทำความสะอาดประจำวันของห้องผ่าตัดคือ ขจัดฝุ่นละอองในส่วนต่างๆ ของห้องที่พื้น, ผนังห้อง, อุปกรณ์หรือเครื่องมือที่มีอยู่ในห้องผ่าตัด อาจทำโดยใช้ผ้าชุบน้ำเช็ดหรือถูออก ถ้ามีคราบเลือดติดต้องเช็ดถูออกให้หมด ระหว่างผ่าตัดแต่ละรายนอกจากเช็ดถูให้สะอาดด้วยน้ำแล้วอาจลดจำนวนเชื้อโดยการใช้น้ำยาทำลายเชื้อถูพื้นด้วย นอกจากจะต้องทำความสะอาดแบบทั่วไปแล้วนั้น เพื่อให้แน่ใจว่าห้องจะสะอาด ปราศจากเชื้อโรคตามที่ต้องการ จึงมีความจำเป็นในการใช้รังสียูวีในการฆ่าเชื้อโรคหลังจากทำความสะอาดแบบทั่วไป ซึ่งรูปแบบการฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีในปัจจุบันมีข้อจำกัดในการใช้งาน การทำเป็นหุ่นยนต์จะสามารถทำให้การทำความสะอาดเชื้อโรคเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น บุคลากรทางการแพทย์ไม่ต้องทำงานหนักมากอย่างที่ไม่จำเป็น ดังนั้นการประดิษฐ์หุ่นยนต์ฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีในห้องผ่าตัดควบคุมควบคุมแบบไร้สาย (Wireless Control) จึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการฆ่าเชื้อโรคในห้องผ่าตัดได้

2.1 รังสีอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet Radiation : UV)

รังสีอัลตราไวโอเลตเป็นส่วนหนึ่งของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งอยู่ระหว่างรังสีเอ็กซ์เรย์ (X-rays) และแสงที่มองเห็นได้ (Visible light) รังสียูวี อยู่ในช่วงความยาวคลื่นของ 200 nm ถึง 390 นาโนเมตร ในการฆ่าเชื้อโรคความยาวคลื่นของรังสียูวีที่เหมาะสมที่สุดเกิดขึ้นที่ 254 นาโนเมตร



รูปที่ 1 แสดงช่วงความยาวคลื่นของรังสียูวี

โดยใน ค.ศ. 1932 (พ.ศ.2475) ในการประชุม The Second International Congress on Light ที่จัดขึ้นที่กรุงโคเปนเฮเกน ได้มีการเสนอให้แบ่งช่วงความยาวของรังสียูวีออกเป็น 3 ช่วง ดังนี้

1. UV-A ช่วงความยาวคลื่น 315 - 380 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

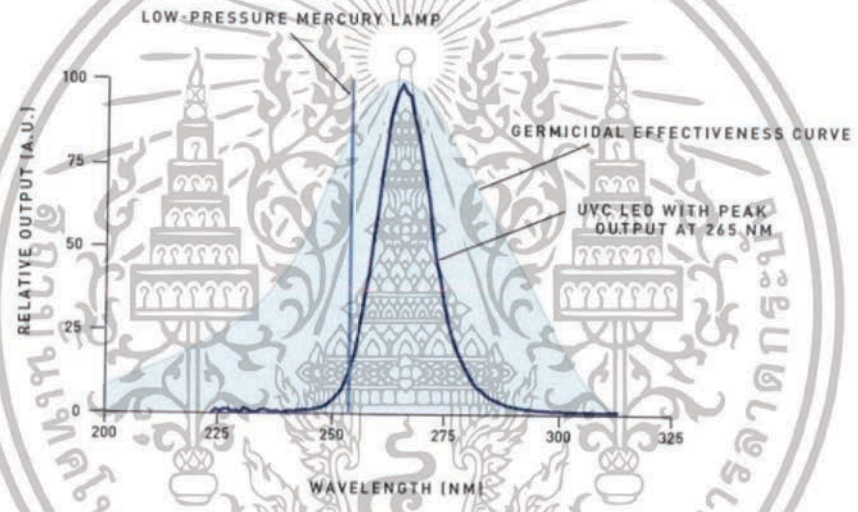
เป็นรังสียูวีที่ไม่ค่อยมีอันตรายมากนัก สามารถนำ มาใช้เป็นประโยชน์ได้หลายด้าน โดยเฉพาะทางด้านเคมี, ฟิสิกส์

2. UV-B ช่วงความยาวคลื่น 280 - 315 นาโนเมตร

มีผลต่อร่างกาย และสิ่งของได้ ก่อให้เกิดการไหม้ของผิวหนัง(Sunburn or Erythematic) และการอักเสบของตาดำ ได้ แต่มีคุณประโยชน์ในการรักษาโรคผิวหนังบางชนิดได้ รวมถึงการประยุกต์ ในงานอุตสาหกรรมเคมี

3. UV-C ช่วงความยาวคลื่น 200 - 280 นาโนเมตร

เป็นรังสีที่มี อันตรายต่อร่างกายได้อย่างรุนแรง เช่น ผิวแดงไหม้เกรียม (Erythema) หรือ เยื่อบุตาอักเสบ(Conjunctivitis) ซึ่งเราประยุกต์มาทำ ประโยชน์ในการฆ่าเชื้อโรคได้



รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ของความยาวคลื่นและรังสียูวี-ซี

รังสียูวีแบ่งได้ 2 ประเภทหลัก ดังนี้

1. UV Mercury

เป็นแหล่งกำเนิดแสงแบบดั้งเดิม โดยการสร้างรังสีอัลตราไวโอเลตแบบดั้งเดิมใช้การอาคของกระแสไฟฟ้าภายในหลอดก๊าซไอออไนซ์ซึ่งจะปล่อยโฟตอนออก หลังจากที่อะตอมลดลงทำให้เกิดแสงที่สม่ำเสมอ

2. UV Xenon

ในทางกลับกันการปล่อยพลังงานเป็นพัลส์ (เมื่อเทียบกับกระแสของแสง) หลังจากเก็บประจุไฟฟ้าในตัวเก็บประจุแล้วพลังงานจะส่งเป็นหน่วยมิลลิวินาที ทำให้เชื้อโรคไม่สามารถสร้างใหม่หรือซ่อมแซมเป็นโฟตอนที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 การฆ่าเชื้อโรคด้วยการฉายรังสียูวี-ซี

การฆ่าเชื้อโรคด้วยรังสียูวีซี ขึ้นกับสององค์ประกอบหลัก

1. ความลึกในการแทรกซึม (Depth of Penetration) ของรังสียูวี-ซี ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญมาก เนื่องจากรังสียูวีมีขีดจำกัดในการแทรกซึมผ่านวัตถุ (ยกเว้นน้ำและของเหลวบางชนิด) เพราะผิวชั้นนอกของวัตถุจะดูดซับรังสีเอาไว้
2. อันตรายจากรังสีต่างๆ (Possible Hazardous Effects of Such Radiation) ผู้ที่รับการฉายรังสีไม่ควรได้รับรังสีมากไป แต่อย่างไรก็ดี การใช้รังสียูวี-ซี ซึ่งได้จากหลอดฆ่าเชื้อโรคนั้นก็มีข้อควรสังเกต ดังนี้ :

- ยูวี-ซีต้องถูกเชื้อโรคโดยตรงเท่านั้น ถ้าเชื้อโรคซ่อนอยู่ในเงาของวัตถุ เชื้อโรคนั้นจะไม่ตาย
- ยูวี-ซีจะต้องถูกเชื้อโรคเป็นระยะเวลานานพอ (ระยะเวลาขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อโรค) จึงจะสามารถฆ่าเชื้อโรคได้ ซึ่งเชื้อโรคบางชนิดทนต่อรังสี ยูวี-ซีได้นานมาก
- ยูวี-ซีถูกดูดซึมได้ง่าย จึงควรใช้ในที่อากาศแห้ง เพราะจะมีประสิทธิภาพดีที่สุด และใช้ขนาด Dose น้อยที่สุด ถ้าใช้ในอากาศชื้นมากๆ ต้องใช้ขนาด Dose เป็นสองเท่า ถ้าใช้ในน้ำดื่มธรรมดาจากน้ำก๊อกอาจต้องใช้ขนาดมากถึงสิบเท่า
- การใช้หลอด ยูวี-ซีควรระวังไม่ให้ถูกตาและผิวหนังของคนโดยตรง (ถ้าสะท้อนจากผนัง ก็ต้องคอยระวังไม่ให้นานเกินไป)

2.1.2 ลักษณะใช้งานฆ่าเชื้อโรคด้วยหลอดรังสียูวี

1. การฆ่าเชื้อโรคในอากาศ (Air Disinfection) การฆ่าเชื้อที่ลอยอยู่ในอากาศ ในสถานที่ที่มีคนอยู่เป็นจำนวนมากหรืออยู่เป็นเวลานา ทำได้ 4 วิธีคือ
    1. ติดหลอดยูวีไว้บนเพดาน (Ceiling-mounted UV Lamp) รังสีกระจายทั่วไป ใช้ในเวลาปลอดคน
    2. ฉายรังสีสู่อากาศด้านบนของห้อง (Upper-Air Irradiation) โดยใช้โคมหันขึ้น ไม่ส่องลงมาสู่ตาคน
    3. ฉายรังสีใส่อากาศที่พื้นห้อง (Floor-Zone Irradiation) ด้วยโคมชนิดหันลง เพื่อฉายรังสีใส่อากาศที่พื้น
    4. ในท่ออากาศหรือท่อลม (Air-Ducts) เหมาะสำ หรับสถานที่มีระบบปรับอากาศ(Air Conditioning System)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

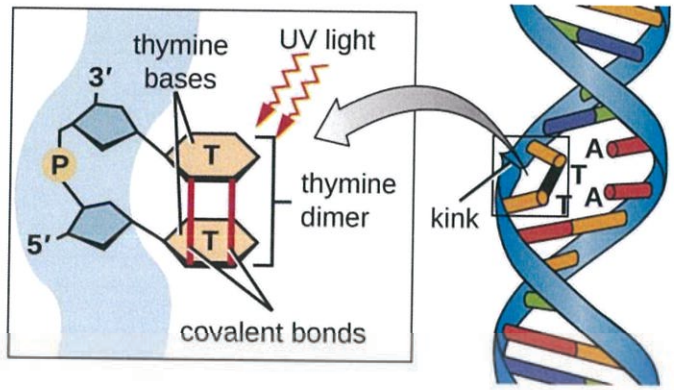
2. ฆ่าเชื้อโรคที่พื้นผิวของวัตถุ (Surface Disinfection) การฆ่าเชื้อโรคแบบเฉพาะเจาะจง ใช้ฆ่าเชื้อบนพื้นผิวโดยใช้แสงยูวี-ซีบริเวณที่โดนแสงเชื้อโรคก็จะโดนทำลาย ซึ่งปริมาณความเข้มของแสง ระยะห่าง และระยะเวลา ต้องสัมพันธ์กัน เพื่อประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อสูงสุด เช่น ฆ่าเชื้อบนราวจับรถเข็น ฆ่าเชื้อภาชนะ อุปกรณ์ในห้องครัว ฆ่าเชื้อในห้องนอน ฆ่าเชื้อบนพื้นขณะดูดฝุ่น ฆ่าเชื้อแปรงสีฟัน ฆ่าเชื้อบนสุขภัณฑ์ ฆ่าเชื้อของใช้ และของเล่นเด็กต่างๆ เป็นต้น และการฆ่าเชื้อโรคประเภทนี้นี้เอง ที่ตู้อบยูวีนำมาประยุกต์ใช้งาน เพื่อความสะอาดของ ของใช้ในครอบครัว
3. ฆ่าเชื้อโรคในของเหลว (Liquid Disinfection) ใช้ในการผลิตน้ำดื่ม, น้ำผลไม้, น้ำเลี้ยงปลา, น้ำในสระว่ายน้ำ หรือในอุตสาหกรรมบำบัดน้ำเสียฆ่าเชื้อโรคในน้ำก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ เป็นต้น

2.2 Germicidal Irradiation or UVGI

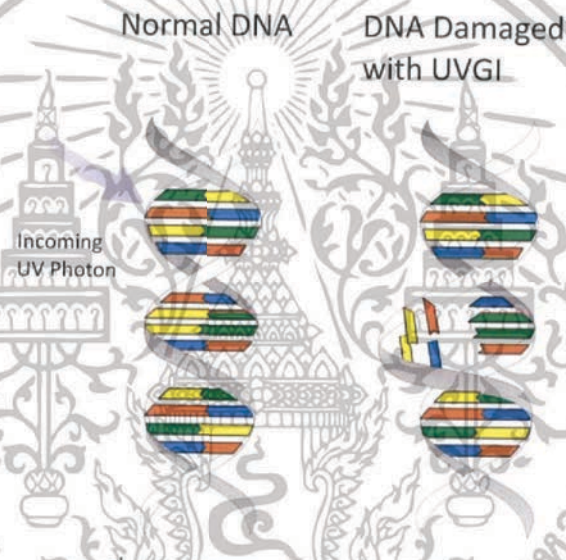
การใช้พลังงานยูวี-ซีเพื่อฆ่าเชื้อโรคเป็นที่รู้จักกันในชื่อ “Germicidal Irradiation or UVGI” หรือระบบการใช้แสงยูวีที่มีความเข้มข้นสูงพิเศษ (Germicidal Range) เพื่อฆ่าและทำลายเชื้อโรคต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น Virus, Bacteria, Fungi, Yeast และ Mold ที่อยู่บนพื้นผิวและในอากาศ พลังงานยูวี-ซี ประดิษฐ์ผลิตขึ้นในหลอดรังสีอัลตราไวโอเลตที่ฆ่าเชื้อโรคซึ่งสร้างรังสียูวีด้วยไอออนไนซ์ความดันไอปรอทต่ำ โคมไฟเหล่านี้มีลักษณะคล้ายกับหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบทั่วไป แต่ไม่มีการเคลือบฟลูออเรสเซนต์ซึ่งช่วยให้แสงสีขาวนุ่มนวล ความยาวคลื่นที่เหมาะสำหรับการทำลายดีเอ็นเอของจุลินทรีย์มีความยาวคลื่นมากถึง 254 นาโนเมตร

เนื่องจากรังสียูวี-ซีถูกกรองด้วยบรรยากาศของโลก สิ่งมีชีวิตจึงไม่ได้มีการป้องกันรังสียูวี-ซีจากธรรมชาติ เมื่อดีเอ็นเอของจุลินทรีย์ดูดซับพลังงานยูวี-ซี พลังงานยูวี-ซีจะผ่านผนังเซลล์แบคทีเรีย ไวรัส และสปอร์ของเชื้อแบคทีเรียจากนั้นจะถูกดูดซึมโดย DNA, RNA และโปรตีน กลไกหลักของความเสียหายที่สร้างขึ้นโดยยูวี-ซี คือการหลอมละลายของเส้นใย DNA สร้างสิ่งที่เรียกว่า Dimers Thymine เมื่อดีเอ็นเอถูกหลอมละลาย ทำให้เซลล์ไม่สามารถเติบโตหรือทำซ้ำได้ หากไม่มีความสามารถในการทำซ้ำจึงถือว่าตายแล้ว เรียกว่า "deactivation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 แสดงการเกิดปรากฏการ thymine dimer



รูปที่ 4 แสดงการถูกทำลายของ DNA

การฆ่าเชื้อโรคในห้องเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำหรับการพัฒนาเทคโนโลยี UVGI ระบบยูวีได้รับการพัฒนาเพื่อทำลายจุลินทรีย์อย่างมีประสิทธิภาพเช่นเชื้อราไวรัสและเชื้อแบคทีเรียและสามารถทำได้อย่างรวดเร็ว ตัวอย่างเช่นห้องผ่าตัดในโรงพยาบาลทั่วไปต้องทำความสะอาดแบบทั่วไปโดยละเอียดก่อนที่จะเข้ารับการรักษาต่อไป การหมุนรอบเวลาต้องน้อยที่สุด แต่การทำความสะอาดต้องมีประสิทธิภาพ ซึ่งรังสียูวีสามารถฆ่าเชื้อได้โดยทั่วไปภายในห้องผู้ป่วยโดยใช้เวลาน้อยมา

2.3 การคำนวณปริมาณรังสีที่ได้รับในบริเวณต่างๆ

ปริมาณของรังสียูวี (UV Dose) เป็นผลมาจากความเข้มของรังสียูวี (UV Intensity) และเวลาการสัมผัส (Time) ดังแสดงในสมการที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$UV\ Dose = UV\ Intensity \times Time \quad (2.1)$$

โดย หน่วยของ UV Dose คือ mJ/cm^2

หน่วยของ UV Intensity คือ $\mu W/cm^2$

หน่วยของ Time คือ second

ความเข้มของรังสียูวีหรือ UV Intensity สามารถเรียกอีกอย่างนึงคือ Brightness ซึ่งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับ Luminosity ต่อหน่วยพื้นที่ สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$Brightness\ (w/cm^2) = \frac{Luminosity\ (w)}{4\pi \times Distance^2\ (cm^2)} \quad (2.2)$$

โดยในที่นี้ Luminosity คือพลังงานของหลอดไฟ (Lamp output) มีหน่วยเป็น วัตต์

หน่วยของ $Distance^2$ คือ ตารางเซนติเมตร

หน่วยของ Brightness คือ วัตต์/ตารางเซนติเมตร

เมื่อได้ปริมาณรังสีที่ได้รับในระยะต่างๆแล้ว จะสามารถนำมาใช้คำนวณเวลาที่ใช้ฆ่าเชื้อโรคได้จากสมการที่ 2.3 ซึ่งสามารถทำได้ดังนี้

$$Time = \frac{UV\ Dose\ (\mu W{\cdot}s/cm^2)}{UV\ Intensity\ (w/cm^2)} \quad (2.3)$$

โดยที่ J = W·s

UV Dose Required for Inactivation of bacteria หรือปริมาณรังสียูวี-ซี ที่จำเป็นในการฆ่าเชื้อสามารถดูได้จากตารางต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Micro-organism	UV dose	Micro-organism	UV dose
Bacteria		**Molds**	
Agrobacterium lumefaciens	8 500	*Aspergillus flavus*	99 000
Bacillus anthracis	8 700	*Aspergillus glaucus*	88 000
Bacillus megatherium	2 500	*Aspergillus niger*	330 000
Bacillus subtilis	11 000	*Mucor mucedo*	77 000
Clostridium tetani	23 100	*Oospora lactis*	11 000
Clostridium botulinum	11 200	*Penicillium chrysogenum*	56 000
Corynebacterium diphtheria	6 500	*Penicillium digitatum*	88 000
Dysentery bacilli	4 200	*Penicillium expansum*	22 000
Eberthella typhosa	4 100	*Rhizopus nigricans*	220 000
Escherichia coli	6 600		
Legionella bozemanii	3 500	**Protozoa**	
Legionella pneumophila	12 300	*Chlorella vulgaris*	22 000
Micrococcus candidus	12 300	*Blue-green algae*	420 000
Mycobacterium tuberculosis	10 000	*Giardia lamblia*	100 000
Neisseria catarrhalis	8 500	*Nematode eggs*	40 000
Phytomonas tumefaciens	8 500	*Paramecium*	200 000
Proteus vulgaris	6 600		
Pseudomonas aeruginosa	10 500	**Virus**	
Pseudomonas fluorescens	6 600	*Bacteriophage*	6 600
Rhodospirillum rubrum	6 200	*Infectious hepatitis*	8 000
Salmonella paratyphi	6 100	*Influenza*	6 600
Salmonella typhi	7 000	*Rotavirus*	24 000
Serratia marcescens	6 160	*Tobacco Mosaic*	440 000
Shigella dysenteriae	4 200		
Shigella flexneri	3 400	**Yeasts**	
Spirillum rubrum	6 160	*Baker's yeast*	8 800
Staphylococcus aureus	6 600	*Brewer's yeast*	6 600
Staphylococcus epidermidis	5 800	*Common yeast cake*	13 200
Streptococcus faecaila	10 000	*Saccharomyces cerevisiae*	13 200
Streptococcus pyrogenes	4 200		
Streptococcus viridans	3 800		
Vibrio cholerae	6 500		

รูปที่ 5 UV dose ($\mu W \cdot sec/cm^2$) required to inactivate 99.9% of various micro-organisms (1)

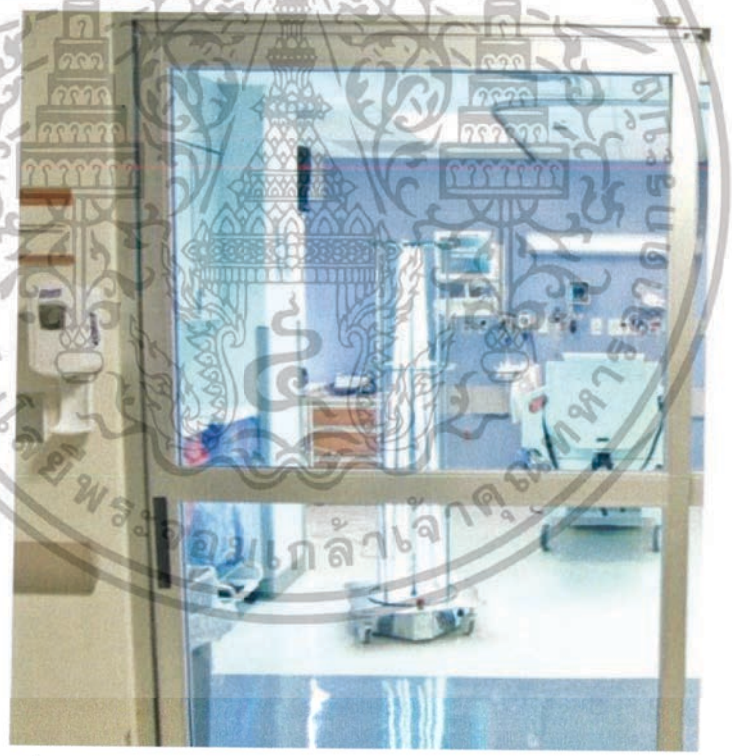
รูปที่ 6 UV dose ($\mu W \cdot sec/cm^2$) required to inactivate 99.9% of various micro-organisms (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ความปลอดภัยของรังสียูวี

รังสียูวี-ซีให้รังสีซึ่งเป็นอันตรายต่อผิวหนัง และดวงตา โดยถูกจัดว่าเป็น "สารที่คาดว่าจะเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์" โดย National Toxicology Program ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงการสัมผัสรังสียูวี-ซีโดยตรง จึงไม่ปลอดภัยที่จะอยู่ในห้องผ่าตัดในขณะที่มีการฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวี-ซี

แต่รังสียูวี-ซีถูกป้องกันได้ด้วยวัสดุจำนวนมาก รวมทั้งแก้ว (แต่ไม่ใช่แก้วควอตซ์)และพลาสติกที่ใส ดังนั้นจึงสามารถสังเกตระบบยูวี-ซีได้อย่างปลอดภัยหากมองผ่านหน้าต่างหรือหรือกระจก รังสียูวี-ซีมีคุณสมบัติฆ่าเชื้อโรคที่ปราศจากสารตกค้างดังนั้นจึงไม่ต้องกังวลกับสารตกค้างที่เป็นอันตรายซึ่งจำเป็นต้องเช็ดทำความสะอาดหลังจากการฆ่าเชื้อเกิดขึ้น กระบวนการนี้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเนื่องจากไม่มีสารเคมีอันตรายหรือเป็นพิษที่ต้องการการจัดเก็บหรือการจัดการพิเศษ เนื่องจากไม่มีสารเคมีใดๆ ถูกเพิ่มเข้าไปในอากาศ / น้ำจึงไม่มีผลพลอยได้จากกระบวนการที่เกี่ยวข้อง หลอดไฟยูวีไม่จำเป็นต้องมีการจัดการหรือกำจัดทิ้งเป็นพิเศษทำให้ระบบเป็นทางเลือกใหม่สำหรับสารฆ่าเชื้อทางเคมี



รูปที่ 7 การสังเกตระบบยูวีซี ผ่านหน้าต่างหรือหรือกระจก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

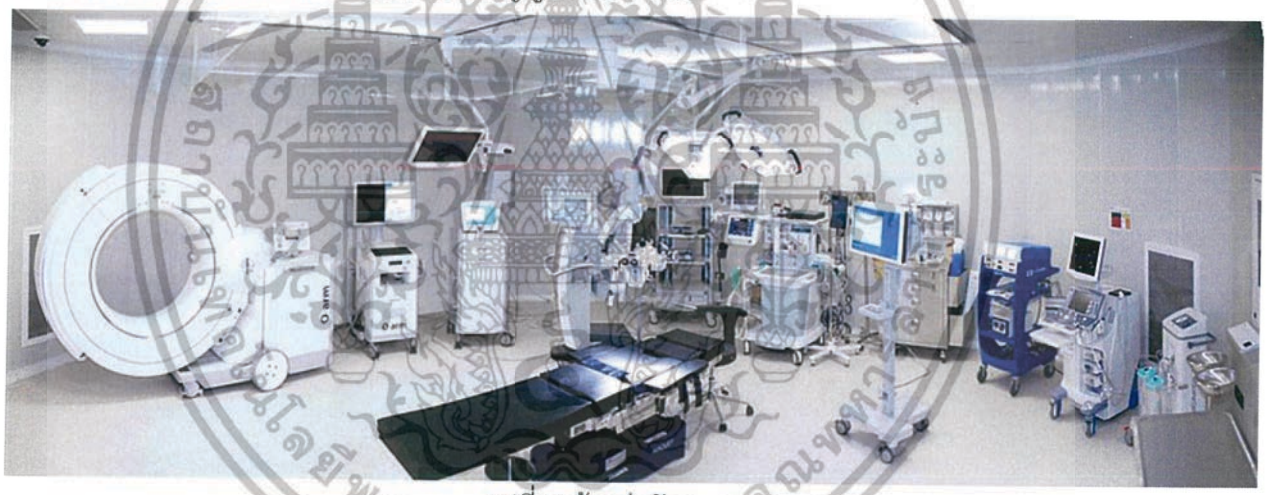
2.5 มาตรฐานห้องผ่าตัด

การเปรียบเทียบหน่วยบริการของโรงพยาบาลในแต่ละขนาดตามระบบมาตรฐานกับข้อกำหนดมาตรฐาน ในส่วนของการวินิจฉัยรักษาด้วยการผ่าตัด มีดังนี้

1. ผ่าตัด (ศัลยกรรม)

2. วิสัญญี

ในส่วนนี้กำหนดให้จำนวนห้องผ่าตัดใหญ่ไม่น้อยกว่าสัดส่วน 1 ห้อง:30 เตียงขนาดห้องผ่าตัด ไม่น้อยกว่า 25 ตารางเมตร และสูงไม่น้อยกว่า 3 เมตร รวมทั้งควรมีการแบ่งพื้นที่เป็น 4 เขต คือ เขตสะอาด เขตกึ่งปลอดเชื้อ เขตปลอดเชื้อ และเขตปนเปื้อนให้ชัดเจน มีห้องน้ำ-ส้วม 1 ห้อง/เจ้าหน้าที่ 10 คน สำหรับห้องผ่าตัด 4 ห้องแรกให้มีสัดส่วน 1 เตียงพักฟื้น:1 ห้องผ่าตัด สำหรับห้องผ่าตัดตั้งแต่ห้องที่ 5 ขึ้นไปให้มีสัดส่วน 1 เตียงพักฟื้น:2 ห้องผ่าตัด ส่วนงานวิสัญญีนั้น กำหนดให้มีห้องเตรียมผ่าตัด 1 ห้อง (36 ตร.ม.) ห้องพักฟื้น หลังผ่าตัด 1 ห้อง ห้องวิสัญญีแพทย์ 1 ห้อง



รูปที่ 8 ห้องผ่าตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางเปรียบเทียบหนวยบริการโรงพยาบาล 300 เตียง กับขอกำหนดมาตรฐาน

ตาราง 3 ตารางเปรียบเทียบหน่วยบริการโรงพยาบาล 300 เตียง กับข้อกำหนดมาตรฐาน

รายการการใช้สอยที่สำคัญ	มาตรฐานระบบบริการทุติยภูมิ ระดับ 2.3	มาตรฐานพื้นที่ใช้สอยโรงพยาบาลขนาด 300 เตียง	
		ข้อกำหนดการใช้งาน	พื้นที่การใช้งาน (ตร.ม)
ส่วนวินิจฉัยรักษาด้วยการผ่าตัด 1. ผ่าตัด (ศัลยกรรม)	จำนวนห้องผ่าตัดใหญ่ไม่น้อยกว่าสัดส่วน 1ห้อง : 30 เตียง - ขนาดห้องผ่าตัดไม่น้อยกว่า 25 ตารางเมตร และสูงไม่น้อยกว่า 3 เมตร - มีการแบ่งพื้นที่เป็น 4 เขต คือ 1. เขตสะอาด 2. เขตกึ่งปลอดเชื้อ 3. เขตปลอดเชื้อ 4. เขตปนเปื้อน	ห้องผ่าตัด 8 ห้อง	1,350
2. วิสัญญี	- มีห้องน้ำ-ส้วม 1 ห้อง/เจ้าหน้าที่ 10 คน - สำหรับห้องผ่าตัด 4 ห้องแรกให้มีสัดส่วน 1 เตียงพักฟื้น:1 ห้องผ่าตัด - สำหรับห้องผ่าตัดตั้งแต่ห้องที่ 5 ขึ้นไปให้มีสัดส่วน 1 เตียงพักฟื้น: 2 ห้องผ่าตัด	- ห้องเตรียมผ่าตัด 1 ห้อง (36 ตร.ม.) - ห้องพักฟื้นหลังผ่าตัด 1ห้อง - วิสัญญีแพทย์ 1 ห้อง	149

