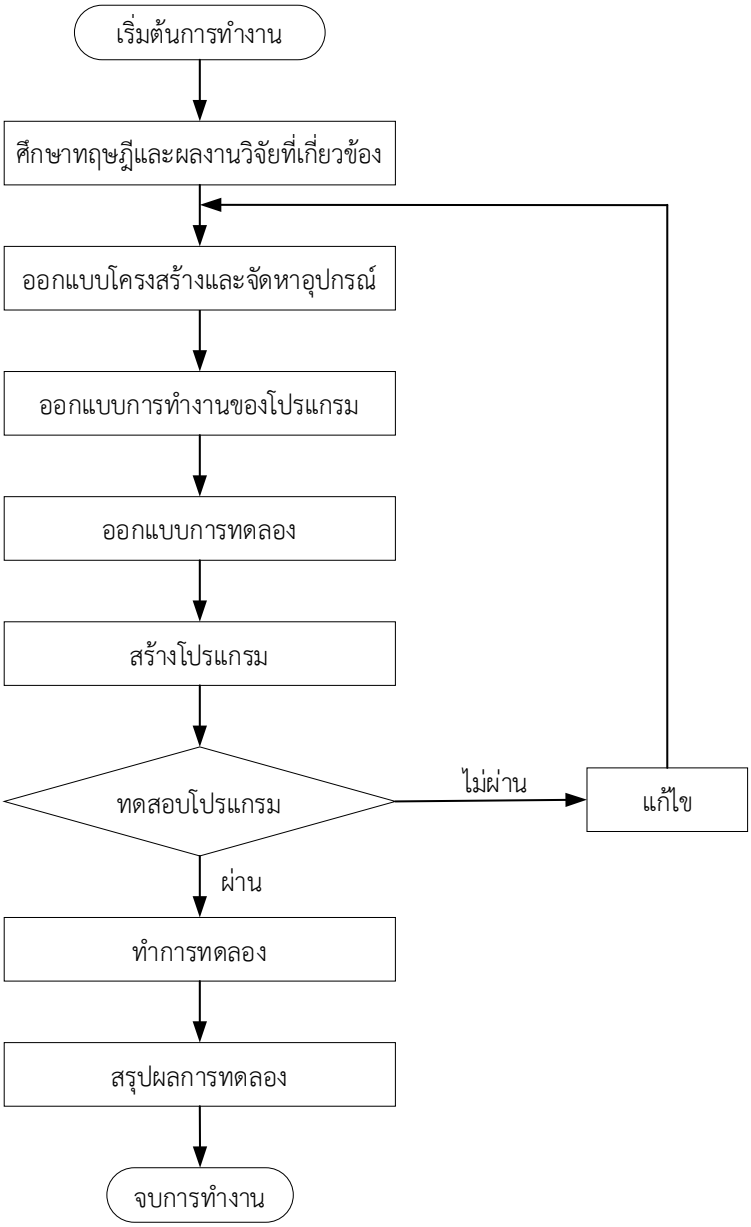
บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่มีความจำเป็นต่องานวิจัย โดยนำแนวคิด ปัญหามาพัฒนาระบบตรวจวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์โดยใช้เลเซอร์วัดระยะร่วมกับการประมวลผลภาพให้มีการทำงานที่แม่นยำมากขึ้น โดยเริ่มต้นจากศึกษา เรียนรู้หลักการหรือทฤษฎีที่เหมาะสมในการพัฒนาการตรวจวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์โดยใช้เซ็นเซอร์เลเซอร์วัดระยะ ผู้วิจัยได้นำหลักการทฤษฎีพีทาโกรัสมาใช้ การหาไลบรารี่ (Libraries) ที่มีอัลกอริทึมที่เหมาะสมในการพัฒนาการตรวจวัดขนาดโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ ผู้วิจัยได้นำ Scipy เป็นไลบรารี่ที่ประกอบด้วยฟังก์ชั่นสำหรับการคำนวณทางวิทยาศาสตร์มาใช้ การหาอุปกรณ์ที่เหมาะสมในการประมวลผล อุปกรณ์ที่เหมาะสมกับการตรวจวัดขนาดและตรวจจับวัตถุ เช่น บอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi) เซ็นเซอร์เลเซอร์วัดระยะ (Laser Distance Sensor), เซ็นเซอร์นับรอบ (Rotary Encoder Sensor), กล้องเว็บแคม (Webcam) เป็นต้น การออกแบบและการสร้างแอพพลิเคชั่นส่วนติดต่อผู้ใช้งานโดยใช้ Qt Designer และภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมเช่น Python ซึ่งจำเป็นต่องานวิจัยอย่างมากในการพัฒนาระบบนี้ผู้วิจัยได้ใช้ Visual Studio Code IDE เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมซอฟต์แวร์เพื่อนำข้อมูลการตรวจวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์โดยใช้เลเซอร์วัดระยะร่วมกับการประมวลผลภาพ มาวิเคราะห์ความแม่นยำ