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางเปรียบเทียบหนวยบริการโรงพยาบาล 500 เตียง กับขอกำหนดมาตรฐาน

(ปรับปรุงจากเกณฑพบส. และ มาตรฐานพื้นที่ใชสอยโรงพยาบาลของกองแบบแผน)

ตาราง 4 ตารางเปรียบเทียบหน่วยบริการโรงพยาบาล 500 เตียง กับข้อกำหนดมาตรฐาน

รายการการใช้สอยที่สำคัญ	มาตรฐานระบบบริการทุติยภูมิ ระดับ 3.1	มาตรฐานพื้นที่ใช้สอยโรงพยาบาลขนาด 500 เตียง	
		ข้อกำหนดการใช้งาน	พื้นที่การใช้งาน (ตร.ม)
ส่วนวินิจฉัยรักษาด้วยการผ่าตัด 1. ผ่าตัด(ศัลยกรรม)	จำนวนห้องผ่าตัดใหญ่ไม่น้อยกว่าสัดส่วน 1 ห้อง : 30 เตียง - ขนาดห้องผ่าตัดไม่น้อยกว่า 25 ตารางเมตร และสูงไม่น้อยกว่า 3 เมตร - มีการแบ่งพื้นที่เป็น 4 เขต คือ 1. เขตสะอาด 2. เขตกึ่งปลอดเชื้อ 3. เขตปลอดเชื้อ 4. เขตปนเปื้อน - มีอ่างล้างฟอกมืออยู่ติดกับห้องผ่าตัดอย่างน้อย 2 อ่าง/ห้อง	- ห้องผ่าตัด 6 ห้อง (408 ตร.ม.) - แผนกผ่าตัดเล็ก ขนาด 8 เตียง - ห้องผ่าตัด 12 ห้อง - ห้อง Endoscopy 4 ห้อง	2,093 1,900
2. วิสัญญี	- มีห้องน้ำ-ส้วม 1 ห้อง/เจ้าหน้าที่ 10 คน - สำหรับห้องผ่าตัด 4 ห้องแรกให้มีสัดส่วน 1 เตียงพักฟื้น / 1 ห้องผ่าตัด - สำหรับห้องผ่าตัดตั้งแต่ห้องที่เหลือให้มีสัดส่วน 1 เตียงพักฟื้น/ 2 ห้องผ่าตัด	- ห้องเตรียมผ่าตัด 1 ห้อง (36 ตร.ม.) - ห้องพักฟื้นหลังผ่าตัด 1 ห้อง 10 เตียง - วิสัญญีแพทย์ 1 ห้อง	550 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การติดเชื้อในโรงพยาบาล (Nosocomial Infections : NI or Hospital-Acquired Infection : HAI)

คือ การติดเชื้อของผู้ป่วยขณะที่เข้ารับการรักษาอยู่ในโรงพยาบาล โดยที่ผู้ป่วยไม่มีอาการติดเชื้อนั้นมาก่อน หรือไม่ได้อยู่ในระยะฟักตัวของโรคนั้นๆขณะเริ่มเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล ซึ่งอาการของการติดเชื้อนั้นอาจแสดงให้เห็นในขณะที่ผู้ป่วยกำลังรับการรักษาอยู่ในโรงพยาบาล และยังรวมถึงผู้ป่วยที่ออกจากโรงพยาบาลแล้วแต่มีอาการแสดงในช่วงระยะฟักตัวของโรคดังกล่าว กรณีที่ไม่ทราบระยะฟักตัวให้กำหนดระยะเวลาการติดเชื้อที่เกิดขึ้นภายหลังเข้ารักษาในโรงพยาบาลไม่น้อยกว่า 48 ชั่วโมง การติดเชื้อซึ่งเกิดจากการที่ผู้ป่วยได้รับเชื้อจุลชีพขณะได้รับการรักษาในโรงพยาบาล ที่มาของเชื้ออาจมาจากสิ่งแวดล้อม จากผู้ป่วย จากบุคลากรที่ติดเชื้อ หรืออาจหาแหล่งที่มาของเชื้อไม่พบก็ได้ ซึ่งเชื้อจุลชีพอาจจะมาจากร่างกายของผู้ป่วยเอง เป็นเชื้อที่มีอยู่ในตัวผู้ป่วยซึ่งเดิมเป็นเชื้อที่ยังไม่สามารถก่อให้เกิดโรคได้ แต่เมื่อผู้ป่วยรับการรักษาบางอย่าง เช่น การผ่าตัด หรือหัตถการบางประเภท ก็ทำให้เชื้อที่มีอยู่เดิมมีโอกาสทำให้เกิดการติดเชื้อได้ เช่น การติดเชื้อที่แผลผ่าตัด หรือเป็นเชื้อจากภายนอกร่างกายผู้ป่วย

สำหรับการติดเชื้อในโรงพยาบาลจะต้องเกิดขึ้น

- ภายใน 48 ชั่วโมงหลังเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล
- นานถึง 3 วันหลังจากออก
- ได้ถึง 30 วันหลังจากการผ่าตัด
- ในสถานพยาบาลเมื่อมีคนเข้ารับการรักษาด้วยเหตุผลอื่นนอกเหนือจากการติดเชื้อ

อาการของ HAI จะแตกต่างกันไปตามประเภท ชนิดที่พบมากที่สุดของ HAI คือ

- การติดเชื้อทางเดินปัสสาวะ (UTIs)
- การติดเชื้อในสถานที่ผ่าตัด (Surgical Site infection)
- ภาวะกระเพาะและลำไส้อักเสบ (Gastroenteritis)
- อาการไขสันหลังอักเสบ (Meningitis)
- โรคปอดบวม (Pneumonia)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานการณ์โรคติดเชื้อในโรงพยาบาล

มีรายงานสถานการณ์โรคติดเชื้อในโรงพยาบาลในปีพ.ศ. 2548 (อ้างอิงจากเว็บไซต์ : http://www.boe.moph.go.th/files/meeting/slide_IHR_2DEC_pdf/11.pdf) โดยได้ทำการศึกษาจากโรงพยาบาลทั่วประเทศจำนวน 20 แห่ง พบว่าการติดเชื้อในโรงพยาบาลที่พบมากที่สุดคือ การติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจส่วนล่างซึ่งคิดเป็นร้อยละ 36.1 ร้อยละ 25.5 คือการติดเชื้อระบบทางเดินปัสสาวะ และร้อยละ 11.0 เป็นการติดเชื้อแผลผ่าตัด โดยในการศึกษาครั้งนี้พบว่าเชื้อที่เป็นสาเหตุของโรคติดเชื้อในโรงพยาบาลที่พบมากมีดังนี้

1. *Pseudomonas aeruginosa*
2. *Klebsiella spp.*
3. *Acinetobacter baumannii*
4. *Methicillin resistant*
5. *Staphylococcus aureus* (MRSA)
6. *Enterococci*

เชื้อแบคทีเรียก่อโรคที่เป็นสาเหตุของโรคติดเชื้อในโรงพยาบาลในประเทศไทย ปี พ.ศ.2544[7]

เชื้อแบคทีเรียก่อโรค	อุบัติการณ์ (ร้อยละ)
Pseudomonas aeruginosa	22-31
Escherichia coli	11-18
Proteus spp.	6-13
Enterobacter spp.	6-9
Staphylococcus auerus	5-17
Klebsiella spp.	5-14
Enterococci	2-8

รูปที่ 9 เชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของการติดเชื้อในโรงพยาบาล

2.6.1 การติดเชื้อที่ตำแหน่งผ่าตัด (Surgical Site Infection : SSI)

ในปัจจุบันการป้องกันการติดเชื้อที่ตำแหน่งผ่าตัดมีความสำคัญมากยิ่งขึ้น เนื่องจากความเจริญก้าวหน้าและการพัฒนาเทคโนโลยีทางการแพทย์ ทำให้จำนวนผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาด้วยการผ่าตัดมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ และผู้ป่วยเหล่านี้มักจะมีการเจ็บป่วยด้วยโรคเรื้อรังอื่นๆอยู่แล้ว ประกอบกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การระบาดของเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพหลายชนิดในสถานบริการทางการแพทย์ ทำให้ผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาด้วยการผ่าตัดมีโอกาสเสี่ยงต่อการติดเชื้อที่ตำแหน่งผ่าตัดมากขึ้น โดยพบว่าปัญหาการติดเชื้อในห้องผ่าตัดมีมากถึง 14% ถึง 17% ของการติดเชื้อในโรงพยาบาลทั้งหมด และ 38% ของการติดเชื้อในโรงพยาบาลเกิดขึ้นกับผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัด

ปัจจัยด้านเชื้อโรคที่มีผลต่อการเกิดการติดเชื้อที่ตำแหน่งผ่าตัดประกอบด้วยปริมาณเชื้อก่อโรคและความรุนแรงของเชื้อก่อโรค โดยพบว่าเชื้อโรคแต่ละชนิดมีความรุนแรงในการทำให้เกิดการติดเชื้อได้ไม่เท่ากัน ถ้าเชื้อโรคใดมีความรุนแรงสูงถึงแม้จะมีจำนวนเล็กน้อยก็สามารถทำให้เกิดการติดเชื้อได้ เชื้อก่อโรคที่เป็นสาเหตุของการติดเชื้อที่ตำแหน่งผ่าตัด อาจจะเป็นเชื้อจุลชีพที่อยู่ภายในตัวผู้ป่วย หรือเชื้อจุลชีพที่มาจากภายนอกร่างกายผู้ป่วย โดยเชื้อจุลชีพที่อยู่ภายในตัวผู้ป่วยประกอบด้วยเชื้อประจำถิ่นบนผิวหนังในเยื่อเมือก และในระบบต่างๆของร่างกาย ส่วนเชื้อจุลชีพที่มาจากภายนอกร่างกายผู้ป่วยและก่อให้เกิดการติดเชื้อที่ตำแหน่งผ่าตัดประกอบด้วยเชื้อแบคทีเรียทั้งแกรมบวก แกรมลบ และเชื้อรา แต่การติดเชื้อที่ตำแหน่งผ่าตัดส่วนใหญ่เกิดจากเชื้อแบคทีเรียประจำถิ่น เช่น *Staphylococcus aureus, Escherichia coli* เป็นต้น

2.7 การเพาะเลี้ยงเชื้อ

ในการศึกษาเรื่องแบคทีเรียทางห้องปฏิบัติการมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมขึ้น โดยวิธีการเพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อส่วนใหญ่ทำเพื่อการแยกเชื้อให้บริสุทธิ์ที่เรียกว่า pure culture ซึ่งหมายถึงกลุ่มของแบคทีเรียที่มีลักษณะเหมือนกันทุกประการ หรืออาจทำเพื่อการนับจำนวนโคโลนีของแบคทีเรีย (Colony count) การเพาะเลี้ยงแบคทีเรียสามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

2.7.1 การขีดเชื้อในจานเพาะเชื้อ Streak Plate

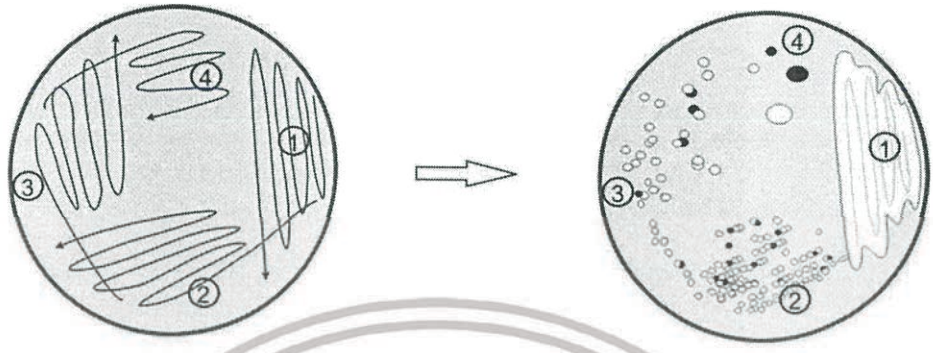
การขีดเชื้อในจานเพาะเชื้อคือ การทำให้เชื้อที่มีปริมาณมากค่อย ๆ กระจายออกจนแยกเป็น โคโลนี (Colony) เดี่ยว ๆ ซึ่งแต่ละโคโลนีจะเจริญมาจากเซลล์เดี่ยวจึงถือเป็นเชื้อที่บริสุทธิ์

- วิธีการในการขีดเชื้อแบบ Four way cross Streak

ใช้ Loop เผาไฟแล้วรอให้เย็นแล้วแตะเชื้อมาขีดบนอาหารแข็ง (Solid Media) ตามแนว โดยในการขีดทุกแนวควรเปลี่ยน Loop ที่ใช้ หรือมีการเผาไฟทุกครั้งเพื่อฆ่าเชื้อที่มากเกินไป เชื้อจะหนาแน่นมากที่รอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขีดแรกแล้วค่อย ๆ หนาแน่นน้อยลงในรอยขีดท้าย ๆ จนแต่ละเซลล์ออกจากกันได้ หลังจากที่นำไปบ่มที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมกับเชื้อ แต่ละเซลล์นั้นจะแยกเป็นโคโลนีเดี่ยวๆ

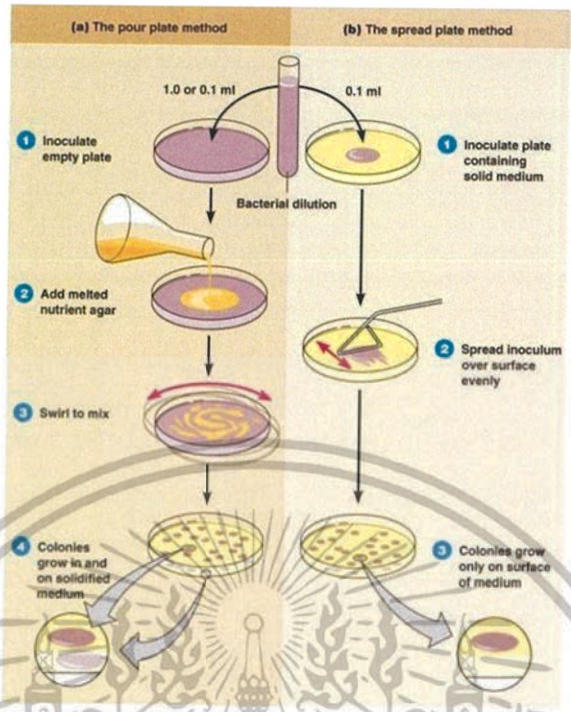


รูปที่ 10 วิธี Streak Plate

2.7.2 การทำให้เชื่อกระจายบนอาหารเลี้ยงเชื้อ (Spread Plate)

ทำได้โดยการใช้แท่งแก้วงอที่ทำการฆ่าเชื้อด้วยวิธีเผาไฟแล้ว เกลี่ยเชื้อที่ทำเป็นสารละลาย ไว้ใส่ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อเป็นการทำให้เซลล์แยกออกจากกัน หลังจากนำไปบ่มเชื้อจะแยกเป็น โคโลนีเดี่ยว ๆ วิธีการนี้ส่วนใหญ่เป็นวิธีการทำให้เชื้อแยกเป็นโคโลนีที่บริสุทธิ์เพื่อการนับจำนวน โคโลนีของแบคทีเรีย การทำ spread plate การเกลี่ยเชื้ออาจใช้วิธีหมุนเกลี่ยเชื้อบนพื้นหรือใช้เครื่องมือในการหมุนเพลท (petri dish turn able)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

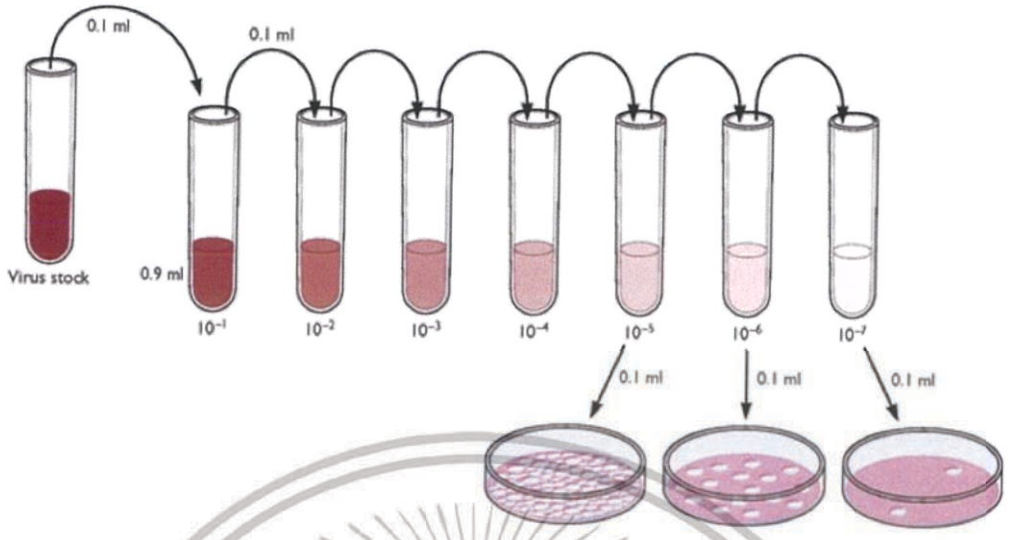


รูปที่ 11 แสดงความแตกต่างระหว่างวิธี Spread Plate กับ Pour Plate

2.7.3 การทำให้เชื้อแบคทีเรียบริสุทธิ์โดยวิธีเทเพลท (Pour-plate Technique)

คือ การเทอาหารที่หลอมเหลวแล้วผสมเข้ากับเชื้อในจานเพาะเชื้อ แล้วทิ้งไว้ให้อาหารแข็งที่อุณหภูมิประมาณ 45 °C เชื่อที่จะนำมาผสมจะต้องทำการละลายในสารละลาย แล้วทำให้เจือจางลงตามลำดับ (Serial dilution) ส่วนใหญ่จะใช้วิธีการเจือจางที่เรียกว่า Ten-fold Dilution จากนั้นนำเชื้อที่ละลายแล้วจากแต่ละหลอดมาเทผสมเข้ากับอาหารเลี้ยงเชื้อใน จานเพาะเชื้อแก่วงจานเพาะเชื้อเบา ๆ เพื่อให้เชื้อกระจายตัว แล้วรอจนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งดีแล้ว จึงนำไปบ่ม (Incubate) ที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม วิธีนี้ส่วนใหญ่ทำเพื่อต้องการนับจำนวน โคโลนีของแบคทีเรียเช่นเดียวกันกับวิธี Spread plate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 12 วิธีการเจือจางเชื้อแบบ Ten-fold Dilution

2.7.4 ชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อ

2.10.1.1 แบ่งตามลักษณะทางกายภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. อาหารแข็ง (Solid Media) คืออาหารที่มีเติมผงวุ้น (Agar) 1.5-2% ขึ้นไป

2. อาหารเหลว (Liquid Media or Broth) คือ อาหารที่ไม่มีการเติมวุ้นลงไปหรืออาจมีการเติมวุ้นปริมาณที่น้อยกว่า 0.1%

3. อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลว (Semisolid Media) คือ อาหารที่มีการเติมวุ้นปริมาณน้อยลงไปประมาณ 0.5% เพื่อประโยชน์บางอย่าง เช่น ประโยชน์ในการทดสอบคุณสมบัติในการเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย

2.10.1.2 แบ่งตามคุณสมบัติของคุณค่าทางอาหารและ Selective Agents ที่เติมลงไป แบ่งได้เป็น

2.1 Chemical Defined Media เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อซึ่งทราบชนิดและปริมาณที่แน่นอน ของสารเคมีที่มีอยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดนั้น ๆ อาหารเลี้ยงเชื้อชนิดนี้ไม่เป็นที่นิยมใช้ในงานทั่วไปนัก แต่มักใช้ในงานวิจัยที่ต้องการความละเอียดและแน่นอนมากเป็นพิเศษ

2.2 Plain Media เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีสารอาหารมากพอสมควร สามารถใช้เพาะเลี้ยงแบคทีเรียส่วนมากได้ ซึ่งรวมถึงแบคทีเรียก่อโรคบางชนิด อาหารเลี้ยงเชื้อประเภทนี้ได้แก่ Nutrient Broth, Nutrient agar เป็นต้น

2.3 Enriched Media เป็นอาหารที่ใช้เฉพาะกับแบคทีเรียที่เพาะเลี้ยงยาก (Fastidious bacteria) เนื่องจากไม่เจริญในอาหารธรรมดาเลยหรือเจริญยาก อาหารชนิดนี้ต้องเติมสารอาหารพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือ Growth Factor บางอย่างลงไป เช่น เลือด ซีรั่ม ไข่ น้ำจากช่องท้อง (Ascitic Fluid) หรือ สารที่สกัดจากเนื้อเยื่อของสัตว์ เป็นต้น เพื่อเร่งการเจริญเติบโตของเชื้อ เช่น Blood Agar และ Chocolate Agar เป็นต้น

2.4 Enrichment Media เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลว ใช้ช่วยในการเจริญของแบคทีเรีย ชนิดหนึ่งชนิดใดโดยเฉพาะ (ซึ่งมักจะเป็นแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค) ให้เจริญได้ดีกว่าแบคทีเรียชนิดอื่น ๆ ที่ปะปนมาในตัวอย่าง เช่น Selenite broth, tetrathionate broth เป็นต้น

2.5 Selective Media เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้เพื่อแยกจุลินทรีย์ที่ต้องการออกจากจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการและปะปนอยู่ โดยการเติมสารเคมีบางอย่าง ซึ่งเป็นสารที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ไม่ต้องการ โดยไม่มีผลเสียต่อแบคทีเรียที่ต้องการ เช่น การเติมสี Crystal Violet Brilliant Green และเกลือน้ำดี (Bile Salt) เพื่อยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมบวก และไม่ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมลบ หรือการเติมยาปฏิชีวนะบางชนิดเพื่อยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ไม่ต้องการ ตัวอย่างของ Selective Media เช่น Brilliant green agar, Salmonella - Shigella agar (SS Agar) Bismuth sulfite agar และ MacConkey agar เป็นต้น

2.6 Differential Media เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้บอกความแตกต่างของเชื้อแต่ละชนิดโดยดูจากความแตกต่างของลักษณะโคโลนีหรือปฏิกิริยาทางชีวเคมี (Biochemical Reaction) เช่น Blood agar media เป็นอาหารที่เติมเลือด ถ้าแบคทีเรียนั้นย่อยสลายเม็ดเลือดแดงได้ (Hemolysis) จะเกิดบริเวณใส (Clear Zone) ขึ้นรอบ ๆ โคโลนีของแบคทีเรีย Lactose broth

2.7 Differential media และ Selective Media มีอาหารเลี้ยงเชื้อบางชนิดที่มีคุณสมบัติเป็นทั้ง Differential media และ Selective Media คือยอมให้แบคทีเรียบางชนิดเจริญได้แต่ไม่ยอมให้แบคทีเรียชนิดอื่น ๆ เจริญ และในขณะเดียวกันก็ยังสามารถแยกชนิดของแบคทีเรียที่เจริญอยู่นั้นได้ ด้วย เช่น Thiosulfate Citrate Bile salt Sucrose (TCBS) agar ซึ่งยอมให้แบคทีเรียพวก Vibrio เท่านั้นที่เจริญได้และยังสามารถแยก Vibrio ชนิดที่ใช้ Sucrose และไม่ใช้ Sucrose ออกจากกันได้ โดยดูจากสีของโคโลนี หรือ Xylose lysine Deoxycholate Agar (XLD) ที่ใช้แยกแบคทีเรียแกรมลบที่สามารถใช้และไม่ใช้แลคโตสออกจากกันได้ โดยถ้าแบคทีเรียใช้แลคโตสได้โคโลนีจะมีสีเหลือง ถ้าใช้แลคโตสไม่ได้โคโลนีจะมีสีชมพู และถ้าเป็นแบคทีเรียบางชนิด เช่น *Salmonella* จะมี ลักษณะเฉพาะบน XLD คือ โคโลนีจะมีสีชมพูใสและมีจุดสีดำของไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H.S)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.5 เชื้อ *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus เป็นจุลินทรีย์ใน Family Micrococcaceae ซึ่งมีคุณสมบัติย้อมติดสีแกรมบวก เป็นแบคทีเรีย ที่มีลักษณะกลม (0.5 - 1.0 ไมครอน) เรียงตัวเป็นกลุ่มคล้ายพวงองุ่น แต่อาจจะพบเป็นเซลล์เดี่ยว เป็นคู่ หรือเป็นสายสั้นๆ (โดยมากไม่เกิน 4 เซลล์) อยู่ปะปนด้วยกันเสมอเวลาย้อมแกรม

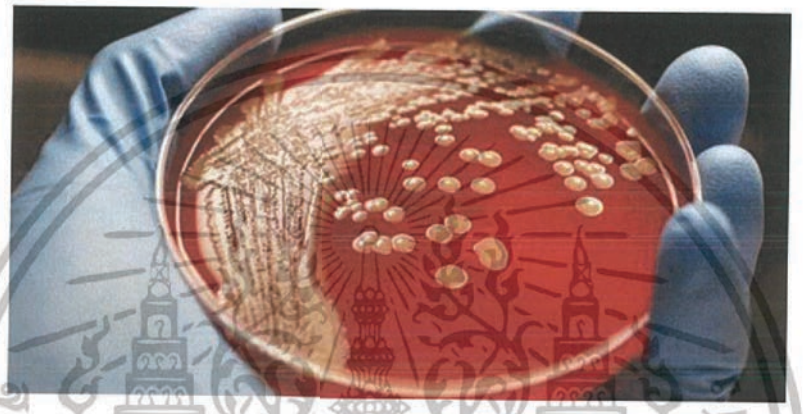
รูปที่ 13 *Staphylococcus aureus*

มีเชื้อแบคทีเรียมากกว่า 30 ชนิดที่จัดอยู่ในกลุ่ม *Staphylococcus* เชื้อที่พบได้บ่อยที่สุดคือ *Staphylococcus Aureus* ไม่จำเป็นต้องป่วยถึงจะมีเป็นพาหะของเชื้อ เพราะแหล่งที่พบเชื้อ *S. aureus* เป็นเชื้อที่สามารถพบได้ที่ผิวหนัง โพรงจมูก เยื่อบุทางเดินหายใจ ทางเดินอาหาร ของคนที่สุขภาพดีหลายคน และส่วนมากไม่เคยได้รับผลกระทบจากการติดเชื้อ แต่ในบางคนโดยเฉพาะผู้ที่มีแผลเปิด, บาดแผลที่เป็นฝี, เป็นหนอง, ร่างกายมีภูมิคุ้มกันบกพร่องหรือผู้ที่เพิ่งเข้ารับการผ่าตัด สามารถเกิดการติดเชื้อตั้งแต่ระดับผื่นไม่รุนแรงจนถึงขั้นติดเชื้อในกระแสเลือดที่รุนแรงถึงชีวิตได้

Staphylococcus aureus ไม่เคลื่อนที่ ไม่สร้างสปอร์ ลักษณะโคโลนีกลม ขอบเรียบ นูน มีสีครีม เหลือง ส้ม (ขึ้นอยู่กับชนิดของคาโรตินอยด์ในเซลล์เมมเบรน รวมถึงอุณหภูมิ อาหารเลี้ยงเชื้อ และสภาวะแวดล้อมที่ทำให้เชื้อ เจริญ) *S. aureus* สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิ 6 - 46 °C โดยมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 30 – 37 °C ทนความร้อนที่ 60 °C นาน 30 นาที สามารถสร้างสารพิษที่อุณหภูมิมากกว่า 10 °C ค่า pH ที่สามารถเจริญได้อยู่ในช่วง 4.0 – 10.0 pH โดยมีช่วงที่เหมาะสมคือ 7.0 - 7.5 ส่วนค่า A, อยู่ในช่วง 0.85 - 0.99 ถ้าค่า A, น้อยกว่า 0.94 จะเจริญได้อย่างช้าๆ สามารถทนเกลือที่ 18 – 20% *S. aureus* ถูกจัดอยู่ในกลุ่ม Facultative anaerobe คือ สามารถเจริญได้ดีในสภาพที่มี ออกซิเจนมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในสภาพไม่มีออกซิเจน และสามารถสร้างสารพิษ enterotoxin แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ A, B, C1 , C2, C3 , D, E และ H ชนิดที่พบบ่อยซึ่งเป็นสาเหตุของอาหารเป็นพิษคือ A กับ D สารพิษนี้มีคุณสมบัติพิเศษ ทน ความร้อน ไม่ถูกทำลายแม้ต้มเดือดครึ่งชั่วโมง และทนความร้อนที่ 121 °C นาน 15 นาที สารพิษนี้ละลายได้ในน้ำและ สารละลายเกลือ เชื้อ *S. aureus* จะสร้างสารพิษดังกล่าวที่อุณหภูมิ 37 °C ได้ดีกว่าที่ 25 และ 10 °C ตามลำดับ ทั้ง สามารถทนต่อรังสีแกมมาในปริมาณที่อนุญาตให้ใช้กับอาหารอีกด้วย