ในการดำเนินงานวิจัยผู้วิจัยได้ทำการออกแบบขั้นตอนการดำเนินงาน เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดในการดำเนินงานวิจัย ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอน เพื่อศึกษาหาวิธีการที่เหมาะสมกับการพัฒนาระบบตรวจวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์โดยใช้เลเซอร์วัดระยะร่วมกับการประมวลผลภาพ โดยมีขั้นตอน แสดงในแผนผังการดำเนินงานวิจัยดังภาพที่ 3.2 ซึ่งแสดงแผนผังการดำเนินงานวิจัยระบบตรวจวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบบรจุภัณฑ์โดยใช้เลเซอร์วัดระยะร่วมกับการประมวลผลภาพ จากแผนผังการดำเนินงานวิจัยผู้วิจัยได้เริ่มศึกษาหลักการหรือทฤษฎีที่มาใช้ร่วมกับเซ็นเซอร์เลเซอร์วัดระยะและการประมวลผลภาพประกอบกับการศึกษาผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ เพื่อนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนางานวิจัยนี้ให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยที่ผู้วิจัยตั้งไว้จากการทำการศึกษา ทำให้ผู้วิจัยทราบว่า



ภาพที่ 3.1 แผนผังการดำเนินงานวิจัยระบบตรวจวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบบรจุภัณฑ์โดยใช้เลเซอร์วัดระยะร่วมกับการประมวลผลภาพ

เซ็นเซอร์เลเซอร์วัดระยะและการประมวลผลภาพสามารถทำการตรวจวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ได้ จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและพัฒนาระบบโดยแบ่งออกเป็นสามส่วนคือ 1) การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ โดยใช้บอร์ดราสเบอร์รี่พายในการประมวลผลสำหรับการอ่านข้อมูลจากเซ็นเซอร์เลเซอร์วัดระยะ เซ็นเซอร์นับรอบ และกล้องเว็บแคม เพื่อนำ

ข้อมูลที่ได้จัดเก็บในฐานข้อมูล 2) การออกแบบและพัฒนาแอพพลิเคชั่น ผู้วิจัยได้ใช้ Qt Designer ในการออกแบบแอพพลิเคชั่นติดต่อกับผู้ใช้งานจากนั้นผู้วิจัยได้ใช้ Visual Studio Code เป็นเครื่องมือสำหรับพัฒนาโดยภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมพัฒนาเขียนด้วยภาษา Python 3) ฐานข้อมูล ใช้สำหรับจัดเก็บข้อมูลต่างๆ เช่น การตรวจวัดขนาด การตรวจนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ วันเวลาที่ใช้ในการทำงาน ข้อมูลลูกค้า หมายเลขสินค้า ข้อมูลภาพเป็นต้น โดยผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการทำงานของระบบทั้งสามส่วนถ้าหากผลทดสอบระบบที่ได้ออกมาไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ผู้วิจัยได้ตั้งไว้ผู้วิจัยจะทำการแก้ไขไปยังใน ส่วนออกแบบและ พัฒนา ระบบ ใหม่ และ แก้ไข ระบบ ตาม ที่ ออกแบบ ไว้ ตาม ขั้น ตอน หรือ เป็น ไป ตาม ที่วัตถุประสงค์ที่ผู้วิจัยตั้งไว้ในขั้นตอนลำดับต่อไป ผู้วิจัยจะดำเนินการทดลองแล้วบันทึกผลการทดลองและนำผลการทดลองที่ได้จากระบบของงานวิจัยมาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบความเหมาะสมของระบบแล้วทำการสรุปผลการวิจัย