รูปที่ 14 *Staphylococcus aureus* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ

2.7.6 *Methicillin Resistant Staphylococcus Aureus* (MRSA)

"เอ็มอาร์เอสเอ" หรือ *Methicillin Resistant Staphylococcus Aureus* (MRSA) คือ เชื้อแบคทีเรียที่พัฒนาจนเกิดอาการต่อต้าน หรือที่เราเรียกว่าการดื้อยา โดยเฉพาะประเภทยาปฏิชีวนะ ดังนั้นเมื่อเกิดการติดโรคจากเชื้อประเภทนี้ จึงทำให้รักษาได้ยากกว่าการติดเชื้อจากแบคทีเรียประเภทอื่นๆ ในบางครั้ง เราจึงเรียกเชื้อโรคประเภทนี้ว่า Super-bug MRSA

แม้ว่า MRSA อาจสามารถทำให้เกิดอาการติดเชื้อทางผิวหนัง ในระดับความรุนแรงเพียงปานกลาง แต่มันก็ยังสามารถก่อให้เกิดระดับความรุนแรงที่สาหัสขึ้นในกลุ่มคนไข้บางกลุ่ม เช่น ผู้สูงอายุ ผู้ป่วยโรคเรื้อรัง และในเด็กทารกแรกเกิด

ภาวะการติดเชื้อจาก MRSA จะพบได้มากในโรงพยาบาลและสถานพักฟื้นของผู้ป่วย เนื่องด้วยสถานที่เหล่านี้มักจะเป็นจุดที่เสี่ยงต่อการที่ร่างกายเปิดรับเชื้อ เช่น แผลผ่าตัด โดยเฉพาะในกลุ่มผู้สูงอายุและผู้ป่วยที่กำลังพักรักษาตัว ซึ่งร่างกายมักจะมีภูมิต้านทานในระดับต่ำ จึงสามารถเกิดการติดเชื้อโรคได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง่าย ทั้งจากการพบปะติดต่อกับผู้คน ด้วยเหตุนี้ การแพร่กระจายของเชื้อโรค MRSA จึงเป็นไปได้มากในสถานที่ดังกล่าว โดยเฉพาะเมื่อไม่มีการรักษาความสะอาดและสุขอนามัยที่ดี

อาการของการติดเชื้อจากโรค MRSA แตกต่างกันไปตามจุดที่พบการติดเชื้อบนร่างกาย ซึ่งในบางกรณี อาจรุนแรงถึงขั้นเกิดภาวะเสี่ยงชีวิตได้ ซึ่งเชื้อ MRSA สามารถแพร่กระจายโดยผ่านทางการสัมผัสทางผิวหนังกับผู้ป่วยซึ่งติดเชื้อ MRSA หรือแม้กระทั่งการสัมผัสกับผู้ที่มีเชื้อแบคทีเรียแฝงอยู่โดยไม่แสดงอาการ

เชื้อ MRSA ยังสามารถอยู่รอดได้เป็นระยะเวลานาน จุดที่สามารถพบเชื้อ MRSA ได้ ตัวอย่างเช่น วัสดุตกแต่งแผล ผ้าเช็ดตัว ผ้าปูเตียง หรือเสื้อผ้า เครื่องนุ่งห่ม ดังนั้นมันจึงยิ่งเพิ่มสรรถภาพการแพร่กระจายให้กับเชื้อ MRSA

รูปที่ 15 แผลติดเชื้อ MRS

ลักษณะอาการติดเชื้อ MRSA ทางผิวหนัง

- มีหนอง
- ฝี
- ผื่นคัน
- มีไข้สูง
- รู้สึกครั่นเนื้อครั่นตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ผิวหนังอักเสบจากเชื้อ MRSA
- บวมแดง
- มีอาการแสบร้อนที่ผิวหนัง
- การติดเชื้อ MRSA แบบรุนแรงและแพร่กระจาย
- มีการติดเชื้อในกระแสเลือด Sepsis
- มีการติดเชื้อในระบบทางเดินปัสสาวะ
- มีไข้ขึ้นสูงกว่า 38°C
- ปอดบวม
- เยื่อบุหัวใจอักเสบติดเชื้อ
- มีการอักเสบของกระดูก และไขกระดูก
- ข้ออักเสบติดเชื้อ

2.8 Python

ในการสร้างโปรแกรมเพื่อควบคุมหุ่นยนต์ ทางกลุ่มเลือกใช้ภาษา python เนื่องจาก Python เป็นภาษาเขียนโปรแกรมระดับสูงที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในการเขียนโปรแกรมสำหรับวัตถุประสงค์ทั่วไป ภาษา Python ถูกออกแบบโดยมีปรัญชาที่จะทำให้โค้ดอ่านได้ง่ายขึ้น และโครงสร้างของภาษานั้นจะทำให้โปรแกรมเมอร์สามารถเข้าใจแนวคิดการเขียนโค้ดโดยใช้บรรทัดที่น้อยลงกว่าภาษาอย่าง C++ และ Java ซึ่งภาษานั้นถูกกำหนดให้มีโครงสร้างที่ตั้งใจให้การเขียนโค้ดเข้าใจง่ายทั้งในโปรแกรมเล็กไปจนถึงโปรแกรมขนาดใหญ่

Python นั้นมีคุณสมบัติเป็นภาษาเขียนโปรแกรมแบบไดนามิกส์และมีระบบการจัดการหน่วยความจำอัตโนมัติและสนับสนุนการเขียนโปรแกรมหลายรูปแบบ ที่ประกอบไปด้วย การเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ imperative การเขียนโปรแกรมแบบฟังก์ชัน และการเขียนโปรแกรมแบบขั้นตอน มีไลบรารี่ที่ครอบคลุมการทำงานอย่างหลากหลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 16 แสดงสัญลักษณ์ภาษา Python

2.9 HTML

HTML เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ในรูปแบบหนึ่งที่ใช้สำหรับสร้างหน้าเว็บ (Web Page) เพื่อเก็บข่าวสารข้อมูลที่ต้องการในรูปของเอกสารไฮเปอร์เท็กซ์ (Hypertext) ที่มีคุณสมบัติสามารถเชื่อมโยงหน้าเว็บหนึ่งไปยังหน้าเว็บอื่นๆ ได้โดยโครงสร้างของ HTML จะมีตัวกำกับหรือแท็ก (Tag) สำหรับใช้ในการควบคุมการแสดงผลของข้อความ รูปภาพ ตาราง และวัตถุอื่นๆ ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ (Web Browser)

HTML ย่อมาจาก HyperText Markup Language เป็น ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้สร้างหน้าเว็บ (WebPage) ในรูปแบบของไฟล์ HTML (คือไฟล์ที่มีนามสกุลเป็น.htm หรือ.html) ซึ่งมีเว็บเบราว์เซอร์ (WebBrowser) เป็นโปรแกรมที่ใช้แปลงไฟล์ HTML เพื่อแสดงผลในรูปของหน้าเว็บ ไฟล์ HTML เป็นไฟล์แอสกี(ASCII) ถูกบันทึกในรูปของไฟล์เอกสาร(Text File) ที่สามารถถูกสร้างจากโปรแกรมสร้างไฟล์ข้อความ (Text Editor) เช่น Notepad หรือ Word Processing ทั่วๆ ไป ซึ่งลักษณะของไฟล์ HTML ประกอบไปด้วยแท็ก (Tag) ต่างๆ ที่เป็นคำ สั่งของ HTML ซึ่งแท็กจะอยู่ภายในเครื่องหมาย <และ>

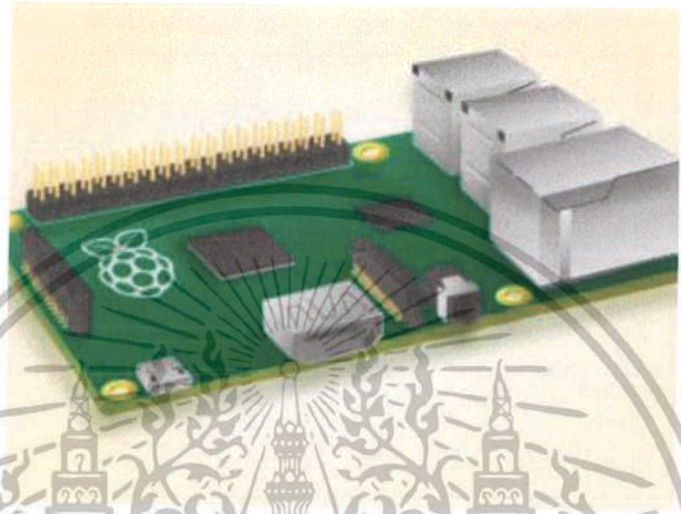
แท็กใน HTML แบ่งเป็น 2 ประเภทคือคอนเทนเนอร์แท็ก (Container Tag) และแท็กเปล่า (EmptyTag) โดยที่คอนเทนเนอร์แท็กประกอบไปด้วยแท็กเปิด และแท็กปิด โดยที่แท็กปิดจะมีเครื่องหมาย/ นำหน้าแท็ก เช่น<H1>. . .</H1> ส่วนแท็กเปล่าจะมีแท็กเปิดอย่างเดียว เช่น<HR>ซึ่งแท็กจะถูกเขียนด้วยตัวอักษรพิมพ์ใหญ่หรือพิมพ์เล็กก็ได้จะไม่มีผลต่อการแสดงผลของเว็บเบราว์เซอร์ เช่น <BR>, <br>,
 หรือ
 เว็บเบราว์เซอร์จะแปลความหมายเหมือนกัน

โครงสร้างไฟล์HTML แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนหัวเรื่อง (Head Section) และส่วนเนื้อหา (Body Section) โดยจะมีแท็ก <HTML> และ </HTML> เป็นตัวกำหนดขอบเขตไฟล์ซึ่งส่วนหัวเรื่อง มีไว้กำหนดข้อมูลเฉพาะของหน้าเว็บ เช่น ชื่อเรื่องของเว็บภายในแท็ก <HEAD> และ </HEAD> และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับส่วนเนื้อหามีไว้กำหนดรายละเอียดต่างๆ ที่ต้องการแสดงบนหน้าเว็บเช่น ข้อความ และรูปภาพ ภายในแท็ก <BODY> และ </BODY>

2.10 Raspberry Pi



รูปที่ 17 แสดงรายละเอียดส่วนประกอบ Raspberry Pi

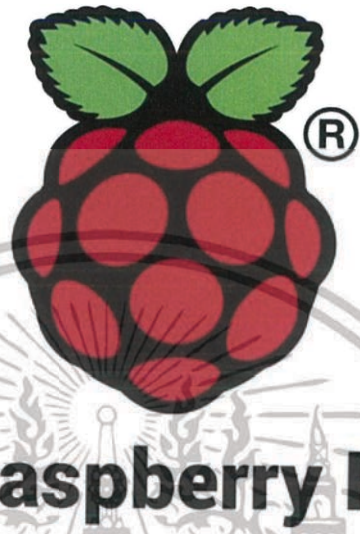
Raspberry Pi เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย Raspberry Pi Foundation มีคุณสมบัติเด่น คือ ติดต่อ และ ความคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้ มีขนาดเพียงเท่ากับบัตรเครดิต ที่สำคัญคือ ราสเบอร์รี่พายนี้มีราคาที่ถูกมาก เมื่อเทียบกับคอมพิวเตอร์เดสก์ท็อปปกติ แต่ทำงานได้เหมือนเครื่องคอมพิวเตอร์ทุกอย่าง เราสามารถต่อราสเบอร์รี่พายนี้เข้ากับจอคอมพิวเตอร์หรือจอทีวีที่รองรับ HDMI หรือถ้าไม่มีพอร์ต HDMI ก็สามารถต่อผ่านสายสัญญาณวิดีโอปกติ ได้เช่นกัน แต่ความละเอียดอาจจะต่ำกว่า

นอกจากต่อจอแสดงผลแล้ว ก็ต้องต่ออุปกรณ์รับข้อมูล ราสเบอร์รี่พายรองรับเมาส์และคีย์บอร์ดผ่าน USB port ปกติ เพราะฉะนั้นสามารถนำเมาส์และคีย์บอร์ดที่มีอยู่แล้วมาต่อได้เลย ระบบจ่ายไฟของราสเบอร์รี่พายเพียงเสียบสาย Mini USB ที่เราใช้ชาร์จมือถือและอุปกรณ์อื่นๆ เข้ากับคอมพิวเตอร์ หรือเข้ากับหัวชาร์จไฟมือถือก็ได้เช่นกัน

ง่ายที่สุดทุกคนสามารถใช้ราสเบอร์รี่พายเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์เดสก์ท็อปประจำบ้านอีกเครื่องหนึ่งได้ แม้ว่าอาจจะไม่มีพลังสูงเหมือนเครื่องรุ่นใหญ่ แต่ก็เพียงพอ ระบบปฏิบัติการพื้นฐานของราสเบอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รี่พาย (NOOBS หรือ Raspian) นั้นมีโปรแกรมและเกมส์จำนวนหนึ่งให้ลองใช้อีกด้วย แต่ที่สำคัญคือสามารถเริ่มฝึกเขียนโปรแกรมได้ทันที เช่น เขียนโปรแกรมง่ายๆ ด้วยภาษาไพทอน (Python) ที่มีโปรแกรมรองรับทันทีที่เปิดเครื่องขึ้นมา



รูปที่ 18 ภาพแสดงสัญลักษณ์ Raspberry Pi

2.9.1 ลักษณะทั่วไปของ Raspberry Pi

- เป็นคอมพิวเตอร์ที่ มีความสามารถในการใช้งานทั่วไป เช่น ใช้เพื่อทำงานเอกสาร, ดูหนัง ฟังเพลง , ใช้เพื่อการคำนวณต่างๆ หรือจะทำเป็น Web Server ก็ย่อมได้
- เป็นคอมพิวเตอร์ที่ มีขนาดเล็ก
  - Raspberry Pi 3 Model B มีขนาด 85 mm x 49 mm
  - Raspberry Pi Zero มีขนาด 65 mm x 30 mm
  - Raspberry Pi Compute Module 3 มีขนาด 68 mm x 30 mm
- เป็นคอมพิวเตอร์ที่ มีราคาถูก เพราะผู้พัฒนามีเจตนาสร้างขึ้นมาเพื่อให้เป็นสื่อการเรียนการสอนทางด้านคอมพิวเตอร์ และเพื่อให้กลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนาสามารถมีคอมพิวเตอร์ใช้ได้ทั่วถึงขึ้น
  - เป็นคอมพิวเตอร์ที่ มีความสามารถในการสื่อสาร และควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้ เช่น สามารถรับรู้สถานะของเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ว่ากำลังทำงานอยู่หรือไม่ และ ยังสามารถสั่งงานให้เครื่องใช้ไฟฟ้าทำงานหรือหยุดทำงานก็ได้

2.9.2 Raspberry Pi ต้องมีระบบปฏิบัติการ

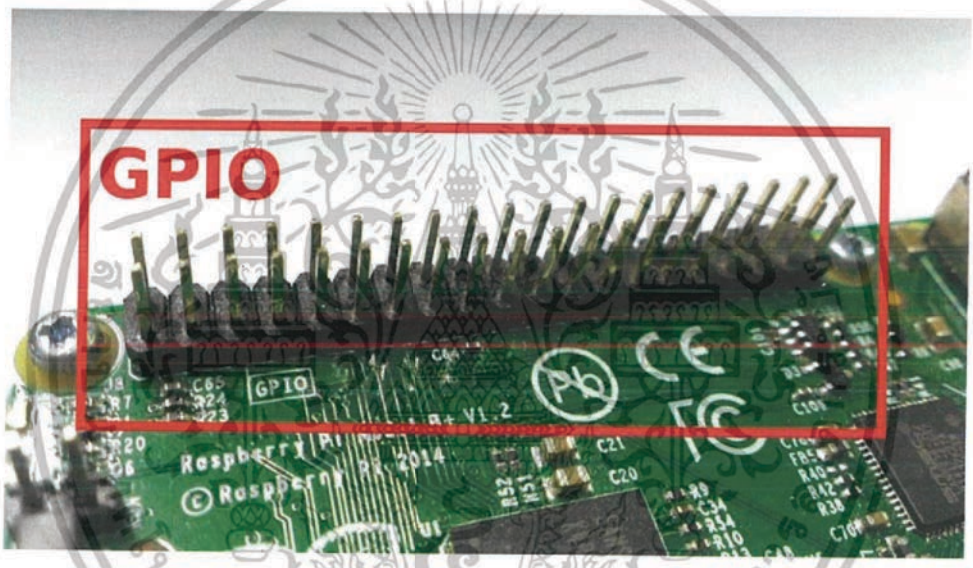
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อนที่จะใช้ Raspberry Pi ได้นั้น จำเป็นต้องติดตั้งระบบปฏิบัติการให้กับ Raspberry Pi ก่อน โดยระบบปฏิบัติการที่นิยมใช้กัน คือ ระบบปฏิบัติการ Raspbian เพราะเป็นระบบปฏิบัติการที่ถูกสนับสนุนโดยตรงจากทาง Raspberry Pi Foundation นั่นเอง

*** Raspbian เป็นระบบปฏิบัติการตระกูลลินุกซ์ ***

2.9.3 การควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

บนบอร์ด Raspberry Pi จะมีสิ่งที่เรียกว่า GPIO (General Purpose Input-Output) ซึ่งมันคือส่วนที่เอาไว้ต่อสัญญาณ Input / Output เข้ากับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายนอกได้



รูปที่ 19 แสดงส่วน GPIO ของ Raspberry Pi

การรับ/ส่งสัญญาณ Input /Output ผ่าน GPIO จำเป็นต้องเขียนโปรแกรมสั่งงาน โดยภาษาที่นิยมใช้กันทั่วไป ได้แก่ ภาษา Python แต่นอกจากภาษา Python แล้ว ก็ยังมีภาษาอื่นๆ ให้เลือกใช้กันอีก เช่น C/C++, Shell Script และภาษาอื่นๆ

โดยรูปแบบหนึ่งของสัญญาณที่ใช้รับ/ส่งจะอยู่รูปแบบของแรงดันไฟฟ้า 0V กับ 3.3V เช่น
เมื่อ GPIO ขา X ได้รับไฟ 0V (หรือไม่ถูกจ่ายไฟ) >> โปรแกรมจะได้รับสัญญาณเป็น 0 หรือ False
เมื่อ GPIO ขา X ได้รับไฟ 3.3V >> โปรแกรมจะได้รับสัญญาณเป็น 1 หรือ True
เมื่อโปรแกรมส่งสัญญาณออกไปเป็น 0 หรือ False >> GPIO ขา X จะจ่ายไฟ 0V (หรือไม่จ่ายไฟ)
เมื่อโปรแกรมส่งสัญญาณออกไปเป็น 1 หรือ True >> GPIO ขา X จะจ่ายไฟ 3.3V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การดำเนินงาน

ในการดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่งคือการสร้างหุ่นยนต์ฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวี และส่วนที่สองคือการทดสอบการฆ่าเชื้อแบคทีเรียของหลอดยูวีด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเชื้อในอาหารเลี้ยงเชื้อ

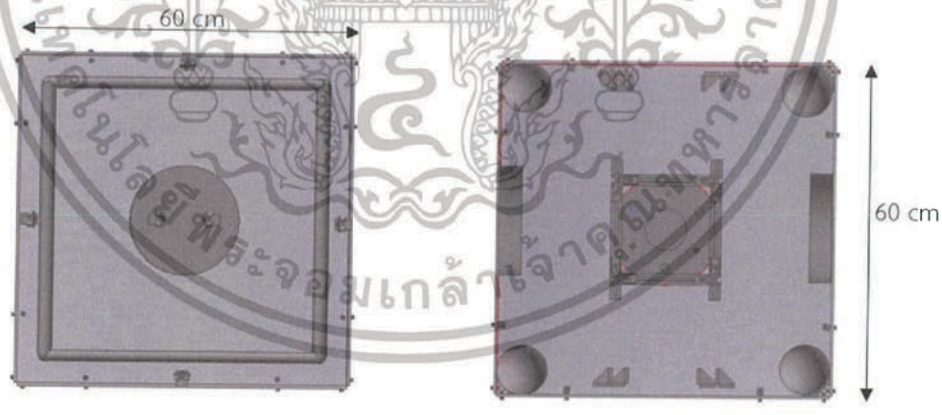
3.1 การสร้างหุ่นยนต์ฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวี

3.1.1 การออกแบบหุ่นยนต์

ในส่วนของการออกแบบหุ่นยนต์ ได้ใช้โปรแกรม Autodesk Inventor ในการออกแบบ โดยที่หุ่นยนต์จะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆดังนี้

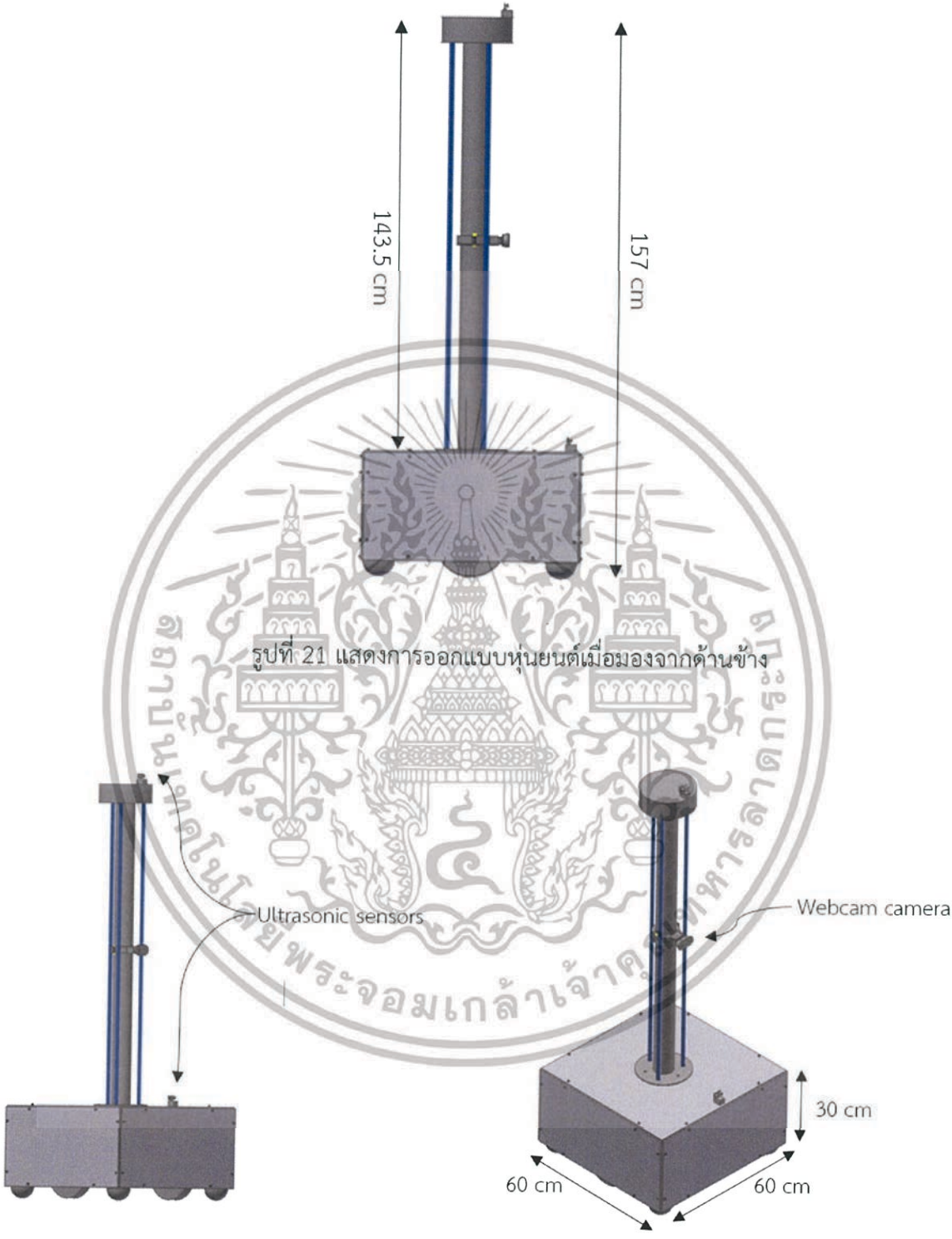
1. ส่วนฐาน (Robot platform)

ในส่วนฐานจะมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยม ขนาดกว้าง 60 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร และสูง 30 เซนติเมตร



รูปที่ 20 แสดงการออกแบบส่วนฐานของหุ่นยนต์เมื่อมองจากมุมบนและจากมุมล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 21 แสดงการออกแบบหุ่นยนต์เมื่อมองจากด้านข้าง

รูปที่ 22 แสดงการออกแบบแบบจำลอง 3 มิติของหุ่นยนต์ฆ่าเชื้อ

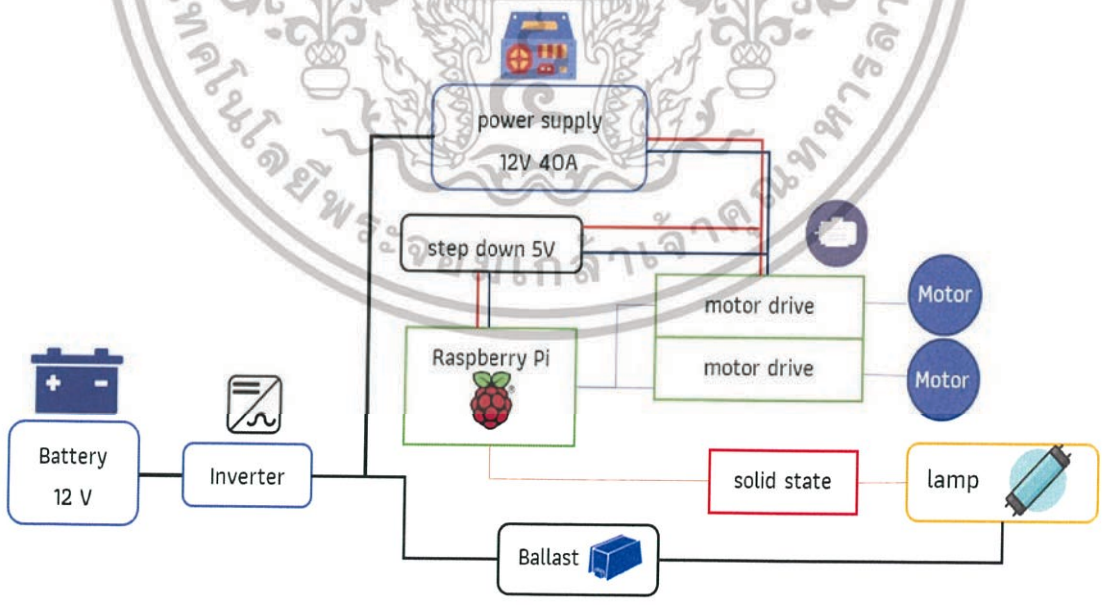
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ส่วนขับเคลื่อน (Driving Terrain)

ประกอบไปด้วยล้อ จำนวณ 6 ล้อ แบ่งเป็นล้อที่ควบคุมด้วยมอเตอร์จำนวน 2 ล้อเพื่อให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้ และมีล้ออิสระ 4 ล้อ

3. ระบบไมโครคอลโทรเลอร์ (Controller Box) และ แบตเตอร์รี่ (Battery) ประกอบไปด้วย

- Raspberry Pi เพื่อเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ โดยใช้ภาษาไพทอน
- Solid State Relay สำหรับหน่วงเวลาในการเปิดใช้งานหลอดไฟยูวี
- Motor Drive ขนาด 12 Vdc 250 RPM
- แบตเตอรี่แห้ง ขนาด 12 โวลต์ 18 แอมป์ แหล่งจ่ายไฟหลักของหุ่นยนต์
- Inverter ขนาด 300 วัตต์ สำหรับแปลงไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับจ่ายไฟให้กับ Ballast และ Switching Power Supply
- Switching Power Supply ขนาด 12 โวลต์ 40 แอมป์ สำหรับจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับ Motor Drive, Step down
- Step Down สำหรับแปลงไฟฟ้าขนาด 12 โวลต์ เป็นไฟฟ้าขนาด 5 โวลต์ก่อนจ่ายไฟให้แก่ Raspberry Pi

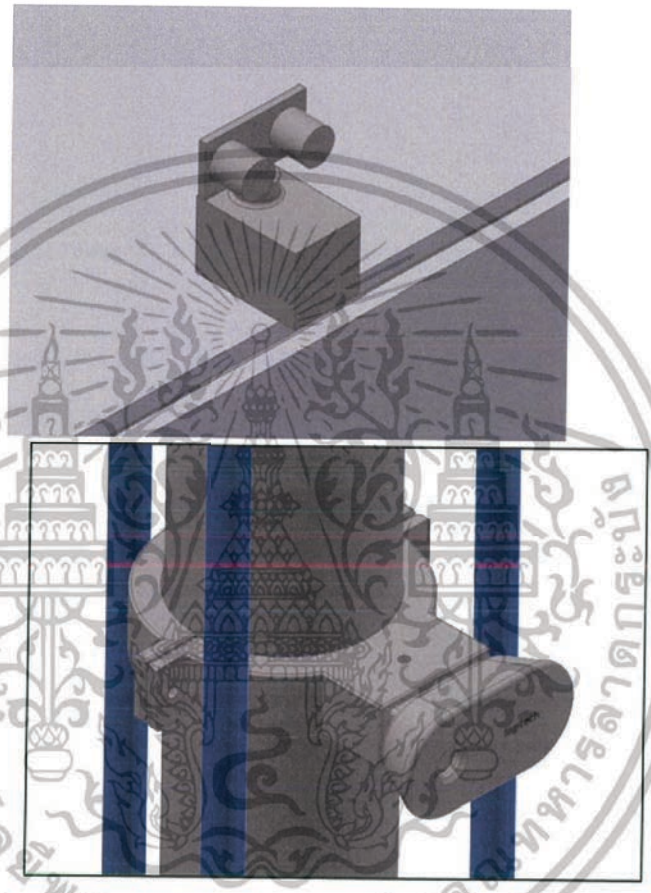


รูปที่ 23 แผนผังการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เซนเซอร์และกล้อง (Sensor & Webcam Camera)

ประกอบไปด้วยอัลตร้าโซนิกเซนเซอร์เพื่อตรวจวัดระยะจำนวน 2 ตัว ติดตั้งอยู่บริเวณด้านบนสุดและด้านบนของฐานของหุ่นยนต์ และกล้องเว็บแคมสำหรับการสังเกตการณ์ ติดตั้งอยู่บริเวณกลางลำตัวของหุ่นยนต์

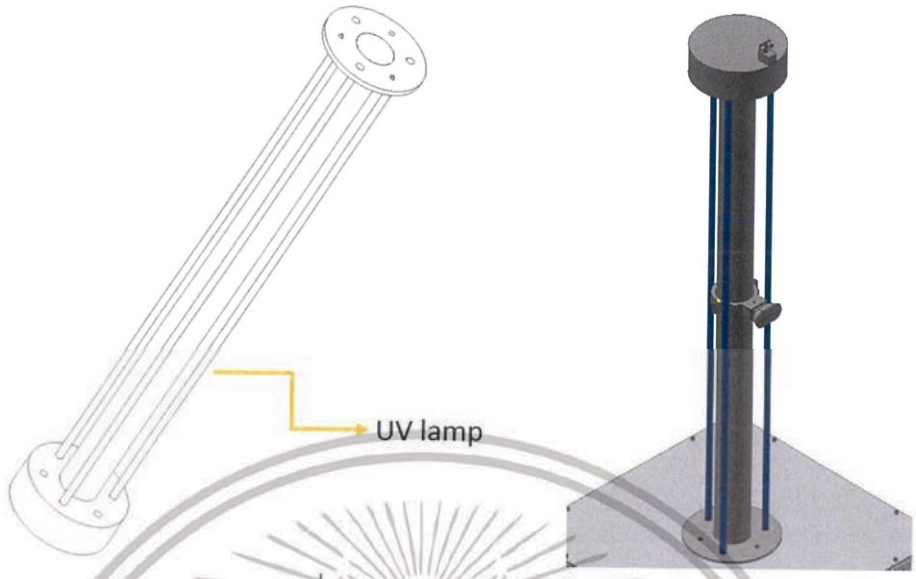


รูปที่ 24 แบบจำลอง Ultrasonic sensor และ Webcam camera

5. หลอดไฟ

ในส่วนของการเลือกหลอดยูวี ทางผู้วิจัยเลือกใช้หลอดไฟจำนวณ 3 หลอด เป็นหลอดไฟ TW48D15L1149 มีความยาว 1,149 มิลลิเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร 48 วัตต์ มีค่าพลังงานของหลอดไฟ 19.3 วัตต์ ค่าครึ่งชีวิต 8,000 ชั่วโมง ของบริษัท TOKIVA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 25 แบบจำลองหลอดไฟยูวี

จากขนาดพลังงานของหลอดไฟของหลอดไฟที่ทางผู้วิจัยเลือกใช้ สามารถคำนวณหาความเข้มของรังสียูวีหรือ UV Intensity สามารถเรียกอีกอย่างนึงคือ Brightness ในหน่วยพื้นที่ที่ต้องการ ซึ่งกำหนดให้พื้นที่เท่ากับ 100 ตารางเซนติเมตร สามารถคำนวณได้ ดังนี้

จากสมการที่ 2.2

$$\text{Brightness} = \frac{\text{Luminosity (w)}}{4\pi \times \text{Distance}^2\ (\text{cm}^2)}$$

$$\text{Brightness} = \frac{19.3\times3\ (w)}{4\pi \times 100^2\ (cm^2)} \qquad (3.1)$$

$$= 0.00046\ \text{w/cm}^2$$

$$= 460\ \mu\text{w/cm}^2$$

และเมื่อสามารถคำนวณหา Brightness ได้แล้วจะสามารถคำนวณหาเวลาที่ใช้ในการกำจัดเชื้อโรคได้ ทางคณะผู้จัดทำได้เลือกเชื้อ *Staphylococcus aureus* เป็นตัวอย่างในการทดสอบการฆ่าเชื้อ เนื่องจากมีการรายงานว่าเป็นเชื้อโรคที่ทำให้เกิดการติดเชื้อที่ตำแหน่งผ่าตัด (SSI) (อ้างอิงจาก : Journal of Nursing Science Chulalongkorn University, “การป้องกันการติดเชื้อที่ตำแหน่งผ่าตัด”, Vol. 29 No. 2, May-August 2017) ซึ่ง UV dose ที่ต้องใช้ในการฆ่าเชื้อโรค *Staphylococcus aureus* ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6,600 $\mu W \cdot sec/cm^2$ ดังแสดงในรูปที่ 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Spirillum rubrum	*6 160*	*Baker's yeast*	*8 800*
Staphylococcus aureus	*6 600*	*Brewer's yeast*	*6 600*
Staphylococcus epidermidis	*5 800*	*Common yeast cake*	*13 200*

รูปที่ 26 UV dose ($\mu W \cdot sec/cm^2$) required to inactivate 99.9% of various micro-organisms

จากสมการที่ 2.3 $$Time = \frac{UV\ Dose\ \left(\mu W \cdot \frac{sec}{cm^2}\right)}{Brightness\ (w/cm^2)}$$

$$Time = \frac{440{,}000\ \left(\mu W \cdot \frac{sec}{cm^2}\right)}{460\ (\mu w/cm^2)} \qquad (3.2)$$

$$= 14.3478\ sec$$

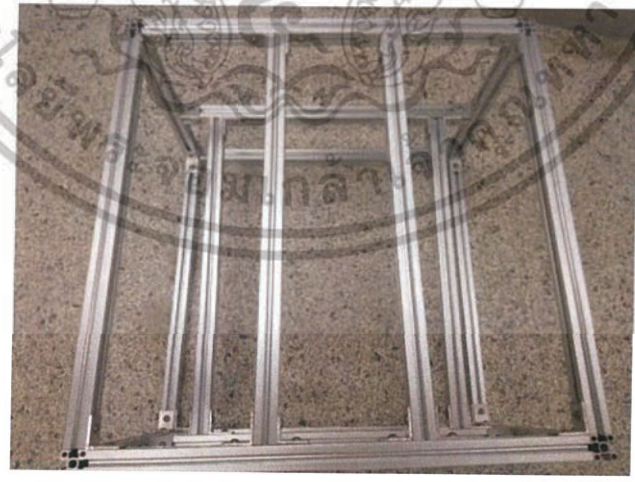
$$\approx 15\ \text{sec}$$

จากการคำนวณ พบว่าในพื้นที่ 1 ตารางเมตรใช้เวลาในการฆ่าเชื้อ *Staphylococcus aureus* ประมาณ 15 วินาที ทำให้ห้องผ่าตัดที่มีขนาดเท่ากับ 25 ตารางเมตร ตามมาตรฐานของห้องผ่าตัด จะใช้เวลาในการฆ่าเชื้อ *Staphylococcus aureus* ประมาณ 375 วินาที หรือ 6 นาที 15 วินาที

3.1.2 การสร้างหุ่นยนต์ต้นแบบ

ในส่วนของการสร้างหุ่นยนต์ต้นแบบ มีกระบวนการดังนี้

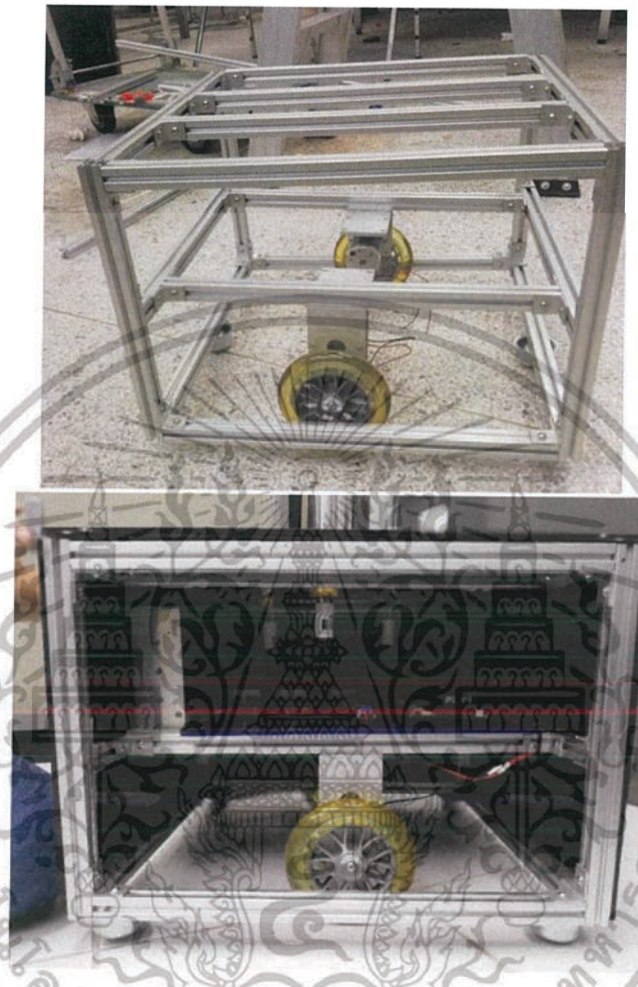
1. ทำโครงของส่วนฐาน โดยเลือกใช้วัสดุเป็น Aluminum profile



รูปที่ 27 แสดงโครงสร้างส่วนฐานของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ติดล้อทั้ง 6 ล้อ โดย 2 ล้อกลางคือล้อเบลด ขนาด 4.5 นิ้ว และ 4 ล้อที่เหลือเป็นล้ออิสระ (ล้อบอล)



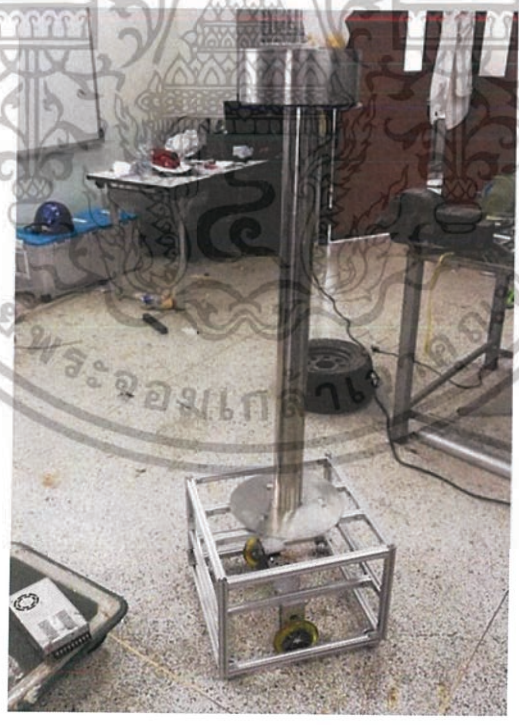
รูปที่ 28 แสดงล้อของหุ่นยนต์

3. ทำเสากลางของหุ่นยนต์สำหรับใส่หลอดไฟ และเป็นศูนย์กลางน้ำหนักของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 29 แสดงเสากลาง และหลอดไฟของหุ่นยนต์

4. ประกอบส่วนฐานกับส่วนเสากลาง.เข้าด้วยกัน



รูปที่ 30 แสดงการประกอบส่วนฐานกับส่วนเสากลางเข้าด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ประกอบวงจร ซึ่งประกอบไปด้วย Raspberry pi, Motor drive, Step down, Power supply, Solid state relay, Ballast

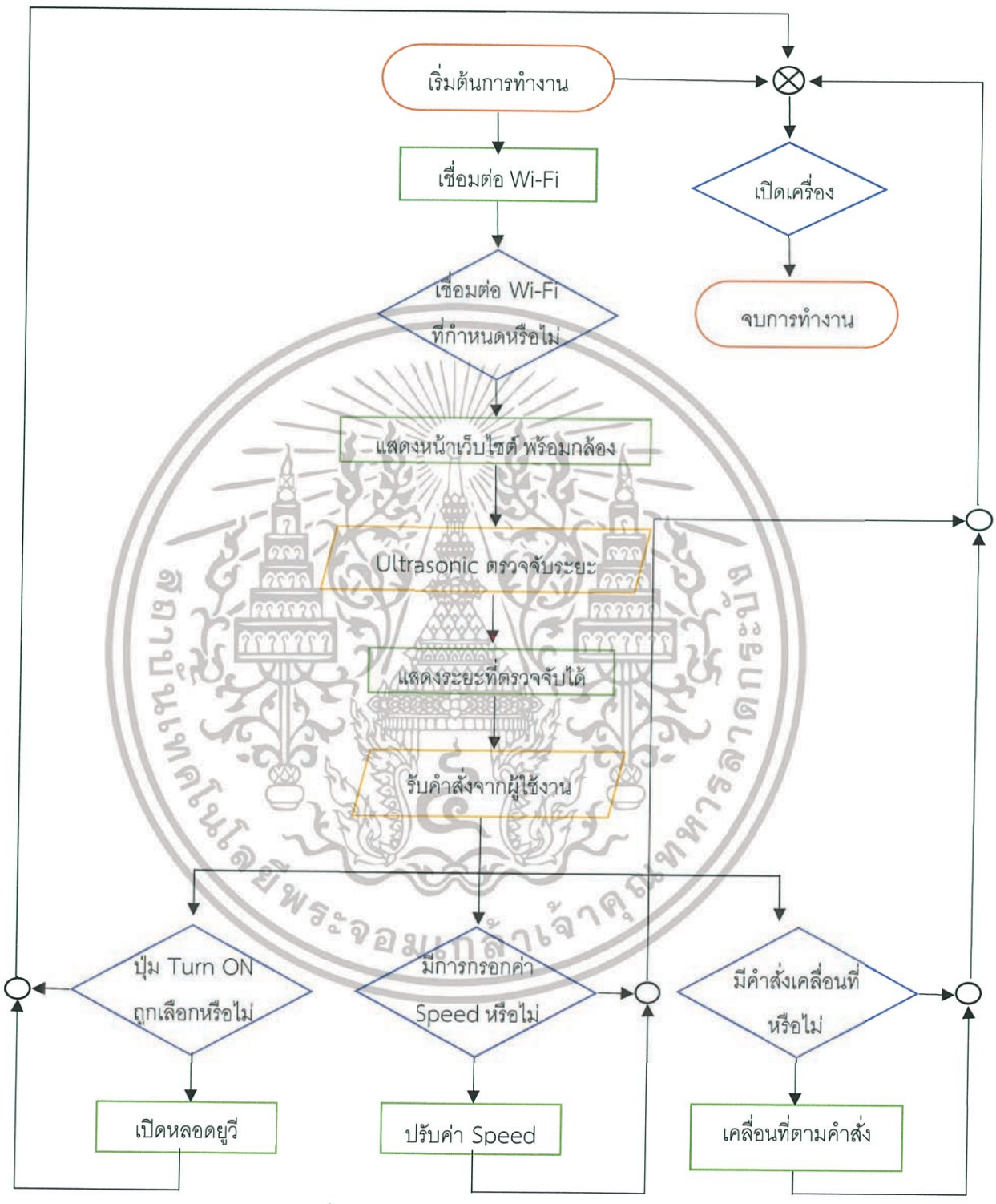
รูปที่ 31 แสดงการต่อวงจรของหุ่นยนต์

6. ประกอบทุกอย่างเข้าด้วยกันแล้วปิดด้วยแผ่นอะคลิลิคสีขาว

รูปที่ 32 หุ่นยนต์ที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 การสร้างโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์

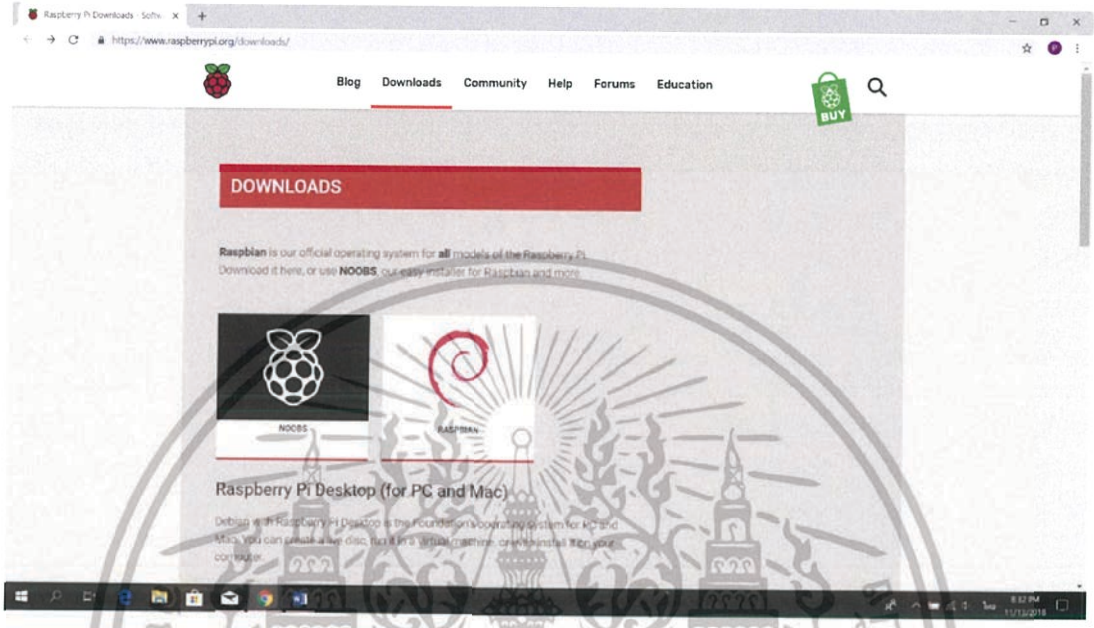


รูปที่ 33 แผนผังการทำงานของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

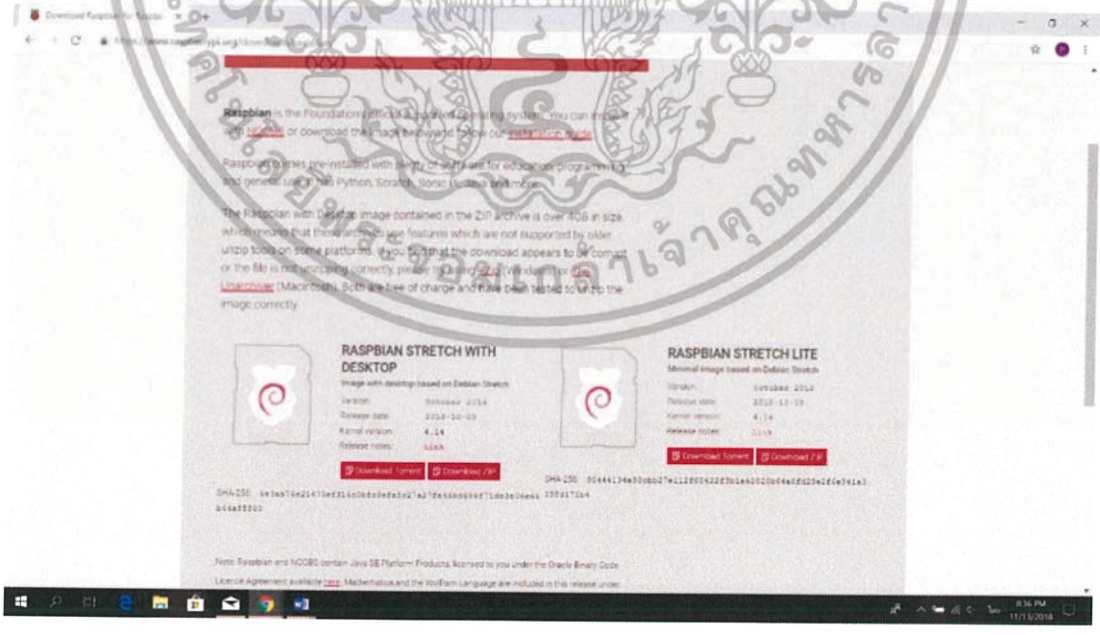
3.1.3.1การติดตั้งระบบปฏิบัติการให้ Raspberry pi

ระบบปฏิบัติการของ Raspberry pi เรียกว่า Raspbian ซึ่งสามารถดาวน์โหลดจากได้จากเว็บไซต์หลักของ raspberry pi ได้ (https://www.raspberrypi.org/downloads/)



รูปที่ 34 แสดงหน้าต่าง https://www.raspberrypi.org/downloads/

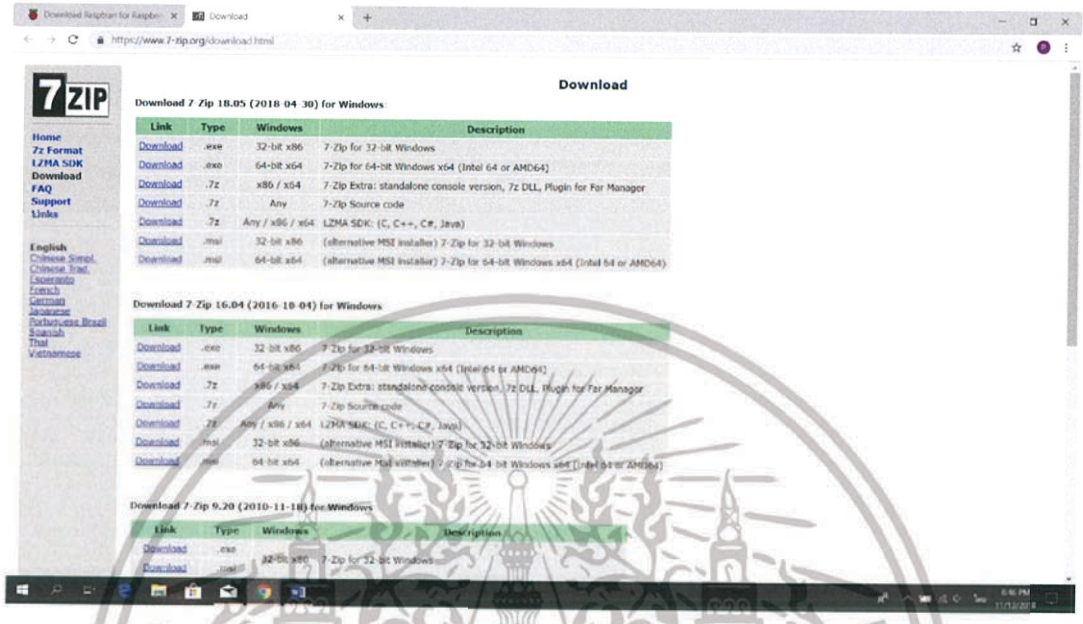
ทำการดาวน์โหลดไฟล์ RASPBIAN STRETCH WITH DESKTOP



รูปที่ 35 แสดงตำแหน่งของ RASPBIAN STRETCH WITH DESKTOP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเนื่องจากไฟล์ที่ดาวน์โหลดมามีขนาดใหญ่เกิน 4GB จึงมีความจำเป็นจะต้องใช้โปรแกรม 7Zip (Windows) สามารถดาวน์โหลดได้จาก https://www.7-zip.org/download.html

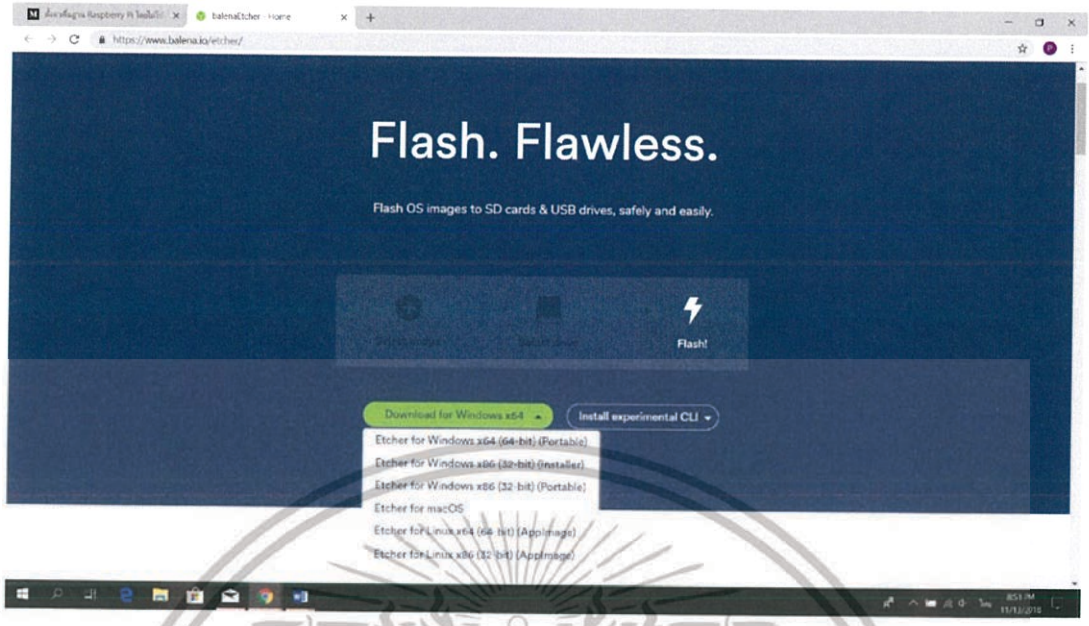


รูปที่ 36 แสดงหน้าเว็บของ https://www.7-zip.org/download.html

เลือกรุ่นและชนิดที่ต้องการ จากนั้นจึงทำการดาวน์โหลดและใช้โปรแกรม 7zip ในการ unzip ไฟล์ RASPBIAN STRETCH WITH DESKTOP

ต่อมาเป็นการติดตั้งระบบปฏิบัติการลงใน SD Card โดยจะต้องทำการดาวน์โหลดโปรแกรม Etcher สามารถดาวน์โหลดได้ที่ https://etcher.io/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