3.1 กรอบแนวคิดภาพรวมของระบบ

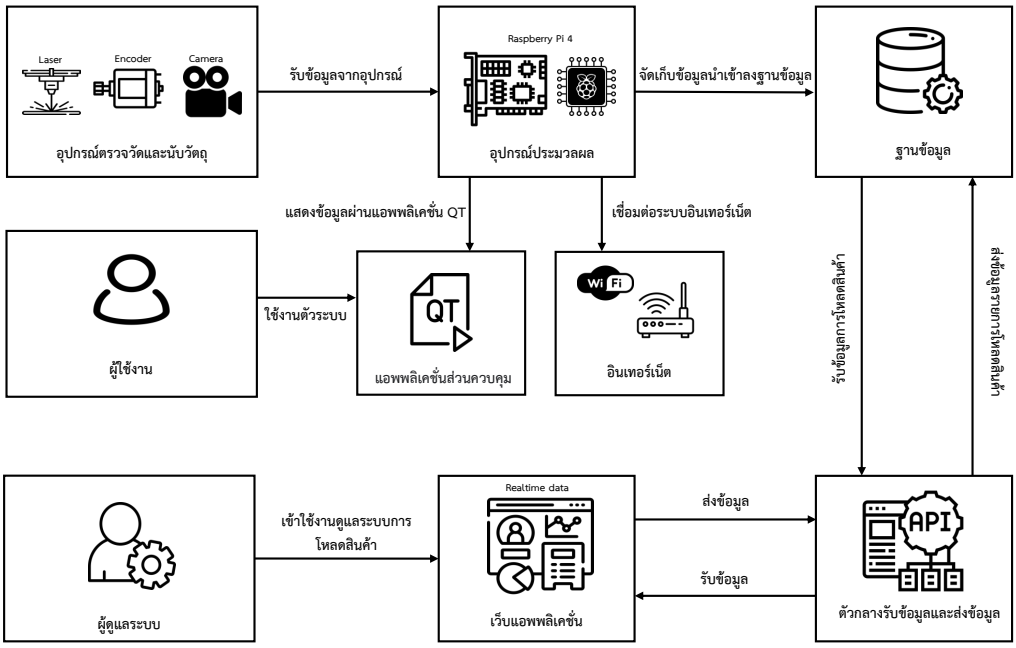
กรอบแนวความคิดภาพรวมของระบบตรวจวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์โดยใช้เลเซอร์วัดระยะร่วมกับการประมวลผลภาพ จากการที่ผู้วิจัยได้วางแผนการดำเนินงานผู้วิจัยได้ออกแบบภาพรวมของระบบตรวจวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์โดยใช้เลเซอร์วัดระยะร่วมกับการประมวลผลภาพ โดยมีกรอบแนวความคิดเพื่อเป็นพื้นฐานในการออกแบบและพัฒนาระบบ ดังนี้

จากภาพที่ 3.2 ระบบโดยรวมของระบบตรวจวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์โดยใช้เลเซอร์วัดระยะร่วมกับการประมวลผลภาพ มีหลักการทำงาน 7 ส่วนคือ

1. อุปกรณ์ตรวจวัดและนับวัตถุ ประกอบด้วย เซ็นเซอร์เลเซอร์วัดระยะเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าระยะทาง เซ็นเซอร์นับรอบเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการนับรอบของสายพานลำเลียงและกล้องเว็บแคมใช้ในการถ่ายภาพ

2. อุปกรณ์ประมวลผล บอร์ดราสเบอร์รี่พาย Raspberry Pi สำหรับอ่านข้อมูลจากเซ็นเซอร์เลเซอร์วัดระยะ เซ็นเซอร์นับรอบ สวิตซ์ควบคุมการทำงาน และกล้องเว็บแคม