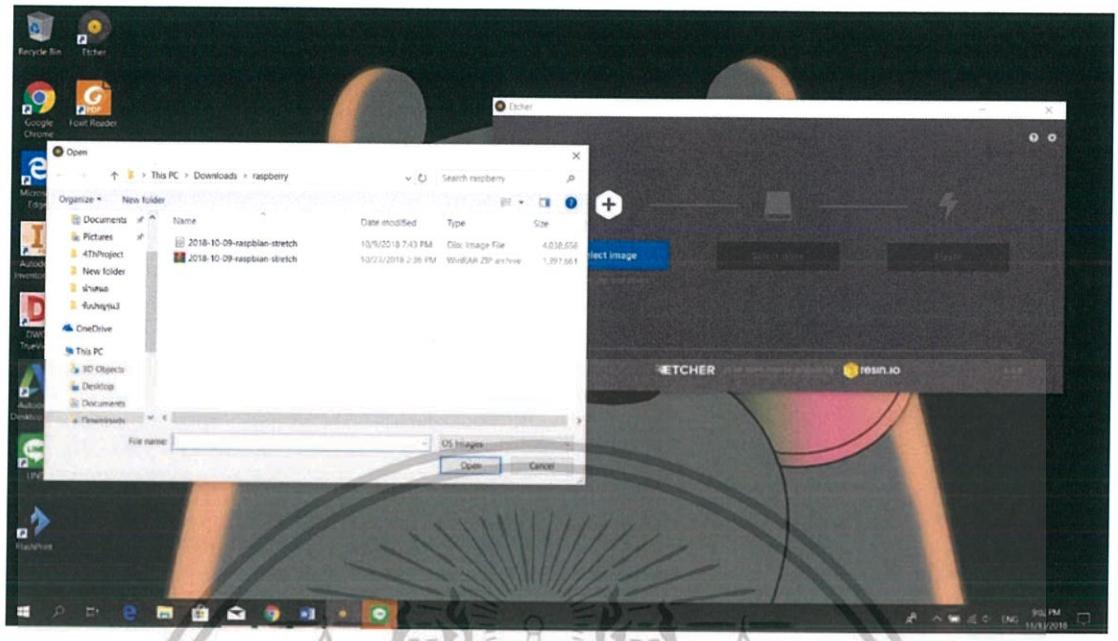
รูปที่ 37 แสดงหน้าเว็บ https://etcher.io/

ทำการดาวน์โหลดโปรแกรม Etcher ที่เหมาะสมกับคอมพิวเตอร์ที่ใช้อยู่ สามารถเลือกได้จากแถบสีเขียวของภาพด้านบน จากนั้นดาวน์โหลดพร้อมติดตั้ง หลังจากนั้นใส่ SD Card ที่จะใช้ที่คอมพิวเตอร์

รูปที่ 38 แสดงหน้าต่างโปรแกรม Etcher

ทำการเปิดโปรแกรม Etcher คลิกที่ปุ่ม Select image เพื่อเลือกระบบปฏิบัติการที่ดาวน์โหลดมาก่อนหน้านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

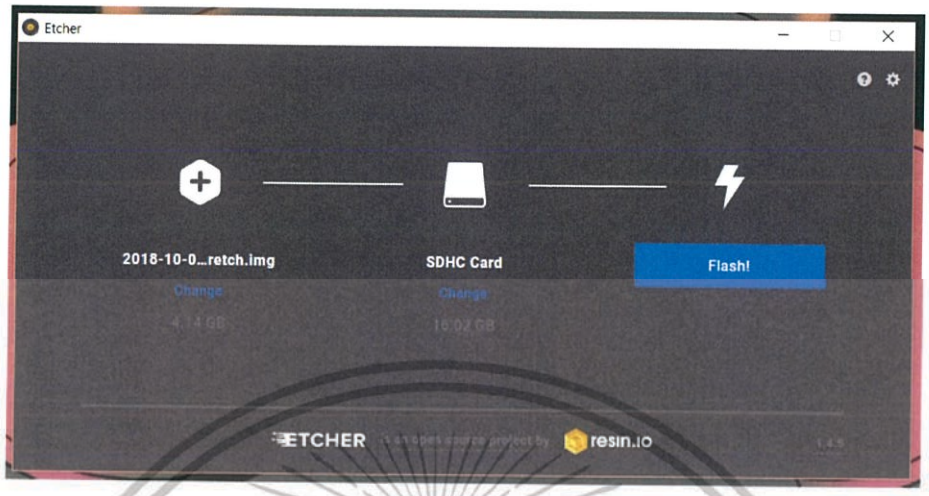


รูปที่ 39 แสดงการเลือกระบบปฏิบัติการที่จะลงใน SD Card

กดเลือก drive ที่จะลงระบบปฏิบัติการ (drive ของ SD Card) ตรวจสอบความถูกต้องให้เรียบร้อย

รูปที่ 40 แสดงการกดเลือก drive

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 41 แสดงปุ่ม flash

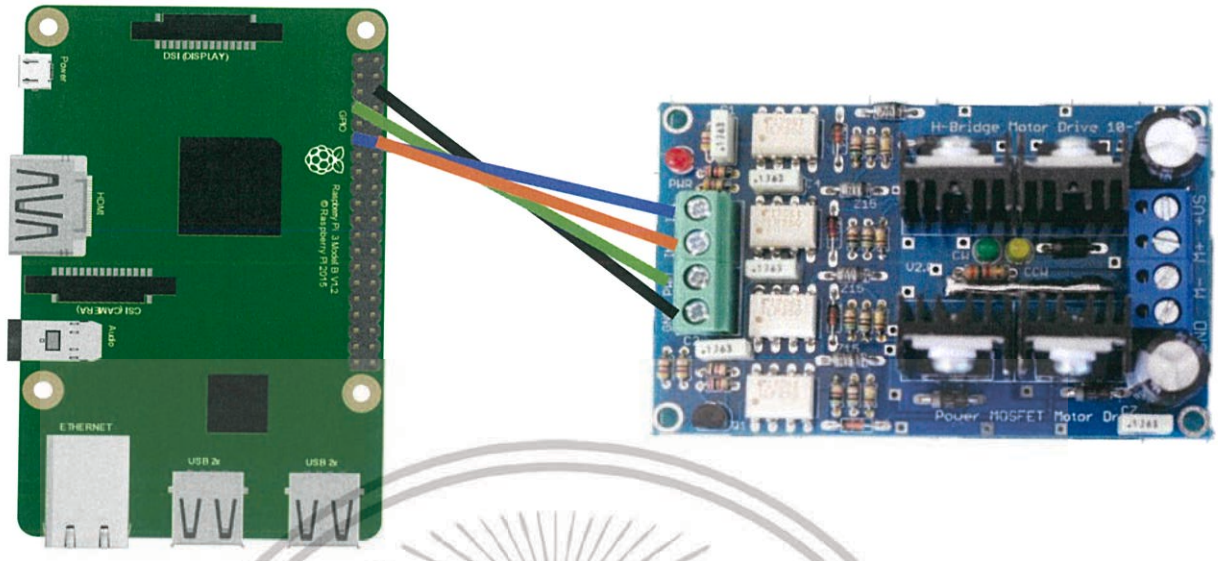
เมื่อตรวจสอบความเรียบร้อยแล้วให้กดปุ่ม flash รอจนกระทั่งครบ 100 % จะแสดงคำว่า Flash Complete!

3.1.3.2การเขียนอแปรแกรมควบคุม Motor

ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ คณะผู้จัดทำเลือกที่จะใช้ควบคุม 2 ล้อกลาง สามารถควบคุมให้เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา และยังสามารถปรับความเร็วมอเตอร์ได้โดยการปรับ Duty Cycle ซึ่งก็

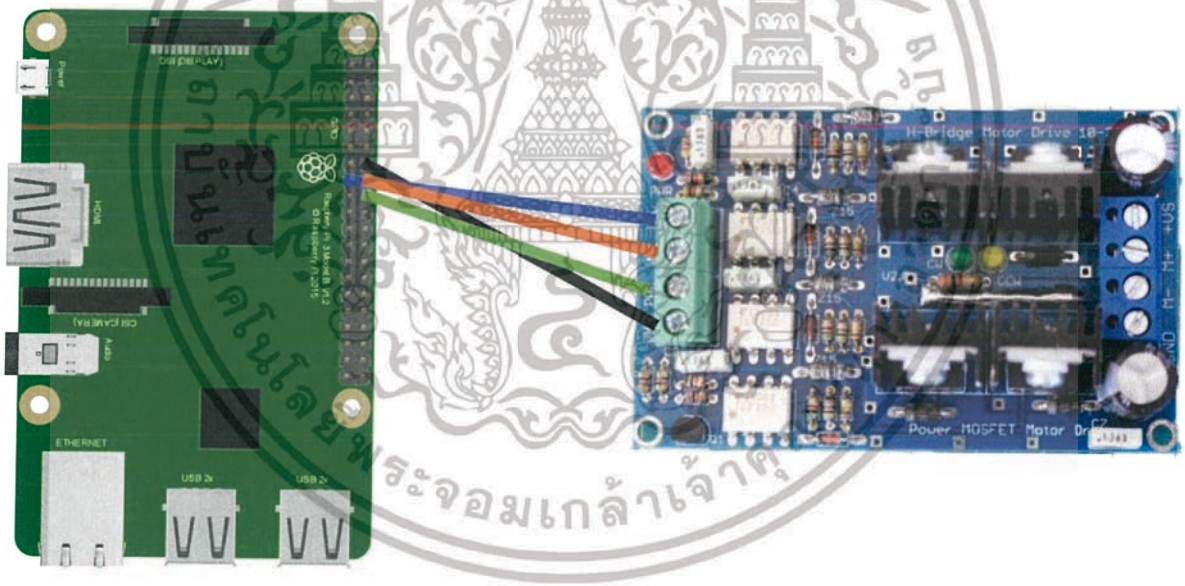
ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ระหว่าง raspberry pi และ motor drive สำหรับล้อขวา ทำดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 42 แสดงการเชื่อมต่อของ raspberry pi และ motor drive ฝั่งล้อขวา

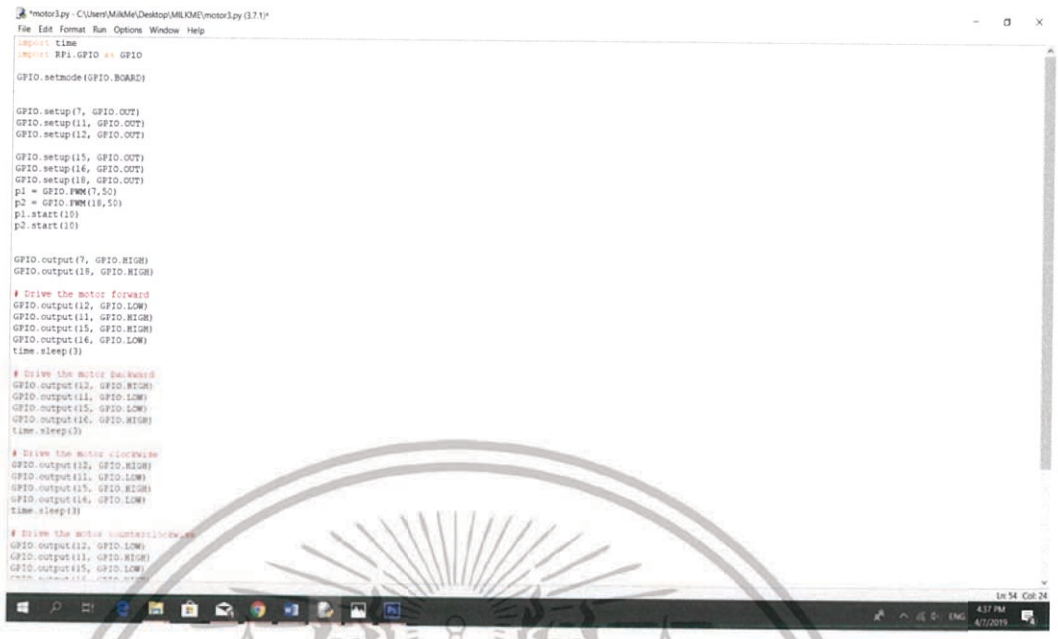
ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ระหว่าง raspberry pi และ motor drive สำหรับล้อซ้าย ทำดังนี้



รูปที่ 43 แสดงการเชื่อมต่อของ raspberry pi และ motor drive ฝั่งล้อซ้าย

ทำการเขียนโปรแกรมโดยในการ set up pin ต้องให้ตรงกับส่วน mechanic ที่ทำการเชื่อมต่อไป ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสม แต่ต้องระวังขา pulse width modulation (PWM) ต้องเลือกให้ตรงกันระหว่าง Raspberry pi และ motor drive และในส่วนของการปรับความเร็วของ motor ก็สามารถทำได้ที่ขา PWM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



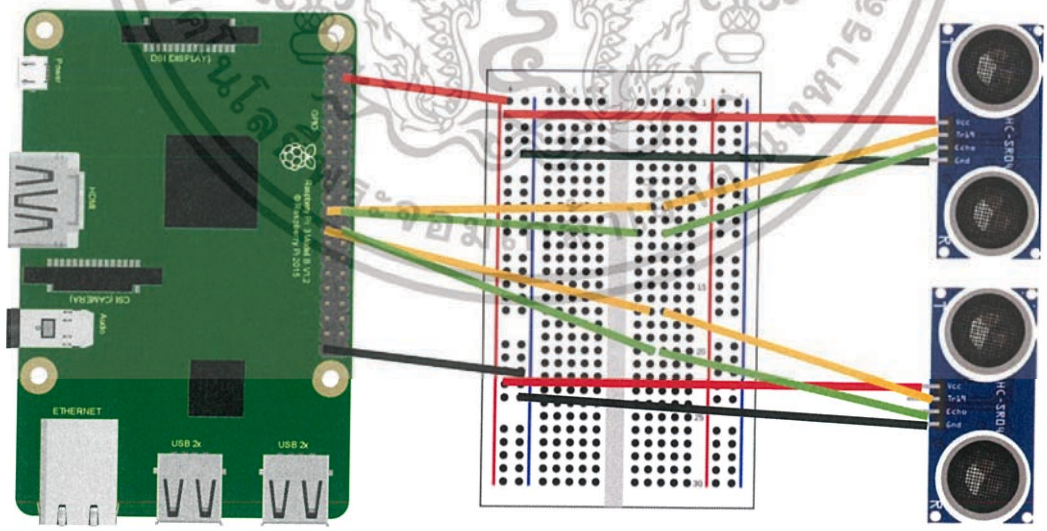
```
import time
import RPi.GPIO as GPIO

GPIO.setmode(GPIO.BOARD)


GPIO.setup(7, GPIO.OUT)
GPIO.setup(11, GPIO.OUT)
GPIO.setup(12, GPIO.OUT)

GPIO.setup(15, GPIO.OUT)
GPIO.setup(16, GPIO.OUT)
GPIO.setup(18, GPIO.OUT)
p1 = GPIO.PWM(7,50)
p2 = GPIO.PWM(18,50)
p1.start(10)
p2.start(10)


GPIO.output(7, GPIO.HIGH)
GPIO.output(18, GPIO.HIGH)

# Drive the motor forward
GPIO.output(12, GPIO.LOW)
GPIO.output(11, GPIO.HIGH)
GPIO.output(15, GPIO.HIGH)
GPIO.output(16, GPIO.LOW)
time.sleep(3)

# Drive the motor backward
GPIO.output(12, GPIO.HIGH)
GPIO.output(11, GPIO.LOW)
GPIO.output(15, GPIO.LOW)
GPIO.output(16, GPIO.HIGH)
time.sleep(3)

# Drive the motor clockwise
GPIO.output(12, GPIO.HIGH)
GPIO.output(11, GPIO.LOW)
GPIO.output(15, GPIO.HIGH)
GPIO.output(16, GPIO.LOW)
time.sleep(3)

# Drive the motor counterclockwise
GPIO.output(12, GPIO.LOW)
GPIO.output(11, GPIO.HIGH)
GPIO.output(15, GPIO.LOW)
```

รูปที่ 44 แสดงตัวอย่างของ code ที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่

3.1.3.3 การเขียนโปรแกรมควบคุม Sensor

ในการควบคุม Sensor ทางคณะผู้วิจัยเลือกใช้ Ultrasonic sensor ทั้งหมด 2 ตัว โดยใช้ Raspberry Pi เขียนโปรแกรมให้ Ultrasonic

เชื่อมอุปกรณ์ดังรูป



รูปที่ 45 แสดงการเชื่อมต่อระหว่าง raspberry pi และ ultrasonic sensors

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เขียนโปรแกรมด้วยภาษา python เพื่อควบคุม ultrasonic โดย โปรแกรมให้ขา trig ทำงานในช่วงเวลาที่กำหนด ขา echo จะเป็นตัวรับสัญญาณ จากนั้นนำมาคำนวณตามสูตร จากสูตร

$$speed = \frac{distance}{time} \tag{3.3}$$

เนื่องจากความเร็วของเสียงขึ้นอยู่กับตัวกลางที่เดินทางผ่านและในกรณีนี้เสียงเดินทางผ่านอากาศ ดังนั้นความเร็วของเสียงเมื่อผ่านอากาศมีค่าเท่ากับ 343 m/s และต้องคิดเวลาครึ่งหนึ่งเพราะว่าเวลาที่ได้มาเป็นเวลาที่แสงเดินทางไปและกลับ จึงได้สมการเป็น

$$34{,}300 = \frac{distance}{time/_2} \tag{3.4}$$

$$17{,}150 \times time = distance$$

นำสูตรที่ได้ไปโปรแกรมเพื่อให้ ultrasonic ได้ค่าที่ถูกต้อง

```
*ultrasonic.py - C:\Users\MidMe\Desktop\Mid\KMI\ultrasonic.py (3.7.4)*
File Edit Format Run Options Window Help
import RPi.GPIO as GPIO
import time

try:
    GPIO.setmode(GPIO.BOARD)

    FPIN_TRIGGER = 21
    FPIN_ECHO = 22
    FPIN_TRIGGER2 = 23
    FPIN_ECHO2 = 24

    GPIO.setup(FPIN_TRIGGER, GPIO.OUT)
    GPIO.setup(FPIN_ECHO, GPIO.IN)
    GPIO.setup(FPIN_TRIGGER2, GPIO.OUT)
    GPIO.setup(FPIN_ECHO2, GPIO.IN)

    GPIO.output(FPIN_TRIGGER, GPIO.LOW)
    GPIO.output(FPIN_TRIGGER2, GPIO.LOW)
    time.sleep(1)
    GPIO.output(FPIN_TRIGGER, GPIO.HIGH)
    time.sleep(0.00001) # sending 10 us
    GPIO.output(FPIN_TRIGGER, GPIO.LOW)

    while GPIO.input(FPIN_ECHO)==0:
        Fpulse_start_time = time.time()
    while GPIO.input(FPIN_ECHO)==1:
        Fpulse_end_time = time.time()
########## number 2 start
    GPIO.output(FPIN_TRIGGER2, GPIO.HIGH)
    time.sleep(0.00001)
    GPIO.output(FPIN_TRIGGER2, GPIO.LOW)

    while GPIO.input(FPIN_ECHO2)==0:
        Fpulse_start_time2 = time.time()
    while GPIO.input(FPIN_ECHO2)==1:
        Fpulse_end_time2 = time.time()

    Fpulse_duration1 = Fpulse_end_time - Fpulse_start_time
    Fdistance1 = round(Fpulse_duration1 * 17150, 2)

    print ("Distance Front from sensor 1:",Fdistance1,"cm")

    Fpulse_duration2 = Fpulse_end_time2 - Fpulse_start_time2

    Fdistance2 = round(Fpulse_duration2 * 17150, 2)

    print ("Distance Front from sensor 2:",Fdistance2,"cm")
```

รูปที่ 46 ภาพแสดงตัวอย่าง code ที่ใช้ควบคุม ultrasonic sensors

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3.4การเขียนโปรแกรมควบคุม Solid State Relay

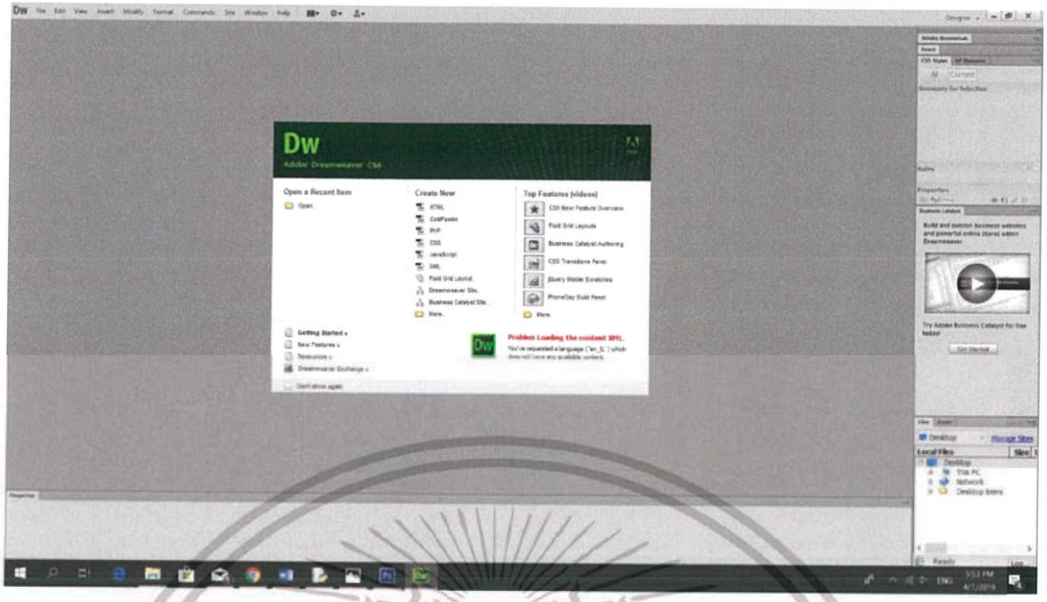
ในการเขียนโปรแกรมเพื่อหน่วงเวลาการเปิดและปิดหลอดไฟ ในการควบคุม solid state relay ใช้ภาษา python ในการควบคุม solid state relay ตัวนี้เป็น normal close ซึ่งหมายความว่าเมื่อให้สถานะ HIGH แก่ตัว solid state relay จะทำให้วงจรไม่ต่อกัน แต่เมื่อให้สถานะ LOW จะทำให้วงจรต่อกัน ดังตัวอย่างของหลอดไฟ หากให้สถานะ HIGH จะเป็นการปิดหลอดไฟ แต่เมื่อให้สถานะ LOW จะเป็นการเปิดหลอดไฟ

รูปที่ 47 แสดงตัวอย่าง code ที่ใช้ควบคุม solid state relay

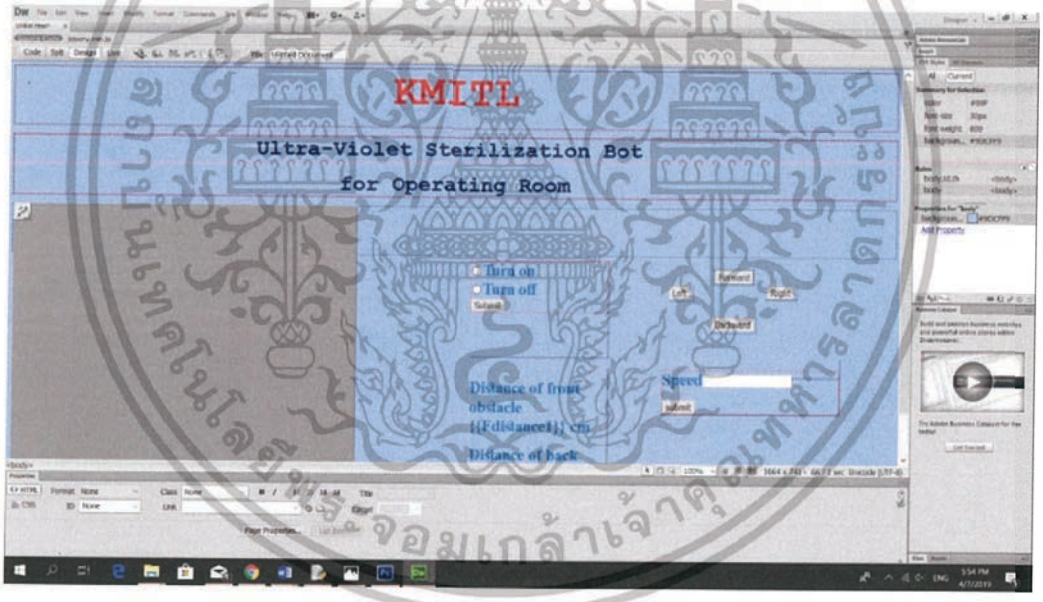
3.1.3.5 การเขียนหน้าเว็บไซต์

ในการเขียนหน้าเว็บไซต์ทางคณะผู้จัดทำใช้โปรแกรม Adobe dreamweaver เพื่อช่วยในการเขียน HTML

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 48 แสดงหน้าต่างโปรแกรม adobe dreamweaver

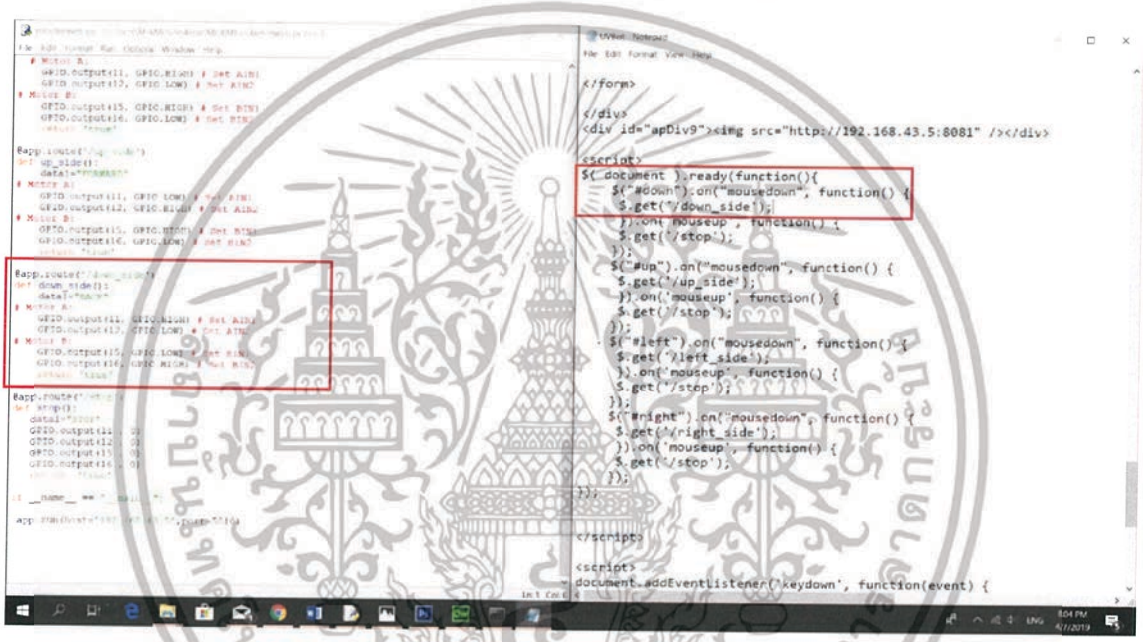


รูปที่ 49 ภาพแสดงการเขียนหน้าเว็บไซต์

และในการส่งข้อมูลกันระหว่าง HTML และ python ใช้ Flask หรือก็คือ web framework ที่เขียนขึ้นมาเพื่อใช้งานในภาษา python เพื่อใช้ในการสร้างเว็บไซต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

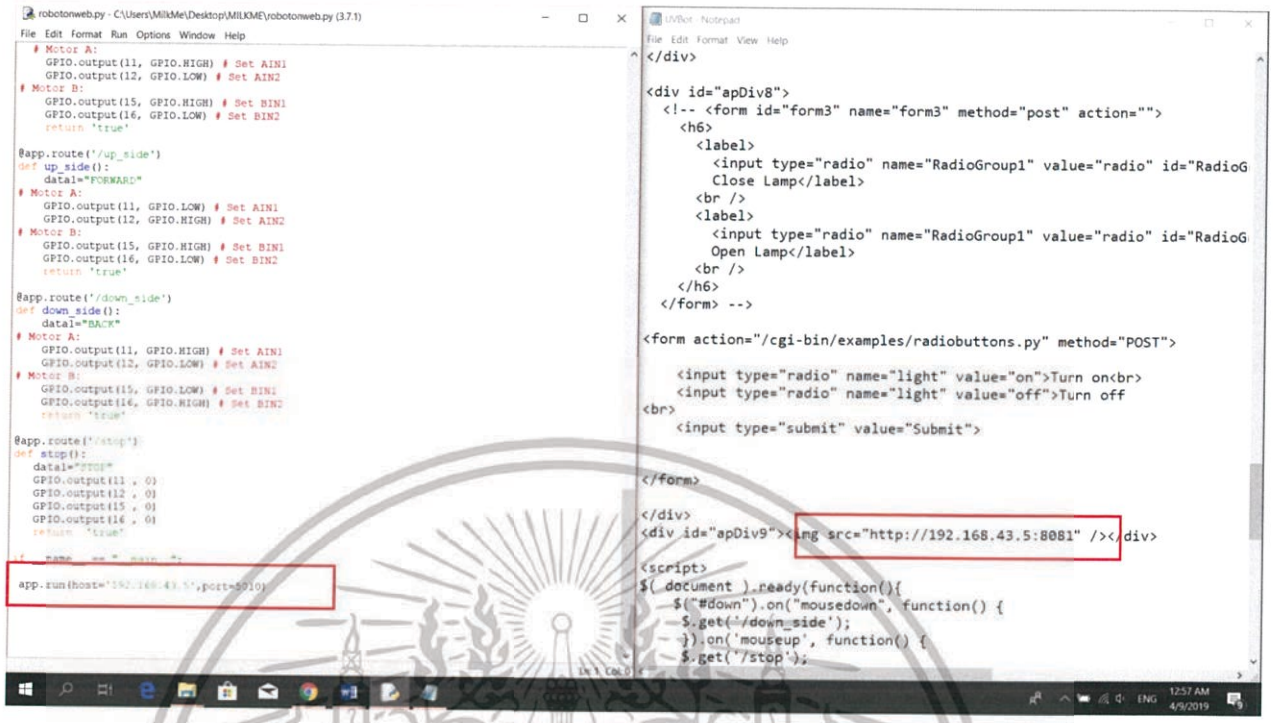
รูปที่ 50 แสดงสัญลักษณ์ของ Flask



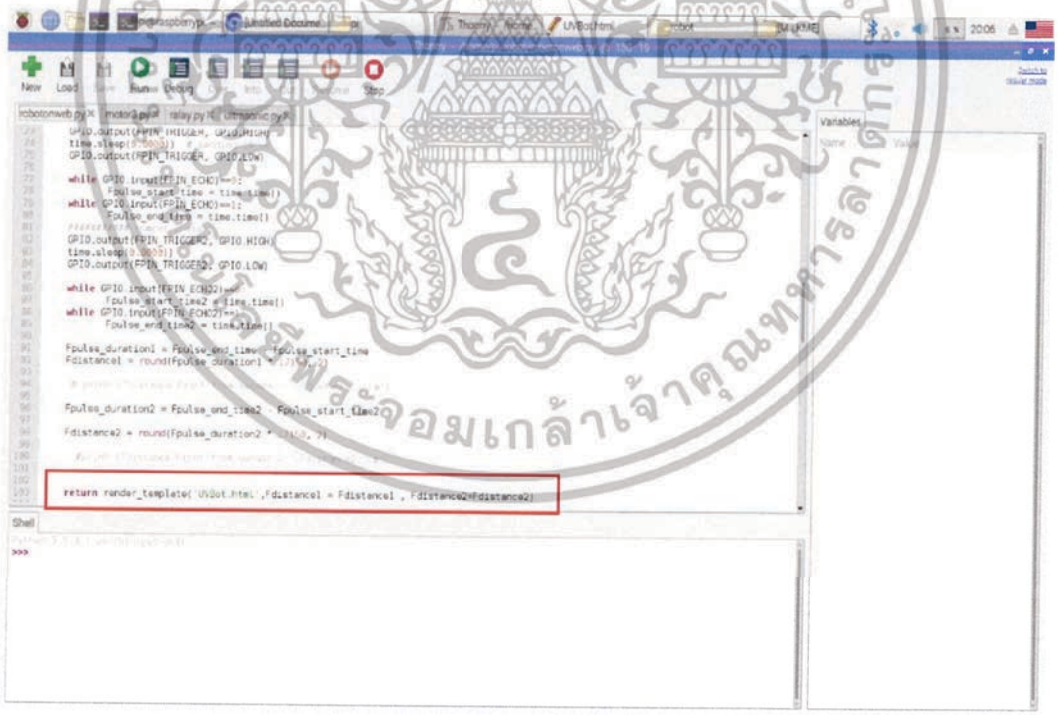
รูปที่ 51 แสดงการรับส่งข้อมูลโดยใช้ flask ผ่าน python และ HTML

การที่จะสามารถรับส่งข้อมูลถึงกันได้จำเป็นต้องต่อ network หรือ Wi-Fi ตัวเดียวกัน และใส่เลข IP ของ raspberry pi ในไฟล์ python พร้อมทั้งใส่ IP กล้อง ที่ไฟล์ HTML

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

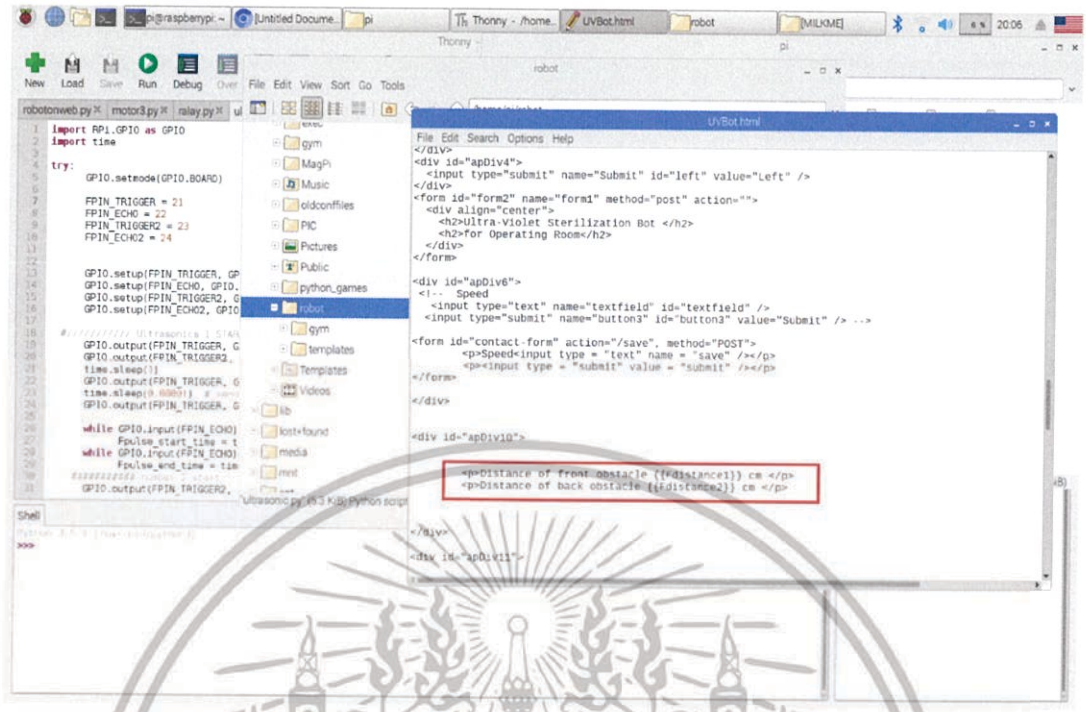


รูปที่ 52 แสดงตำแหน่ง IP



รูปที่ 53 แสดงการส่งข้อมูลแบบตัวแปรจาก python

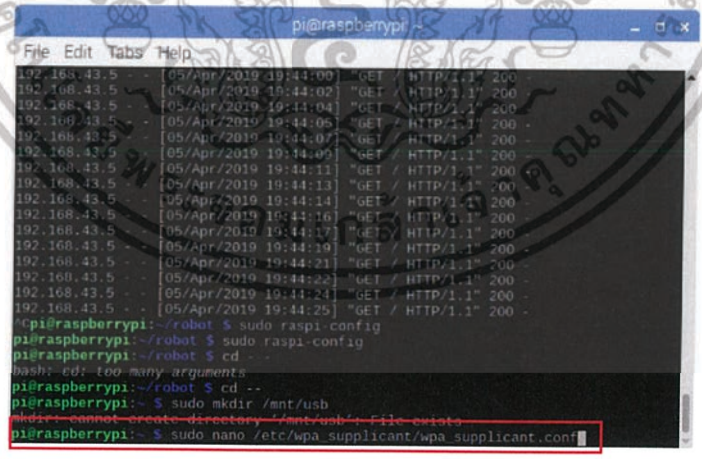
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 54 แสดงการรับข้อมูลตัวแปรบน HTML

3.1.3.6 การเขียนโปรแกรม Autorun

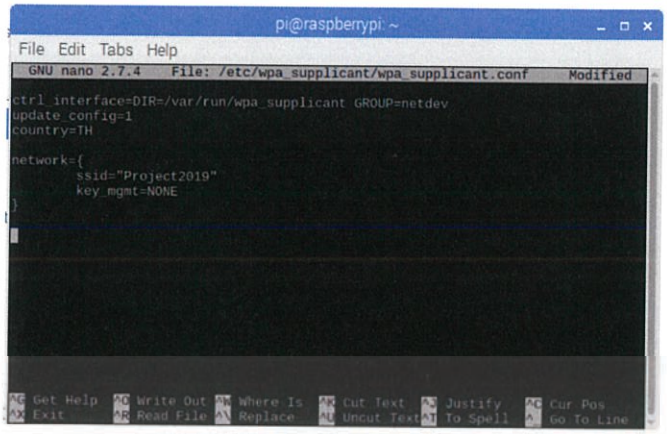
เมื่อเขียนโปรแกรมเสร็จแล้วต้องทำการตั้งค่า Wi-Fi ให้เป็นตัวที่ต้องการ เพื่อให้สามารถทำ autorun ได้เมื่อใช้งานจริงตัวหุ่นยนต์และผู้ใช้งานต้องต่อ Wi-Fi ตัวเดียวกัน



รูปที่ 55 แสดงคำสั่งสำหรับตั้งค่า Wi-Fi

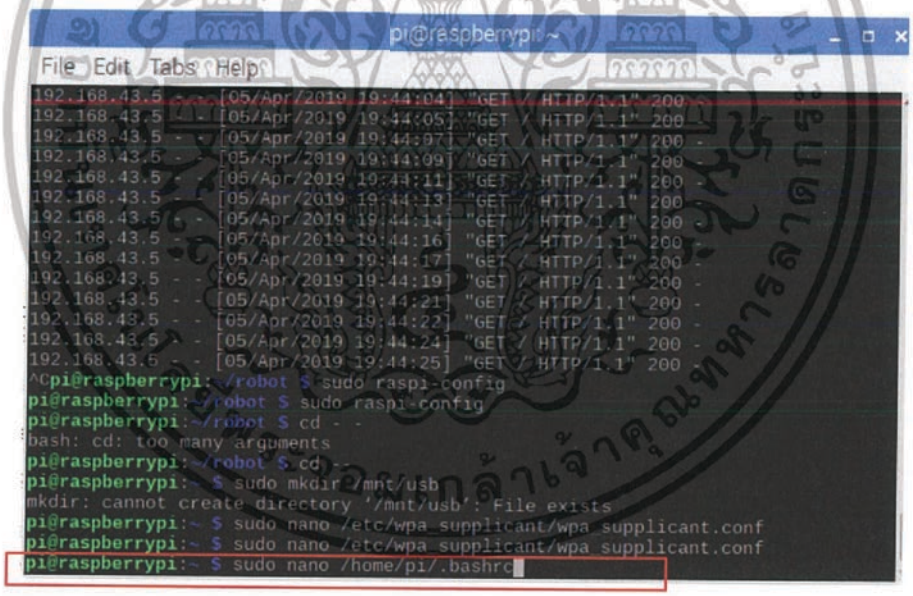
จากนั้นทำการตั้งค่า Wi-Fi ให้เป็น Project2019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 56 แสดงการตั้งค่า Wi-Fi เป็น “Project2019”

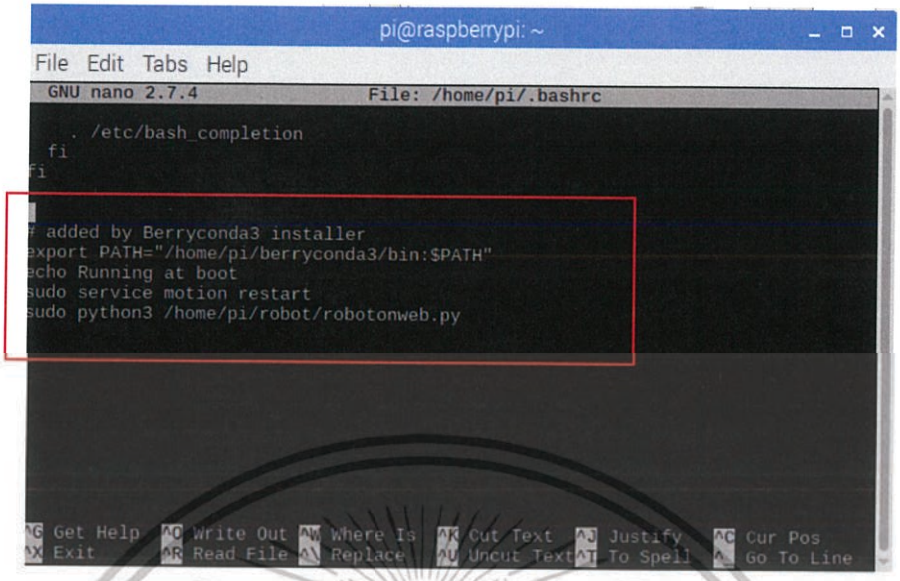
ทำการตั้งค่า Autorun โดยสั่งให้ program ที่สมบูรณ์แล้วเปิดใช้งานพร้อมกับตอนเปิด raspberry pi



รูปที่ 57 แสดงคำสั่งสำหรับเข้าไปแก้ไขเมื่อเปิด raspberry pi

จากนั้นพิมพ์ตามรูปด้านล่างเพื่อทำ autorun สามารถเปลี่ยนตำแหน่งและชื่อไฟล์ตามต้องการได้ พร้อมทั้งยังใช้คำสั่ง sudo service motion start เพื่อให้กล้องเปิดใช้พร้อมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 58 แสดงคำสั่งที่พิมพ์เพิ่มเติมเมื่อตอน raspberry pi เปิด

3.2 การทดสอบการฆ่าเชื้อของรังสียูวี

วิธีการทดสอบการฆ่าเชื้อของรังสียูวี ทางคณะผู้จัดทำได้เลือกแบคทีเรียที่มีชื่อว่า *Staphylococcus aureus* มาใช้ในการทดสอบเพราะมีงานวิจัยที่ค้นพบสาเหตุ 20% - 30% ของการติดเชื้อในห้องผ่าตัดเกิดจากเชื้อ *Staphylococcus aureus* (อ้างอิงจาก : Journal of Preventive Medicine and Hygiene, "Operating theatre quality and prevention of surgical site infections", 54(3): 131–137, Sep 2013) โดยเชื้อ *Staphylococcus aureus* เป็นเชื้อที่พบได้ที่ผิวหนัง โพรงจมูก เยื่อบุทางเดินหายใจ ทางเดินอาหาร และบาดแผล ซึ่งเมื่อบาดแผลถูกผ่าตัดและเย็บแผลบริเวณที่ถูกสัมผัสจะมีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อนี้ ซึ่งการทดสอบการฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีทำโดยการนำเชื้อ *Staphylococcus aureus* มาเจือจางแล้วนำไปขีดบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยแบ่งเป็นจานควบคุมกับจานที่นำไปยิงยูวีด้วยระยะเวลาต่างๆ นำผลมานับจำนวนโคโลนีของเชื้อเปรียบเทียบกันระหว่างก่อนจานควบคุมกับจานที่นำไปยิงยูวีฆ่าเชื้อ

3.2.1 อาหารเลี้ยงเชื้อ NA (Nutrient Agar)

อุปกรณ์และสารเคมี

1.	0.3% (w/v) Yeast extract	1.5	กรัม
2.	0.5% (w/v) Peptone	2.5	กรัม
3.	1.5% (w/v) Agar	7.4	กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.	0.5% (w/v) NaCl	2.5	กรัม	
5.	น้ำกลั่น	500	มิลลิลิตร	
6.	จานเลี้ยงเชื้อ (Culture Plate)	20	มิลลิลิตร	จำนวน 20 อัน
7.	บีกเกอร์ (Beaker)	500	มิลลิลิตร	
8.	กระบอกตวง	1000	มิลลิลิตร	
9.	ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)	250	มิลลิลิตร	จำนวน 3 ขวด

10. ช้อนตักสาร
11. กระดาษตวงสาร
12. หม้อนึ่งความดันไอ (Autoclave)
13. เครื่องกวนสาร (Magnetic Stirrer)
14. ตู้ปลอดเชื้อ (Lamina flow)
15. ตู้เย็น
16. ถุงมือ
17. แอลกอฮอลล์
18. ตาชั่ง
19. กระดาษฟอยด์

วิธีทำ

1. ชั่ง Yeast exact 0.75 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. ผสม peptone 1.25 กรัม, Agar 3.7 กรัม, NaCl 1.25 กรัม และน้ำกลั่นส่วนหนึ่งในบีกเกอร์ ผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องคนสาร
3. นำส่วนผสมในบีกเกอร์เทใส่กระบอกตวง แล้วเติมน้ำให้ครบ 250 มิลลิลิตร และคนส่วนผสมให้เข้ากันโดยการเทกลับไปมาระหว่างบีกเกอร์กับกระบอกตวง
4. เทใส่ขวดรูปชมพู่แล้วคนเบาๆให้ส่วนผสมเข้ากัน จากนั้นปิดฝาขวดด้วยกระดาษฟอยล์ นำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่ง ความดันไอ 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที
5. นำออกจากหม้อนึ่งความดันไอ ทิ้งไว้สักพักให้หายร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. นำไปเทใส่จานเลี้ยงเชื้อ 25 มิลลิลิตร จะได้อาหารเลี้ยงเชื้อทั้งหมด 10 อัน ปิดฝาจานเลี้ยงเชื้อให้สนิท จากนั้นทิ้งไว้ให้อาหารเลี้ยงเชื้ออยู่ตัว (โดยขั้นตอนนี้ต้องทำภายในตู้ laminar flow และจะต้องใส่ถุงมือยางฉีดแอลกอฮอล์เพื่อฆ่าเชื้อให้เรียบร้อย)
7. เปิดฝาจานเลี้ยงเชื้อแล้วคว่ำตากไว้ ให้อาหารเลี้ยงเชื้อแห้งสนิท (โดยขั้นตอนนี้ต้องทำภายในตู้ laminar flow)
8. ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 1-7 เพื่อให้ได้อาหารเลี้ยงเชื้ออีก 10 อัน
9. จากนั้นนำอาหารเลี้ยงเชื้อทั้ง 20 อัน แช่เก็บไว้ในตู้เย็น

รูปที่ 59 ชั่ง peptone 1.25 กรัม

รูปที่ 60 ชั่ง Yeast Extract 0.75 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 61 ชั่ง NaCl 1.25 กรัม

รูปที่ 62 ชั่ง Agar 3.7 กรัม

รูปที่ 63 เติมน้ำกลั่นเล็กน้อยแล้วนำไปวางบนเครื่องกวนสาร เพื่อผสมให้เข้ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 64 เทอาหารเลี้ยงเชื้อใส่กระบอกตวง

รูปที่ 65 เติมน้ำกลั่นให้ได้ 250 มิลลิลิตร

รูปที่ 66 ผสมให้เข้ากันโดยการเทกลับไปมาระหว่างบีกเกอร์และกระบอกตวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 67 เทใส่ขวดรูปชมพู่ จากนั้นคนให้เข้ากัน

3.2.2 การเจือจางแบคทีเรีย (Ten-fold serial dilution)

อุปกรณ์

1. ปิเปตอัตโนมัติขนาด 1 มิลลิลิตร
2. Pipette tips ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว
3. ตะเกียงแอลกอฮอล์
4. ห่วงเขี่ยเชื้อ
5. แบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ในจานเลี้ยงเชื้อ
6. อาหารเหลว NA ปริมาตร 10 มิลลิลิตรในหลอดทดลอง ซึ่งผ่านการฆ่าเชื้อแล้วทั้งหมด 1 หลอด
7. อาหารเหลว NA ปริมาตร 9 มิลลิลิตรในหลอดทดลอง ซึ่งผ่านการฆ่าเชื้อแล้วทั้งหมด 9 หลอด

วิธีการ

1. เขียนกำกับที่อาหารเหลว NA ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เป็น 10^{1}
2. เขียนกำกับที่หลอดบรรจุ อาหารเหลว NA ปริมาตร 9 มิลลิลิตร ทั้ง 10 หลอด เป็น 10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}, 10^{-6}, 10^{-7}, 10^{-8}, 10^{-9} ตามลำดับ
3. ใช้ห่วงเขี่ยเชื้อ สะกิดเชื้อ *Staphylococcus aureus* จากในจานเลี้ยงเชื้อตัวอย่างแล้วนำไปผสมกับอาหารเหลว NA หลอดเขียนกำกับว่า 10^{1} ปิดฝาให้สนิทแล้วทำให้เข้ากันโดยการพลิกหลอดทดลองกลับไปกลับมา

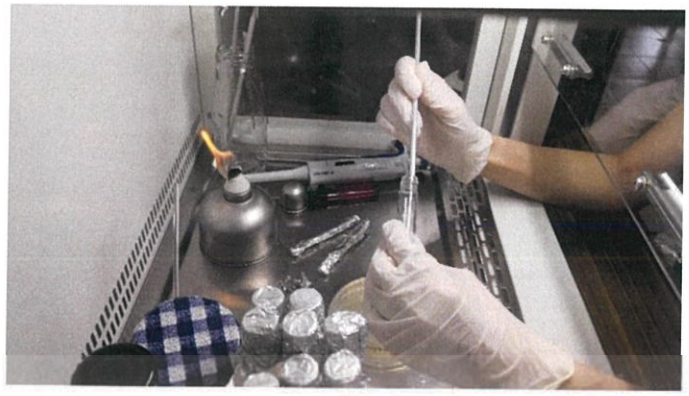
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ใส่ Tips ลงในปิเปต จากนั้นเปิดฝาจุดหลอดที่เขียนกำกับว่า 10^{1} นำปลายหลอดไปลนไฟ แล้วใช้ปิเปตดูดแบคทีเรียจากหลอดเป็นปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลนไฟที่ปลายหลอดทดลองอีกครั้งแล้วปิดจุกหลอดทอลองไว้เหมือนเดิม
5. เปิดฝาจุดหลอดที่เขียนกำกับว่า 10^{-1} นำปลายหลอดไปลนไฟ แล้วปล่อยแบคทีเรียจากปิเปตลงในหลอด ลนไฟที่ปลายหลอดทดลองอีกครั้งแล้วปิดจุกหลอด แล้วทำให้เข้ากันโดยการพลิกหลอดทดลองกลับไปกลับมา จะได้แบคทีเรียที่เจือจางอัตราส่วน 1:10 (dilution 10^{-1})
6. เปลี่ยน Tips อันใหม่ จากนั้นใช้ปิเปตดูดแบคทีเรียที่อยู่ในหลอด 10^{-1} ขึ้นมาเป็นปริมาตร 1 มิลลิลิตรไปเติมลงในหลอดที่ที่เขียนกำกับว่า 10^{-2} ผสมให้เข้ากันจะได้แบคทีเรียที่เจือจางอัตราส่วน 1:100 (dilution 10^{-2})
7. ทำเช่นเดียวกันกับข้อที่ 5 และ 6 ในหลอดที่บรรจุอาหารเหลว NA หลอดที่เขียนกำกับ 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}, 10^{-6}, 10^{-7}, 10^{-8}, 10^{-9} ตามลำดับจนได้แบคทีเรียที่เจือจางในอาหารเหลวจนครบทั้งหมด

รูปที่ 68 เขียนกำกับที่หลอดบรรจุอาหารเหลวทั้ง 10 หลอด

รูปที่ 69 เขี่ยเชื้อจากจานเลี้ยงเชื้อตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 70 ใส่ลงในหลอดบรรจุอาหารเหลว 10^1

รูปที่ 71 ทำให้เข้ากันแล้วปิดฝาให้สนิท

3.2.3 Spread plate

อุปกรณ์

1. Glass spreader
2. ตะเกียงแอลกอฮอล์
3. ปิเปตอัตโนมัติขนาด 1 มิลลิลิตร
4. Pipette tips ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว
5. 95% Ethanol
6. Nutrient agar จำนวน 5 plate

วิธีการ

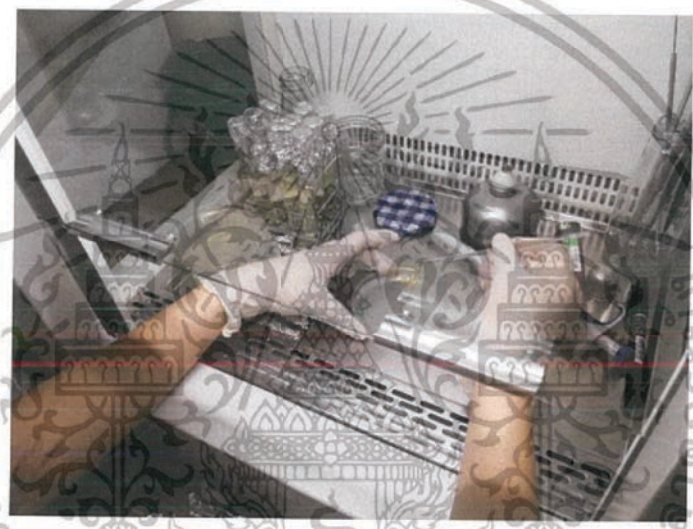
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ใส่ถุงมือและฉีดแอลกอฮอลล์ให้ทั่วฝ่ามือทั้ง 2 ข้าง รวมถึงบนโต๊ะทดลองเพื่อฆ่าเชื้อโรค
2. ใช้ปิเปตดูดแบคทีเรียที่เจือจางแบบ 10-fold dilutions ในหลอดที่เขียนกำกับ 10^{-3} ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ใส่ลงบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อวุ้น
3. ฆ่าเชื้อบน glass spreader ด้วยการนำไปจุ่มใน 95% ethanol แล้วนำไปลนไฟจากตะเกียง ปล่อยให้เย็นลงสักครู่ (ประมาณ 20-30 วินาที)
4. เกลี่ยแบคทีเรียให้กระจายทั่วทั้งจานเลี้ยงเชื้อด้วยการหมุน glass spreader เป็นวงกลมพร้อมๆ กับหมุน plate ไปด้วย เมื่อหมุน plate จนแบคทีเรียกกระจายทั่วทั้งจานเลี้ยงเชื้อ (ประมาณ 3-4 รอบ) แล้วปิดฝา plate ใช้เทปพาราฟิล์มพันรอบจานเลี้ยงเชื้อให้สนิท และฆ่าเชื้อ glass spreader ด้วยการนำไปจุ่มใน 95% ethanol
5. นำแบคทีเรียที่เจือจางแบบ 10-fold dilutions ในหลอดที่เขียนกำกับ 10^{-6} ไป spread plate เช่นเดียวกับข้อ 2-4
6. นำ nutrient agar ทั้ง 5 plate ไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°c เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยคว่ำผิวหน้าอาหารลง
7. เมื่อครบเวลาให้นำออกจากตู้บ่ม ทำการบันทึกผลการนับจำนวนโคโลนีในจานเลี้ยงเชื้อ

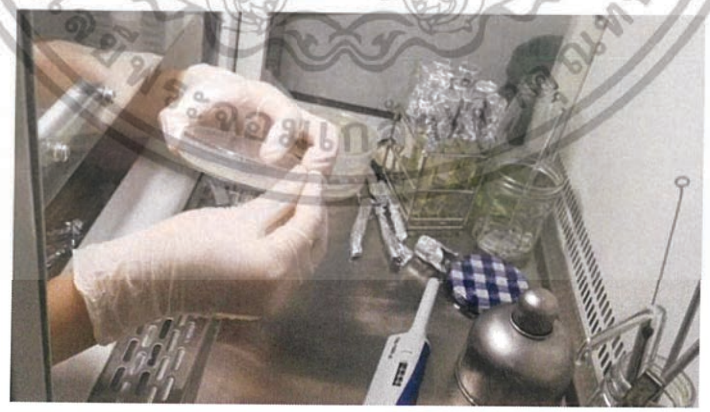
รูปที่ 72 ใช้ปิเปตดูดแบคทีเรีย ปริมาตร 0.1 ml ใส่ลงบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อวุ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 73 นำ glass spreader ไปลนไฟ



รูปที่ 74 Spread plate



รูปที่ 75 ปิดด้วยพาราฟิล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 ทดสอบการฆ่าเชื้อด้วยหลอดยูวีในตู้ laminar flow

คำนวณเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อของหลอดยูวีในตู้ laminar flow ที่มีขนาด output ของหลอดไฟเท่ากับ 8 Watt ระยะห่าง 35 เซนติแมตร ดังแสดงในสมการที่ 3.4 และสมการที่ 3.5

$$\text{Brightness} = \frac{8(w)}{4\pi \times 35^2(cm^2)} \qquad (3.5)$$

$$= 519.68\ \mu W/cm^2$$

$$Time = \frac{6{,}600\left(\mu W \cdot \frac{sec}{cm^2}\right)}{519.68\ (\mu w/cm^2)} \qquad (3.5)$$

$$= 12.7\ sec \approx 13\ sec$$

ในการทดสอบได้นำเชื้อที่เจือจาง $2x10^{-3}$ มาขีดเชื้อในจานเลี้ยงเชื้อด้วยวิธี spread plate มีจานเพาะเชื้อทั้งหมด 5 จาน โดยมี 1 จานเพาะเชื้อที่ไม่ได้อบยูวีเป็นชุดควบคุมเพื่อใช้เปรียบเทียบกับจานเพาะเชื้อที่เหลือที่นำไปอบยูวีเป็นเวลา 13 วินาที, 26 วินาที, 39 วินาที และ 53 วินาที ตามลำดับ

รูปที่ 76 การฆ่าเชื้อด้วยหลอดยูวีในตู้ laminar flow

3.2.5 ทดสอบการฆ่าเชื้อด้วยหลอดยูวีของหุ่นยนต์ฆ่าเชื้อ

จากการคำนวณเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อด้วยหลอดยูวีของหุ่นยนต์ฆ่าเชื้อ ที่มีขนาด output ของหลอดไฟเท่ากับ 19.3 Watt จำนวน 3 หลอด ระยะห่าง 35 เซนติแมตร ดังแสดงในสมการที่ 3.6 และสมการที่ 3.7

$$\text{Brightness} = \frac{19.3(w)}{4\pi \times 35^2(cm^2)} \qquad (3.6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= 3761.25\ \mu W/cm^2$$

$$Time = \frac{6{,}600\left(\mu W \cdot \frac{sec}{cm^2}\right)}{3761.25\ (\mu w/cm^2)} \qquad (3.7)$$

$$= 1.754\ sec\ \approx\ 2\ sec$$

ในการทดสอบได้นำเชื้อที่เจือจาง $2x10^{-3}$ มาขีดเชื้อในจานเลี้ยงเชื้อด้วยวิธี spread plate มีจานเพาะเชื้อทั้งหมด 5 จาน โดยมี 1 จานเพาะเชื้อที่ไม่ได้อบยูวีเป็นชุดควบคุมเพื่อใช้เปรียบเทียบกับจานเพาะเชื้อที่เหลือที่นำไปวางไว้ที่บริเวณด้านหน้าของหุ่นยนต์แล้วเปิดยูวีเป็นเวลา 2 วินาที, 4 วินาที, 6 วินาที และ 8 วินาที ตามลำดับ

รูปที่ 77 การฆ่าเชื้อด้วยหลอดยูวีของหุ่นยนต์ฆ่าเชื้อ

3.2.6 ทดสอบ watt output ของหลอดสียูวี

ทางคณะผู้จัดทำได้ทำการทดสอบ watt output ของหลอดรังสียูวีเพื่อให้แน่ใจว่าหลอดรังสียูวีที่ใช้มีประสิทธิภาพมากพอที่จะสามารถฆ่าเชื้อที่ต้องการได้ ในการทดสอบ watt output ของหลอดยูวีทางคณะผู้จัดทำเลือกใช้ power meter รุ่น Thorlabs PM100D Power meter S120C และแบ่งการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบเป็น 2 ตอน โดยตอนที่ 1 ทำการทดสอบที่ระยะ 35 เซนติเมตร เมื่อเปิดหลอดยูวี 1 หลอด วัดจากระยะหลอดที่ใกล้ที่สุดและที่ไกลที่สุด และเมื่อเปิดหลอดยูวี 3 หลอด ตอนที่ 2 ทำการทดสอบ ที่ระยะ 10,20,30,40,50,60,70,80,90 และ 100 เซนติเมตร (เริ่มวัดระยะจากกึ่งกลางของ UV Bot)

รูปที่ 78 แสดง Thorlabs PM100D Power meter S120C

ทั้ง 2 การทดลองมีวิธีการทดลองเริ่มจากการต่อเซ็นเซอร์ เมื่อต่อเซ็นเซอร์เสร็จแล้วให้เปิดเครื่องและเข้าไปตั้งค่า wavelength, ขนาดของเซ็นเซอร์รับแสง และหน่วยของ watt output เมื่อตั้งค่าเรียบร้อยแล้วเริ่มการวัดโดยการนำเซ็นเซอร์วางยังตำแหน่งที่ต้องการ เมื่อเปิดเซ็นเซอร์แล้วเซ็นเซอร์จะตรวจวัดแสงทันที จึงต้องกด set zero เพื่อปรับค่าแสงให้เป็นศูนย์ก่อนจะวัดแสงยูวี จากนั้นจึงเปิดหลอดยูวีเป็นระยะเวลาหนึ่งเพื่อให้ค่าที่วัดได้คงที่และบันทึกผลการทดลองที่ได้

รูปที่ 79 3.2.6 วิธีการทดสอบ watt output ของหลอดถยูวี

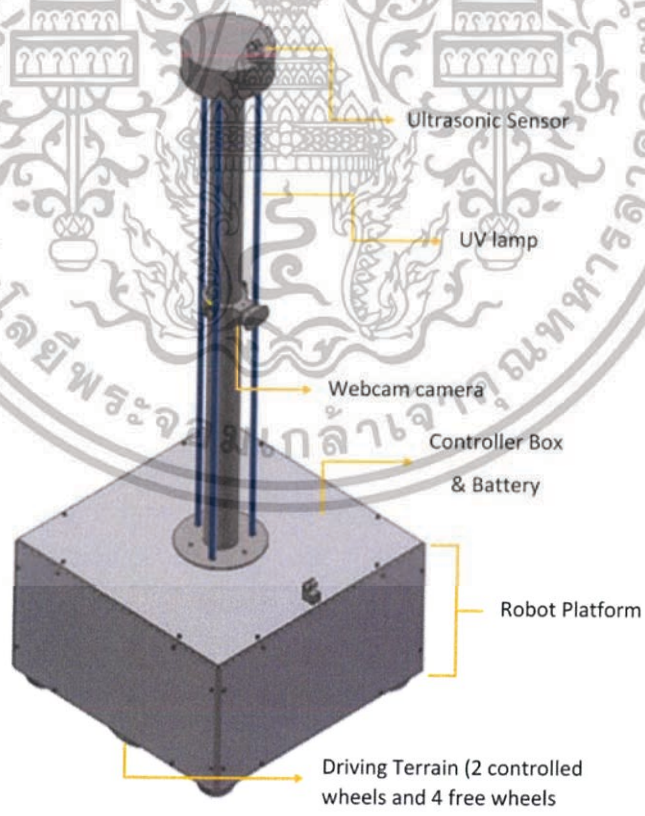
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 การทำงานของหุ่นยนต์

4.1.1 การออกแบบหุ่นยนต์

จากการออกแบบหุ่นยนต์ด้วยโปรแกรม Autodesk ทำให้ได้หุ่นยนต์ต้นแบบที่มีความสูงทั้งหมด 157 เซนติเมตร ที่ส่วนฐานจะมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยม ขนาดกว้าง 60 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร และสูง 30 เซนติเมตร, ส่วนบนของหุ่นยนต์ติดตั้งหลอดยูวีทั้งหมด 3 หลอด, ส่วนของเซ็นเซอร์มีอัลตร้าโซนิกเซนเซอร์ 2 ตัว ติดตั้งอยู่บริเวณด้านบนสุดและด้านบนฝั่งด้านหน้าของฐานของหุ่นยนต์ และกล้องเว็บแคมติดตั้งอยู่บริเวณกลางลำตัวของหุ่นยนต์, ส่วนการขับเคลื่อนประกอบไปด้วย ล้อควบคุมด้วยมอเตอร์ 2 ล้อและล้ออิสระ 4 ล้อ และส่วนสุดท้ายคือระบบไมโครคอลโทรเลอร์และแบตเตอร์รี่ ดังแสดงในรูปที่ 81



รูปที่ 80 แสดงแบบจำลองหุ่นยนต์จากโปรแกรม Autodesk

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การสร้างหุ่นยนต์

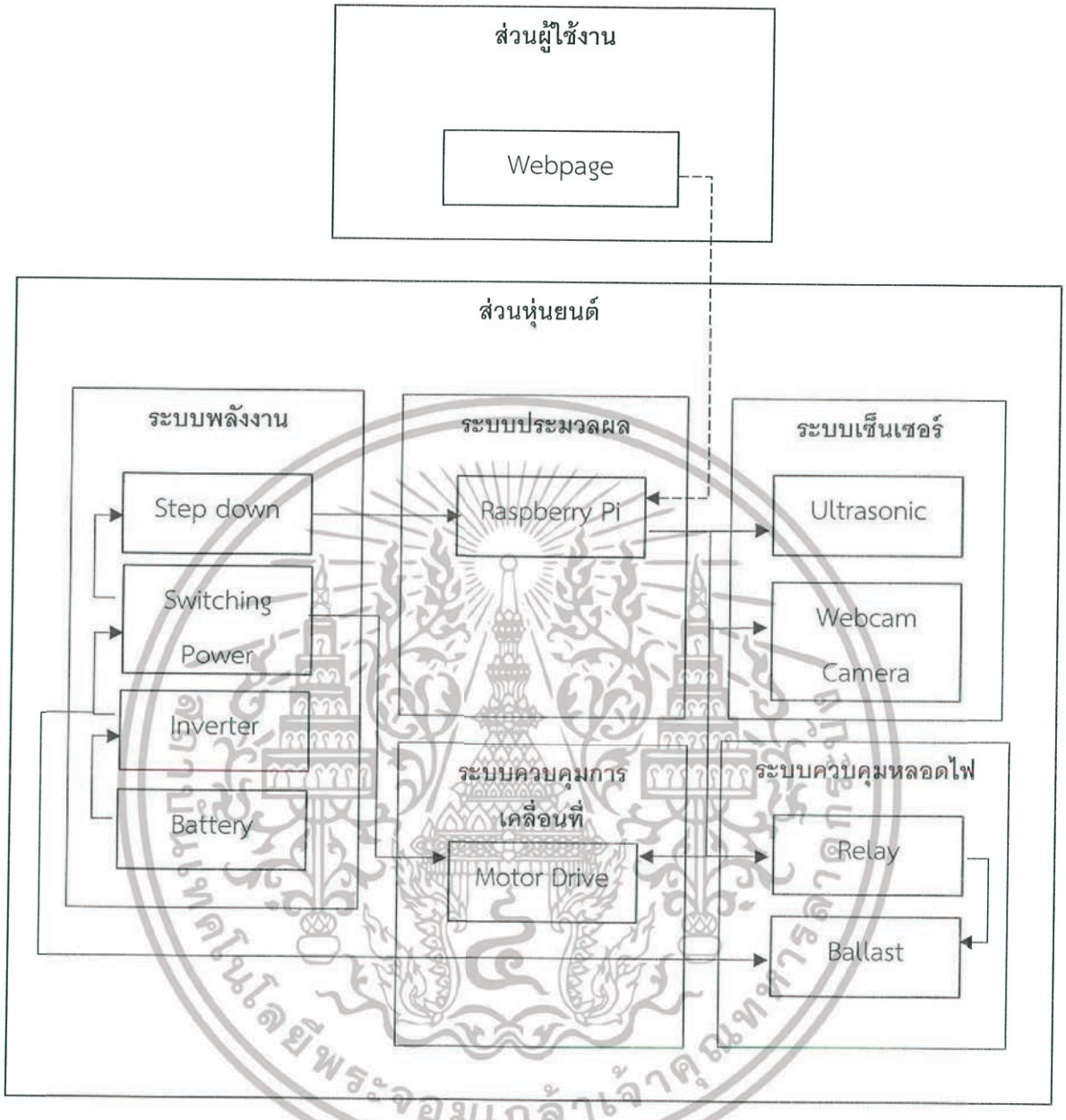
จากกระบวนการสร้างหุ่นยนต์ทำให้ได้หุ่นยนต์ที่มีความสูงทั้งหมดของหุ่นยนต์ 157 เซนติเมตร วัสดุที่ใช้ในการทำฐานคืออลูมิเนียมโปรไฟล์ ปิดส่วนฐานด้วยแผ่นอะคริลิกสีขาวรอบด้าน ส่วนวัสดุที่ใช้ในการทำเสากลางคือท่ออะลูมิเนียม

รูปที่ 81 หุ่นยนต์ฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวี

4.1.3 การสร้างโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์

หลังจากการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมหุ่นยนต์แล้ว หุ่นยนต์สามารถทำงานได้โดยควบคุมการเคลื่อนที่ผ่านทางเว็บไซต์ โดยการเชื่อมต่อผ่านระบบ Wi-Fi เดียวกัน ผู้ใช้งานสามารถควบคุมการเดินหน้าถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา และสามารถปรับความเร็วของมอเตอร์ รวมไปถึงการเปิดปิดหลอดไฟได้โดยการกดปุ่มบนหน้าเว็บไซต์ สามารถสังเกตการณ์โดยการดูผ่านกล้องเว็บแคม และ Ultrasonic sensor ที่ติดตั้งไว้ เพื่อควบคุมหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่ไปทั่วห้อง รวมไปถึงหลบหลีกสิ่งกีดขวาง โดยในการใช้งานหุ่นยนต์ จะมีระบบ Autorun เพื่อเปิดระบบการทำงานของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 82 ระบบควบคุมหุ่นยนต์ฆ่าเชื้อ

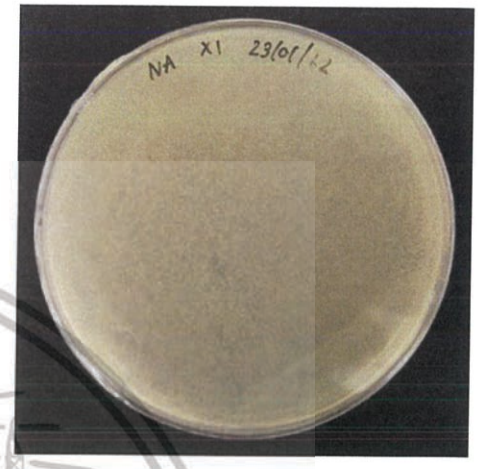
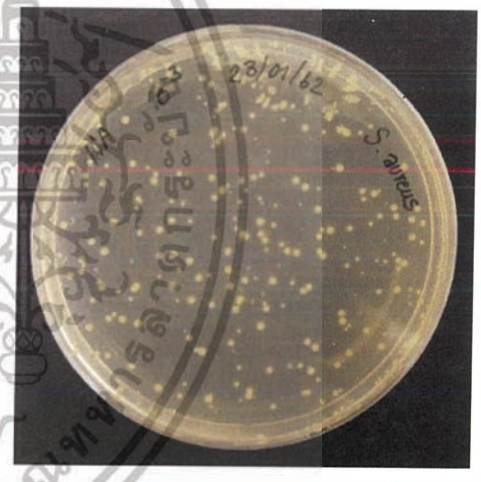
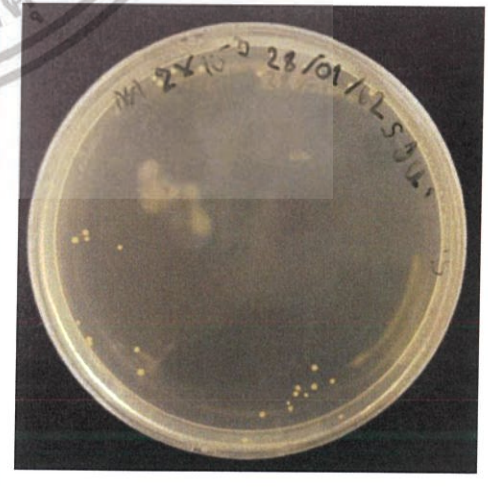
4.2 การทดสอบการฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวี

4.2.1 การเจือจางแบคทีเรีย (Ten-fold serial dilution)

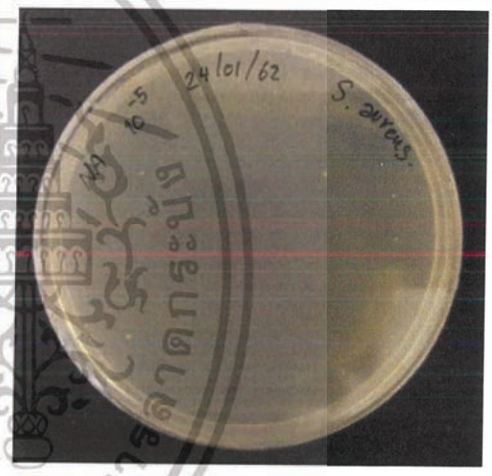
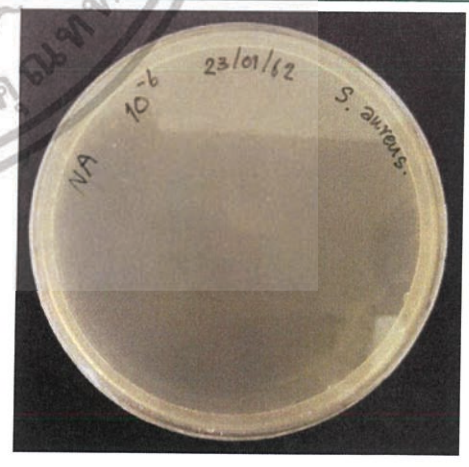
จากการทดลองได้ทำการเจือจางแบคทีเรียตั้งแต่ 10^{-1} ถึง 10^{-9} พบว่า เชื้อแบคทีเรียที่เจือจางแล้วนำมา spread plate แล้วได้ผลที่ต้องการคือเห็นเชื้อเป็นโคโลนีชัดเจน มีจำนวนโคโลนีที่ไม่มากและไม่น้อยเกินไป คือ $2x10^{-3}$ หรือ 1:1500 ดังแสดงในตารางที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

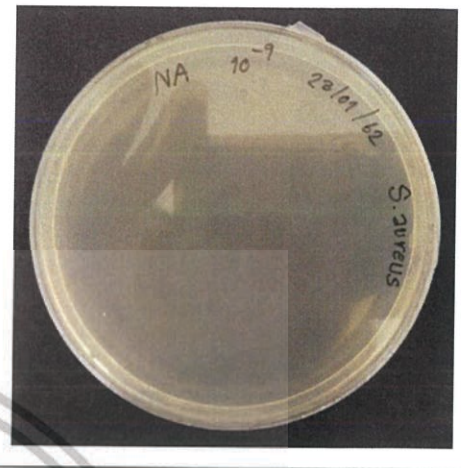
ตาราง 5 ผลการทำ Ten-fold serial dilution

ผลการทดลอง	รูปแสดงการทำ serial dilution
ความเข้มข้น 10^{1} **(1:10)** มีปริมาณความเข้มข้นของแบคทีเรียในปริมาณมาก เนื่องจากเป็นการนำเชื้อตัวอย่างมาเจือจางในอาหารเหลวจึงทำให้มีแบคทีเรียมีจำนวนมากจนนับไม่ถ้วน มองไม่เห็นแยกเป็นโคโลนีเดี่ยวได้	
ความเข้มข้น 10^{-3} **(1:1,000)** มีปริมาณความเข้มข้นของแบคทีเรียเจือจางกว่าความเข้มข้น 10^{1} อยู่มากจนสามารถมองเห็นแยกเป็นโคโลนีเดี่ยวที่กระจายตัวกัน แต่ยังมีจำนวนโคโลนีที่มากอยู่	
ความเข้มข้น 2×10^{-3} **(1:1500)** มีปริมาณความเข้มข้นของแบคทีเรียเจือจางกว่าความเข้มข้น 10^{-3} โคโลนีลดน้อยลงและกระจายตัวจนสามารถมองเห็นแยกเป็นโคโลนีเดี่ยวได้ชัดเจน โดยมีจำนวนโคโลนีทั้งหมดมี 32 ตัว	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง	รูปภาพ
ความเข้มข้น 10^{-4} (1:10,000) มีปริมาณความเข้มข้นของแบคทีเรียเจือจางกว่าความเข้มข้น 10^{-3} โคโลนีลดน้อยลงและกระจายตัว สามารถมองเห็นแยกเป็นโคโลนีเดี่ยวได้ชัดเจน โดยจำนวนโคโลนีทั้งหมดมี 18 ตัว	
ความเข้มข้น 10^{-5} (1:100,000) มีปริมาณความเข้มข้นของแบคทีเรียเจือจางกว่าความเข้มข้น 10^{-3} สามารถมองเห็นแยกเป็นโคโลนีเดี่ยวได้ชัดเจน โดยจำนวนโคโลนีที่มองเห็นมีเพียง 4 ตัวเท่านั้น เนื่องจากความเข้มข้นของแบคทีเรียมีปริมาณที่น้อยมาก	
ความเข้มข้น 10^{-6} (1:1,000,000) มีปริมาณความเข้มข้นของแบคทีเรียเจือจางมากเกินไป จนทำให้ไม่พบแบคทีเรียเลย	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง	รูปภาพ
ความเข้มข้น 10^{-9} (1: 1,000,000,000) มีปริมาณความเข้มข้นของแบคทีเรียเจือจางมากเกินไป จนทำให้ไม่พบแบคทีเรียเลย	

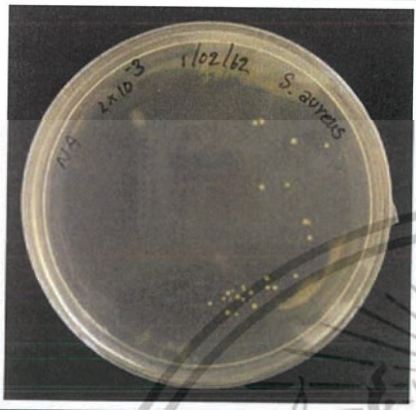
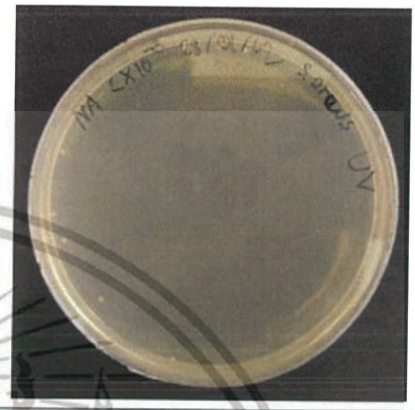
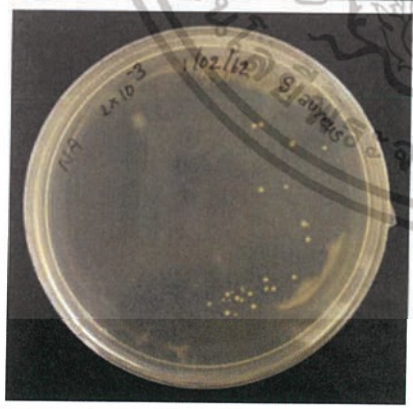
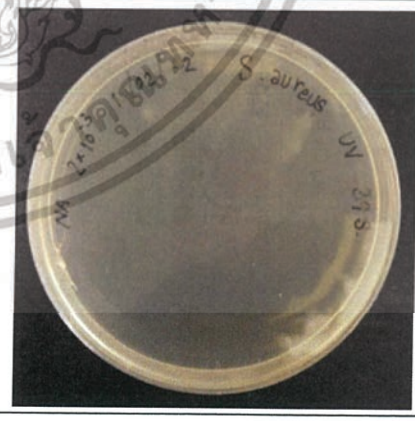
4.2.2 ทดสอบการฆ่าเชื้อด้วยหลอดยูวี

4.2.2.1 ทดสอบการฆ่าเชื้อด้วยหลอดยูวีในตู้ laminar flow

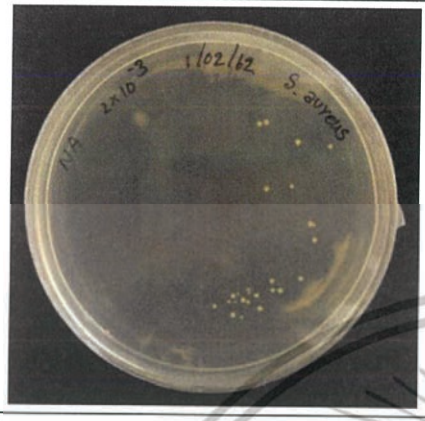
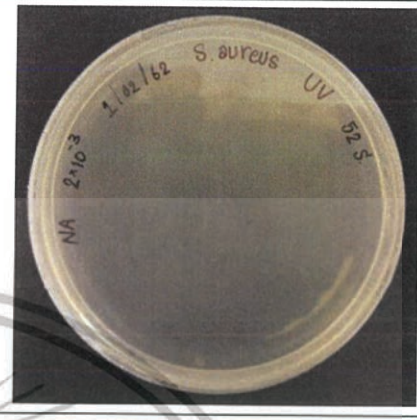
ผลการทดสอบการฆ่าเชื้อด้วยหลอดยูวีที่อยู่ในตู้ laminar flow โดยนำเชื้อที่เจือจาง $2x10^{-3}$ มาเพาะเลี้ยงด้วยวิธี spread plate มีจานเลี้ยงเชื้อที่ไม่ได้อบยูวีเป็นชุดควบคุมเพื่อใช้เปรียบเทียบกับจานเลี้ยงเชื้อที่เหลือที่นำไปอบยูวีเป็นเวลา 13 วินาที, 26 วินาที, 39 วินาที และ 53 วินาที ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าแบคทีเรียบนจานที่ชุดควบคุม มีจำนวนโคโลนีทั้งหมด 28 ตัว จานเลี้ยงเชื้อที่นำไปอบยูวี 13 วินาทีมีแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* จำนวน 9 โคโลนี ส่วนจานเลี้ยงเชื้อที่นำไปอบยูวีตั้งแต่เวลา 26 วินาทีเป็นต้นไปสามารถฆ่าเชื้อ *Staphylococcus aureus* ได้หมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

UV Disinfection test in Laminar Flow

Time (s)	Reference	Colony	UV Sterilization	Colony
13		28		9
26		28		0
39		28		0

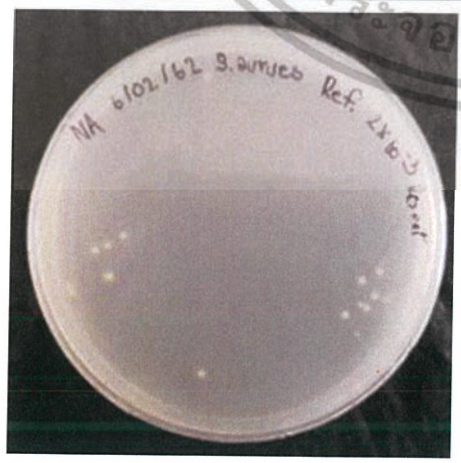
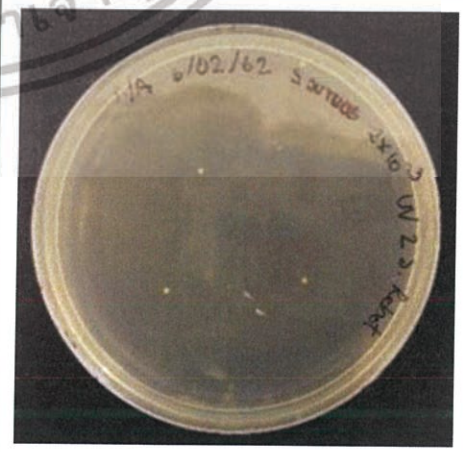
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time (s)	Reference	Colony	UV Sterilization	Colony
52		28		0

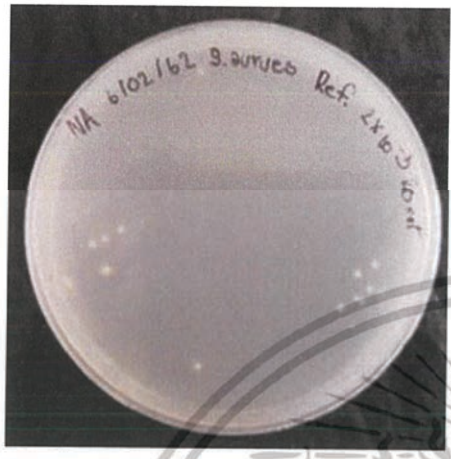
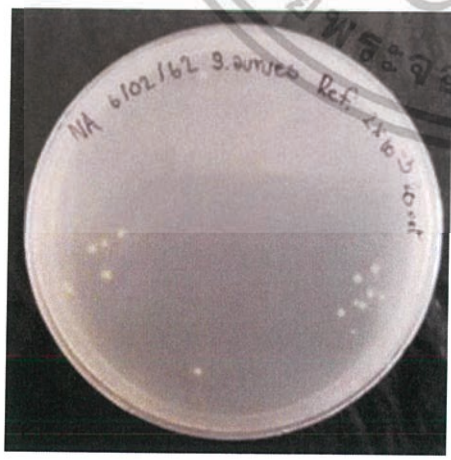
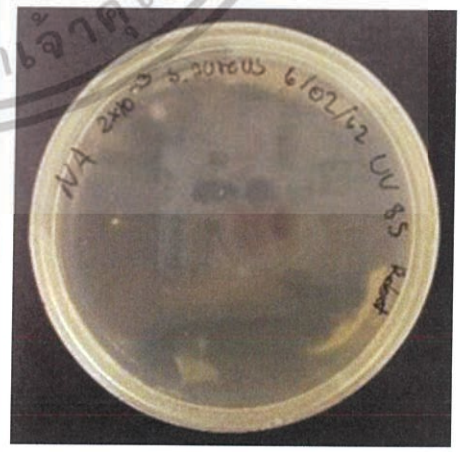
4.2.2.2 ทดสอบการฆ่าเชื้อด้วยหลอดยูวีของหุ่นยนต์ฆ่าเชื้อ

ผลการทดสอบการฆ่าเชื้อด้วยหลอดยูวีหุ่นยนต์โดยนำเชื้อที่เจือจาง $2x10^{-3}$ มาขีดเชื้อในจานเลี้ยงเชื้อด้วยวิธี spread plate มีจานเพาะเชื้อที่ไม่ได้อบยูวีเป็นชุดควบคุมเพื่อใช้เปรียบเทียบกับจานเพาะเชื้อที่เหลือที่นำไปอบยูวีเป็นเวลา 2 วินาที, 4 วินาที, 6 วินาที และ 8 วินาที ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าแบคทีเรียบนจานที่ชุดควบคุม มีจำนวนโคโลนีทั้งหมด 23 ตัว จานเลี้ยงเชื้อที่นำไปอบยูวีมีแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* จำนวน 7, 8, 1, 0 โคโลนีตามลำดับ

UV Disinfection test with UV Robot

Time (s)	Reference	Colony	UV Sterilization	Colony
2		23		7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time (s)	Reference	Colony	UV Sterilization	Colony
4		23		8
6		23		1
8		23		0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.3 ผลการทดสอบ watt output ของหลอดยูวี

จากการทดลองวัด watt output ที่ระยะ 35 เซนติเมตรเพื่อวัดประสิทธิภาพของหลอดรังสียูวี พบว่าค่า watt output ที่ได้เป็นดังตารางที่ 5 ซึ่งไม่ตรงกับค่าตาม datasheet

ตาราง 5 ผลการทดลองตอนที่ 1 ทำการทดสอบ watt output ของหลอดยูวี ที่ระยะ 35 เซนติเมตร

จำนวนหลอด	ระยะห่างของ sensor กับหลอด (cm.)	Watt output ที่วัดได้ (mW)
1	35 (วัดจากหลอดที่ไกลสุด)	0.166
1	35 (วัดจากหลอดที่ใกล้สุด)	0.349
3	35 (วัดจากหลอดที่ไกลสุด)	0.645

ซึ่งทางคณะผู้จัดทำเลือกนำ watt output ของหลอดยูวีจำนวน 1 หลอดที่วัดระยะห่าง 35 เซนติเมตรจากหลอดที่ใกล้ที่สุดไปคำนวณ watt output จริงที่ได้

$$0.000349\ (w/cm^2) = \frac{A\ (w)}{4\pi \times 35^2\ (cm^2)} \tag{4.1}$$

จะได้ $$watt\ output \text{ ของ } 1 \text{ หลอด} = 5.37\ w$$

และนำ watt output ของหลอดยูวีจำนวณ 3 หลอดมาเพื่อคำนวณหาเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ

$$Time = \frac{6{,}600\ \left(\mu W \cdot \frac{sec}{cm^2}\right)}{645\ (\mu w/cm^2)} = 10.23\ sec \tag{4.2}$$

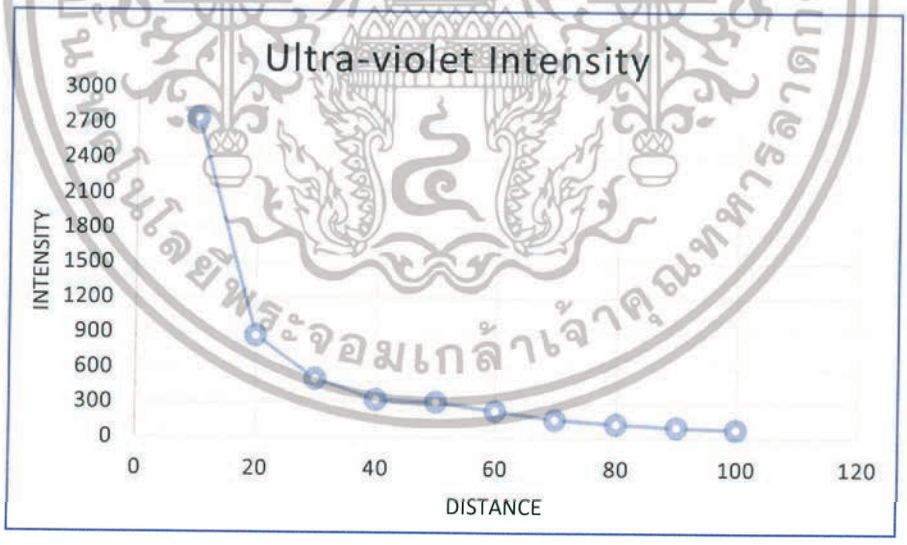
จะได้ว่าใช้เวลา 10.23 วินาทีในการฆ่าเชื้อ *Staphylococcus aureus* ที่ระยะ 35 เซนติเมตรจากหลอด ซึ่งจากการทดลองการฆ่าเชื้อด้วยหลอดยูวีของหุ่นยนต์ฆ่าเชื้อใช้เวลาเพียง 8 วินาทีก็สามารถฆ่าเชื้อได้หมดทั้งจานเลี้ยงเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองตอนที่ 2 ทำการทดสอบที่ระยะ 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 เซนติเมตร เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่าง UV Intensity และระยะทางจากหลอด

ตาราง 6 ผลการทดลองตอนที่ 1 ทำการทดสอบ watt output ของหลอดยูวีขที่ระยะต่างๆ

จำนวนหลอด	ระยะห่างของ sensor กับหลอด (cm.)	UV Intensity ($\mu W/cm^2$)
3	10	2742
3	20	874
3	30	502
3	40	326
3	50	304.4
3	60	230
3	70	160.2
3	80	121.3
3	90	94.7
3	100	77



รูปที่ 83 แสดงกราฟ watt output ที่ระยะต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีสำหรับห้องผ่าตัด ความสามารถของหุ่นยนต์ที่ได้ คือผู้ใช้งานสามารถควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ได้แบบไร้สายผ่านทางเว็บไซต์ โดยใช้การเชื่อมต่อผ่านเครือข่าย Wi-Fi เดียวกัน สามารถควบคุมการเคลื่อนที่เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา ได้ด้วยการกดที่ปุ่มที่หน้าเว็บไซต์หรือกดที่คีย์บอร์ดควบคู่ไปกับการสังเกตการณ์ผ่านกล้องเว็บแคม และมีการบอกระยะของสิ่งกีดขวางด้วยอัลตราโซนิคเซนเซอร์ สามารถปรับความเร็วของมอเตอร์ รวมไปถึงการเปิด-ปิดหลอดไฟได้จากหน้าเว็บไซต์ แหล่งพลังงานของหุ่นยนต์มาจากแบตเตอรี่ 12 โวลต์ สามารถใช้งานได้เป็นเวลาประมาณ 30 นาที เมื่อเปิดการใช้งานหุ่นยนต์อย่างเต็มประสิทธิภาพ คือเปิดหลอดไฟยูวีพร้อมทั้งเคลื่อนที่ไปด้วย จากการทดสอบการฆ่าเชื้อด้วยหุ่นยนต์ พบว่าต้องใช้เวลาอย่างน้อย 8 วินาทีเพื่อกำจัดแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ที่อยู่ในจานเลี้ยงเชื้อซึ่งตั้งอยู่ห่างจากหุ่นยนต์ยูวีเป็นระยะ 35 เซนติเมตรได้อย่างสมบูรณ์ เวลานี้มากกว่าค่าที่คำนวณทางทฤษฎีถึง 4 เท่า เนื่องจากค่าพลังงานของหลอดไฟจากข้อมูลที่ได้รับโดยผู้ผลิตหลอดยูวี (19.3 วัตต์) มีค่าน้อยกว่าพลังงานของหลอดไฟที่วัดได้จริง (5.37 วัตต์) จากการวัดโดยเครื่อง power meter

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางแก้ไข

การรับส่งข้อมูลระหว่างส่วนประมวลผล (Raspberry Pi) กับหน้าแสดงผล (Website) ไม่ค่อยเสถียร ซึ่งอาจเกิดจากเครือข่าย Wi-Fi ที่เชื่อมต่อ สามารถแก้ไขได้โดยการเชื่อมต่อเครือข่าย Wi-Fi ที่ดีกว่าเดิม หรือส่งข้อมูลจากหน่วยประมวลผลผ่านเซิร์ฟเวอร์ก่อนจะส่งคำสั่งไปยังหุ่นยนต์

การควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ กล้องเว็บแคมสำหรับสังเกตการณ์มีมุมมองการมองเห็นไม่กว้างพอ รวมไปถึงเซนเซอร์ที่ติดตั้งก็มีจำนวนน้อยไปหรือตำแหน่งที่ติดตั้งไม่สัมพันธ์กับกล้องเว็บแคมทำให้เกิดจุดบอดซึ่งส่งผลให้เกิดการขัดข้องในการควบคุมหุ่นยนต์ สามารถแก้ไขได้โดยการเพิ่มจำนวนกล้องเพื่อเพิ่มมุมมองการมองเห็น และติดตั้งเซนเซอร์ในบริเวณที่กล้องไม่สามารถจับภาพได้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองการทดสอบการฆ่าเชื้อด้วยหุ่นยนต์ฆ่าเชื้อ พบว่าต้องใช้เวลาในการฆ่าเชื้อมากกว่าที่คำนวณทางทฤษฎีถึง 4 เท่า เหตุผลหลักสามารถอธิบายได้ดังนี้ ประการแรกคือค่าพลังงานของหลอดไฟจากข้อมูลที่ได้รับโดยผู้ผลิตหลอดยูวี มีค่าน้อยกว่าพลังงานของหลอดไฟที่วัดได้จริง สามารถแก้ไขได้โดยการเปลี่ยนหลอดยูวีที่มีพลังงานของหลอดไฟมากกว่านี้ ประการที่สองคืออำนาจทะลุทะลวงของรังสียูวีมีน้อยมากไม่สามารถทะลุผ่านกระจกของจานเลี้ยงเชื้อส่งผลกระทบต่อการฆ่าเชื้อ สามารถแก้ไขได้โดยการติดตั้งแผ่นสะท้อนแสง (Reflector) การเพิ่มแผ่นสะท้อนแสงจะช่วยเพิ่มพลังงานแสงยูวีที่ส่องลงบนวัตถุได้มากขึ้น

5.3 แนวทางการพัฒนา

สามารถนำปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligent) โดยใช้ในส่วนของการเรียนรู้ด้วยเครื่อง (Machine Learning) มาพัฒนาหุ่นยนต์ เพื่อทำให้สามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยตัวเอง เป็นหุ่นยนต์ฆ่าเชื้อที่ทำงานแบบอัตโนมัติ (Autonomous) และไม่ต้องการผู้ใช้งาน (User)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณนานุกรม

นิตยา อินทราวัฒนา, มุทิตา วนาภรณ์, "**โรคติดเชื้อในโรงพยาบาลและสถานการณ์การดื้อยา**", Journal of Medicine and Health Sciences, คณะเวชศาสตร์เขตร้อน มหาวิทยาลัยมหิดล, Vol.22 No.1 April 2015 [Online] Available : https://www.tci-thaijo.org/index.php/jmhs/article/download/58642/48352/+&cd=1&hl=en&ct=clnk&gl=th

Spagnolo AM, Ottria G, Amicizia D, Perdelli F, Cristina ML, "**Operating theatre quality and prevention of surgical site infections**", Journal of Preventive Medicine and Hygiene, 54(3): 131–137, Sep 2013 [Online] Available: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24783890

วงเดือน สุวรรณคีรี, ยุพเรศ พญาพรหม, "**การป้องกันการติดเชื้อที่ตำแหน่งผ่าตัด**", Journal of Nursing Science Chulalongkorn University, Vol. 29 No. 2, May-August 2017 [Online] Available: https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:a-15lkcjwtgJ:https://www.tcithaijo.org/index.php/CUNS/article/download/103366/82700/+&cd=2&hl=en&ct=clnk&gl=th

ปรีชา โอภาสานนท์, "**การทำลายเชื้อในห้องผ่าตัด**" [Online], Available: www.healthcarethai.com/ทำลายเชื้อในห้องผ่าตัด/ยูวีกับการนำมาใช้ฆ่าเชื้อโรค ww.princeandprincessbaby.com/uvกับการนำมาใช้ ฆ่าเชื้อโรค/

Joseph Moore, P.E, "**Basics of UV Disinfection**" [Online], Available: https://www.mi-wea.org/docs/Joe%20Moore-Basics%20of%20UV%20Disinfection%20for%20website.pdf, 2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Meditec, “**ชนิดของยูวี**” [Online], Available: https://www.meditek.ca/uv-sterilization-robots-infection-prevention-technology-operating-rooms/, 2018

Vioguard Tech, “**UV กับการทำลาย DNA ของแบคทีเรีย**” [Online], Available: https://www.vioguard.com/the-solution/uv-c-technology/

“*Staphylococcus aureus*” [Online], Available: http://www.lib.kps.ku.ac.th/SpecialProject/Agricultural_Biotechnology/2549/Bs/BoonyapornTp/chapter2.pdf

“**การแยกแบคทีเรียบริสุทธิ์**” [Online], Available: http://digi.library.tu.ac.th/textbook/009/07chapter4.pdf

“**การเตรียมอาหาร Nutrient agar (NA)**” [Online], Available: http://www.lib.kps.ku.ac.th/SpecialProject/General_Science/2551/Bs/PongsakornKa/appdx.pdf

ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.นิธิยา รัตนาปนนท์, “**S. aureus สแตฟิโลค็อกคัส เรียส**” [Online], Available: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1197/staphylococcus-aureus-สตาฟิโลค็อกคัส-ออเรียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ภ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Python Code ที่ใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์

```
from flask import Flask
from flask import render_template
from flask import request
import RPi.GPIO as GPIO
import time
import cgi
import cgitb
cgitb.enable()
GPIO.setmode(GPIO.BOARD)
app = Flask(__name__)
GPIO.setwarnings(False)
GPIO.setup(32,GPIO.OUT) # relay
#right wheel
GPIO.setup(7, GPIO.OUT) # Connected to PWMA
GPIO.setup(11, GPIO.OUT) # Connected to AIN2
GPIO.setup(12, GPIO.OUT) # Connected to AIN1
#relay
GPIO.output(32,GPIO.HIGH) # close lamp
#left wheel
GPIO.setup(15, GPIO.OUT) # Connected to BIN1
GPIO.setup(16, GPIO.OUT) # Connected to BIN2
GPIO.setup(18, GPIO.OUT) # Connected to PWMB
p1 = GPIO.PWM(7,50)
p2 = GPIO.PWM(18,50)
speed=10
p1.start(speed)
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
p2.start(speed)
# Set the motor speed
# Motor A:
GPIO.output(7, GPIO.HIGH) # Set PWMA
# Motor B:
GPIO.output(18, GPIO.HIGH) # Set PWMB
try:
    FPIN_TRIGGER = 21
    FPIN_ECHO = 22
    FPIN_TRIGGER2 = 23
    FPIN_ECHO2 = 24
    GPIO.setup(FPIN_TRIGGER, GPIO.OUT)
    GPIO.setup(FPIN_ECHO, GPIO.IN)
    GPIO.setup(FPIN_TRIGGER2, GPIO.OUT)
    GPIO.setup(FPIN_ECHO2, GPIO.IN)
finally:
  a=1
@app.route("/")
def index():
 #////////// Ultrasonics 1 START!!!!
   GPIO.output(FPIN_TRIGGER, GPIO.LOW)
   GPIO.output(FPIN_TRIGGER2, GPIO.LOW)
   time.sleep(1)
   GPIO.output(FPIN_TRIGGER, GPIO.HIGH)
   time.sleep(0.00001) # sending 10 us
   GPIO.output(FPIN_TRIGGER, GPIO.LOW)
   while GPIO.input(FPIN_ECHO)==0:  Fpulse_start_time = time.time()
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    while GPIO.input(FPIN_ECHO)==1:
        Fpulse_end_time = time.time()
    ########### number 2 start
    GPIO.output(FPIN_TRIGGER2, GPIO.HIGH)
    time.sleep(0.00001)
    GPIO.output(FPIN_TRIGGER2, GPIO.LOW)
    while GPIO.input(FPIN_ECHO2)==0:
        Fpulse_start_time2 = time.time()
    while GPIO.input(FPIN_ECHO2)==1:
        Fpulse_end_time2 = time.time()
    Fpulse_duration1 = Fpulse_end_time - Fpulse_start_time
    Fdistance1 = round(Fpulse_duration1 * 17150, 2)
    Fpulse_duration2 = Fpulse_end_time2 - Fpulse_start_time2
    Fdistance2 = round(Fpulse_duration2 * 17150, 2)
    return render_template('UVBot.html',Fdistance1 = Fdistance1 , Fdistance2=Fdistance2)
@app.route('/save', methods=['POST'])
def save():
    speed = request.form.get('save' , type =int)
    p1.start(speed)
    p2.start(speed)
    return '',204
@app.route('/cgi-bin/examples/radiobuttons.py', methods=['POST'])
def lamp():
    state = request.form['light']
    if state == 'off' :
        GPIO.output(32,GPIO.HIGH) # close lamp
    if state == 'on' :
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    GPIO.output(32,GPIO.LOW) # open lamp
        return '',204
@app.route('/left_side')
def left_side():
        data1="LEFT"
    # Motor A:
        GPIO.output(11, GPIO.LOW) # Set AIN1
        GPIO.output(12, GPIO.HIGH) # Set AIN2
# Motor B:
        GPIO.output(15, GPIO.LOW) # Set BIN1
        GPIO.output(16, GPIO.HIGH) # Set BIN2
        return 'true'
@app.route('/right_side')
def right_side():
        data1="RIGHT"
    # Motor A:
        GPIO.output(11, GPIO.HIGH) # Set AIN1
        GPIO.output(12, GPIO.LOW) # Set AIN2
# Motor B:
        GPIO.output(15, GPIO.HIGH) # Set BIN1
        GPIO.output(16, GPIO.LOW) # Set BIN2
        return 'true'
@app.route('/up_side')
def up_side():
        data1="FORWARD"
# Motor A:
        GPIO.output(11, GPIO.LOW) # Set AIN1
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    GPIO.output(12, GPIO.HIGH) # Set AIN2
  # Motor B:
      GPIO.output(15, GPIO.HIGH) # Set BIN1
      GPIO.output(16, GPIO.LOW) # Set BIN2
      return 'true'
 @app.route('/down_side')
 def down_side():
      data1="BACK"
 # Motor A:
      GPIO.output(11, GPIO.HIGH) # Set AIN1
      GPIO.output(12, GPIO.LOW) # Set AIN2
 # Motor B:
      GPIO.output(15, GPIO.LOW) # Set BIN1
      GPIO.output(16, GPIO.HIGH) # Set BIN2
      return 'true'
@app.route('/stop')
def stop():
    data1="STOP"
    GPIO.output(11 , 0)
    GPIO.output(12 , 0)
    GPIO.output(15 , 0)
    GPIO.output(16 , 0)
 return  'true'
if __name__ == "__main__"
 app.run(host='192.168.43.5',port=5010)
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HTML Code สำหรับการทำหน้าเว็บไซต์

```
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Transitional//EN"
"http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
<head>
<script src="https://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/3.1.1/jquery.min.js"></script>
  <script type="text/javascript">
    setInterval("my_function();",1000);
    function my_function(){
      $('#apDiv10').load(location.href + ' #apDiv11');
    }
  </script>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8" />
<title>Untitled Document</title>
<style type="text/css">
#apDiv1 {
        position: absolute;
        width: 73px;
        height: 28px;
        z-index: 1;
        left: 1318px;
        top: 378px;
}
#apDiv2 {
        position: absolute;
        width: 85px;
        height: 29px;
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 z-index: 2;
        left: 1312px;
        top: 467px;
 }
 #apDiv3 {
        position: absolute;
        width: 57px;
        height: 26px;
        z-index: 3;
        left: 1416px;
        top: 407px;
}
#apDiv4 {
        position: absolute;
        width: 47px;
        height: 29px;
        z-index: 4;
        left: 1231px;
        top: 408px;
}
body,td,th {
        color: #09F;
        font-size: 30px;
        font-weight: 800;
}
#apDiv5 {
        position: absolute;
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        width: 79px;height: 30px;
        z-index: 1;
        left: 1294px;
        top: 354px;
}
h1,h2,h3,h4,h5,h6 {
        font-family: "Courier New", Courier, monospace;
}
h1 {
        font-size: 80px;
        color: #F30;
}
h2 {
        font-size: 40px;
        color: #000040;
}
#apDiv6 {
        position: absolute;
        width: 332px;
        height: 33px;
        z-index: 5;
        left: 1221px;
        top: 547px;
}
#apDiv7 {
        position: absolute;
        width: 200px;
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        height: 115px;
z-index: 6;
        left: 192px;
        top: 373px;
}
#apDiv8 {
        position: absolute;
        width: 258px;
        height: 180px;
        z-index: 6;
        left: 863px;
        top: 364px;
}
body {
        background-color: #9DCFF9;
}
h6 {
        font-size: 30px;
}
#apDiv9 {
        position: absolute;
        width: 640px;
        height: 480px;
        background-color: #999;
        layer-background-color: #999;
        border: 1px none #000000;
        z-index: 7;
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        left: 26px;
        top: 355px;
}
#apDiv10 {
        position: absolute;
        width: 258px;
        height: 180px;
        z-index: 6;
        left: 863px;
        top: 564px;
}
</style>
</head>

<body>
<form id="form1" name="form1" method="post" action="">
  <div align="center">
    <h1>
      <strong>KMITL</strong></h1>
    <div id="apDiv1">
      <div align="center">
        <input  name="Forward" type="button" id="up" value="Forward" />
      </div>
      <div align="left"></div>
    </div>
  </div>
</form>
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
<div id="apDiv3">
  <input type="submit" name="button2" id="right" value="Right" />
</div>
<div id="apDiv2">
  <input name="Forward2" type="button" id="down" value="Backward" />
</div>
<div id="apDiv4">
  <input type="submit" name="Submit" id="left" value="Left" />
</div>
<form id="form2" name="form1" method="post" action="">
  <div align="center">
    <h2>Ultra-Violet Sterilization Bot </h2>
    <h2>for Operating Room</h2>
  </div>
</form>
<div id="apDiv6">
 <!-- Speed
  <input type="text" name="textfield" id="textfield" />
 <input type="submit" name="button3" id="button3" value="Submit" /> -->

<form id="contact-form" action="/save", method="POST">
      <p>Speed<input type = "text" name = "save" /></p>
      <p><input type = "submit" value = "submit" /></p>
</form>
</div>
<div id="apDiv10">
      <p>Distance of front obstacle {{Fdistance1}} cm </p>
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        <p>Distance of back obstacle {{Fdistance2}} cm </p>
 </div>
 <div id="apDiv11">
        <p>Distance of front obstacle {{Fdistance1}} cm </p
  <p>Distance of back obstacle {{Fdistance2}} cm </p>
 </div>
 <div id="apDiv8">
  <!-- <form id="form3" name="form3" method="post" action="">
    <h6>
      <label>
       <input type="radio" name="RadioGroup1" value="radio" id="RadioGroup1_0" />
       Close Lamp</label>
      <br />
      <label>
       <input type="radio" name="RadioGroup1" value="radio" id="RadioGroup1_1" />
       Open Lamp</label>
      <br />
    </h6>
  </form> -->
<form action="/cgi-bin/examples/radiobuttons.py" method="POST">
    <input type="radio" name="light" value="on">Turn on<br>
    <input type="radio" name="light" value="off">Turn off
<br>
    <input type="submit" value="Submit">
</form>
</div>
<div id="apDiv9"><img src="http://192.168.43.5:8081" /></div>
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
<script>
$( document ).ready(function(){
    $("#down").on("mousedown", function() {
     $.get('/down_side');
     }).on('mouseup', function()$.get('/stop');
    });
    $("#up").on("mousedown", function() {
     $.get('/up_side');
     }).on('mouseup', function() {
     $.get('/stop');
    });
    $("#left").on("mousedown", function() {
     $.get('/left_side');
     }).on('mouseup', function() {
     $.get('/stop');
    });
    $("#right").on("mousedown", function() {
     $.get('/right_side');
     }).on('mouseup', function() {
     $.get('/stop');
    });
});
</script>
<script>
document.addEventListener('keydown', function(event) {
    if(event.keyCode == 37) {
        <!-- alert('Left was pressed');-->
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        $.get('/left_side');
    }
    else if(event.keyCode == 39) {
       <!-- alert('Right was pressed');-->
        $.get('/right_side');
    }
    else if(event.keyCode == 38) {
       <!-- alert('Forward was pressed');-->
        $.get('/up_side');
    }
    else if(event.keyCode == 40) {
       <!-- alert('Backward was pressed');-->
        $.get('/down_side');
    }
});
document.addEventListener('keyup', function(event) {
    $.get('/stop');
});
</script>
</body>
</html>
```

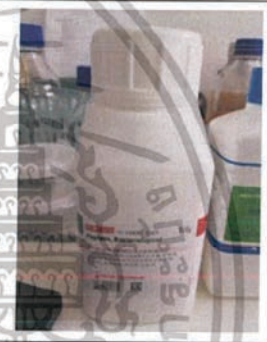

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

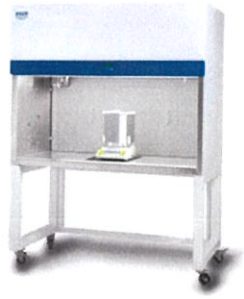
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือและอุปกรณ์

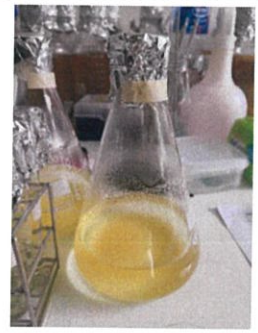
1. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเจือจางเชื้อจุลินทรีย์สำหรับการทดสอบการฆ่าเชื้อด้วยยูวี

อุปกรณ์	รูปภาพ
0.3% (w/v) Yeast extract	
0.5% (w/v) Peptone	
1.5% (w/v) Agar	
0.5% (w/v) NaCl	

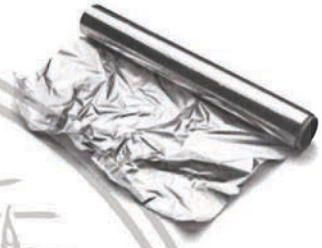
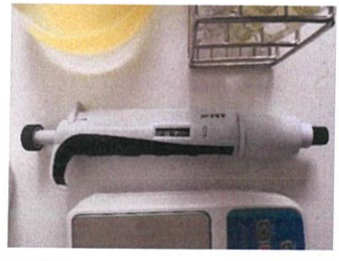
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตู้ปลอดเชื้อ (Lamina flow)	
จานเลี้ยงเชื้อ (Culture Plate)	
หลอดเลี้ยงเชื้อ	
บีกเกอร์ (Beaker)	
กระบอกตวง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)	
กระดาษตวงสาร	
หม้อนึ่งความดันไอ (Autoclave)	
เครื่องกวนสาร (Magnetic Stirrer)	
ถุงมือ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

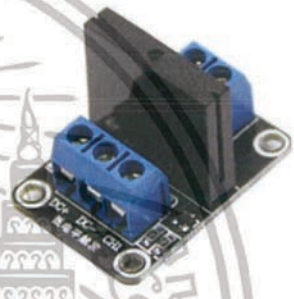
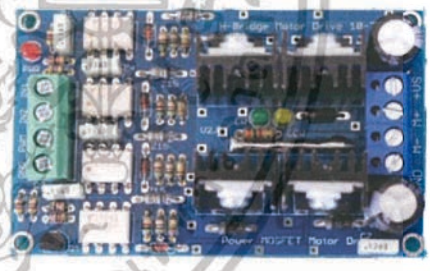
ตาชั่ง	
กระดาษฟอยด์	
Glass spreader	
ตะเกียงแอลกอฮอล์	
ปิเปตอัตโนมัติ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

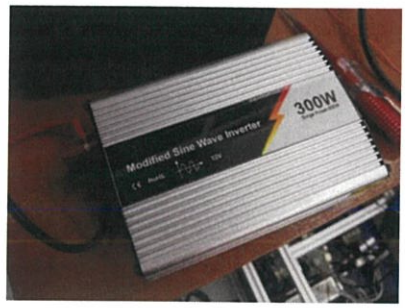
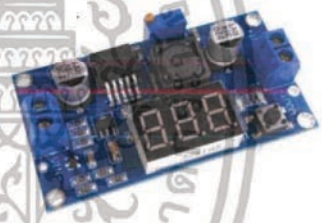
Pipette tips ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว	
95% Ethanol	
ตู้บ่มเชื้อ (Incubator)	
ตู้เย็น	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือที่ใช้ในการสร้างหุ่นยนต์ฆ่าเชื้อ

อุปกรณ์	รูปภาพ
Raspberry Pi3	
Solid State Relay	
Motor Drive 12 Vdc 250 RPM	
แบตเตอรี่แห้ง 12 โวลต์ 18 แอมป์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Inverter 300 วัตต์	
Switching Power Supply 12 โวลต์ 40 แอมป์	
Step Down	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้