3. ฐานข้อมูล ใช้สำหรับจัดเก็บข้อมูล รายการนำเข้า ประวัติการใช้งาน ข้อมูลภาพถ่าย ข้อมูลการตรวจวัดขนาด และข้อมูลจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์



ภาพที่ 3.2 แผนผังแสดงภาพรวมของระบบตรวจวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์โดยใช้เลเซอร์วัดระยะร่วมกับการประมวลผลภาพ

4. เครือข่ายไร้สาย (Wireless Fidelity) ตัวย่อ WiFi เป็นเทคโนโลยีที่ช่วยในการติดต่อสื่อสารซึ่งจะใช้คลื่นวิทยุเป็นช่องทางการสื่อสารในการรับส่งข้อมูลระหว่างกัน โดยเครือข่ายไร้สายใช้เชื่อมต่อกับบอร์ดราสเบอร์รี่พายเพื่อรับส่งข้อมูลจากแว็บแอพพลิเคชั่น

5. แอพพลิเคชั่นควบคุม ใช้ Qt Designer ในการพัฒนาสร้างแอพพลิเคชั่นควบคุมการทำงานของระบบสำหรับติดต่อกับผู้ใช้งาน เมื่อผู้ใช้งานเข้าใช้งานแอพพลิเคชั่นควบคุมการทำงานของระบบ ทำการเลือกรายการนำเข้ามูลที่ต้องการตรวจวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ จากนั้นระบบจะเริ่มต้นการทำงานตรวจวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ โดยทำการแสดงผลการทำของระบบผ่านหน้าจอแสดงผล

6. ไลบรารี่คำขอ Requests ของภาษาไพทอน Python สำหรับส่งคำขอการสื่อสาร (Hypertext Transfer Protocol) ตัวย่อ HTTP ไปยังที่อยู่เว็บ (Universal Resource Locator) ตัวย่อ URL ไม่ว่าจะเป็น REST APIs หรือ Web Scrapping เพื่อทำการดึงข้อมูลรายการนำเข้า ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลวันเวลาที่ทำการนำเข้า ข้อมูลลูกค้า ข้อมูลหมายเลขสินค้า ข้อมูลจำนวน

กล่องบรรจุภัณฑ์ที่นับ ข้อมูลจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ที่สมบูรณ์ ข้อมูลจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ที่ไม่สมบูรณ์ และข้อมูลจำนวนกล่องทั้งหมด รวมถึงการส่งข้อมูลจำนวนการตรวจนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์กลับไปยังเว็บแอพพลิเคชั่น

7. เว็บแอพพลิเคชั่น เมื่อผู้ดูแลระบบเข้าใช้งานเว็บแอพพลิเคชั่น ทำการกรอกข้อมูลรายการนำเข้าซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลวันเวลาที่ทำการนำเข้า ข้อมูลลูกค้า ข้อมูลหมายเลขสินค้า ข้อมูลจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ที่นับ ข้อมูลจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ที่สมบูรณ์ ข้อมูลจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ที่ไม่สมบูรณ์ และข้อมูลจำนวนกล่องทั้งหมด จากนั้นทำการส่งข้อมูลผ่าน API และรับข้อมูลการตรวจนับกล่องบรรจุภัณฑ์ได้จาก API เพื่อแสดงผลแบบเรียลไทม์

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

การพัฒนาระบบตรวจวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์โดยใช้เลเซอร์วัดระยะร่วมกับการประมวลผลภาพ อาศัยเครื่องมือและซอฟต์แวร์ดังต่อไปนี้

3.2.1 ซอฟต์แวร์ และเครื่องมือ

• Python ใช้เป็นภาษาโปรแกรมในการพัฒนาสามารถใช้งานบนระบบปฏิบัติการลินุกต์ โดยจุดเด่นของภาษาไพทอนเป็นภาษาสคริปต์ทำให้เวลาในการเขียนและคอมไพล์ไม่มากทำให้เหมาะกับงาน

• QT Designer เป็นเครื่องมือในการสร้างแอพพลิเคชั่น และ GUI ซึ่งสามารถใช้งานบนระบบ Embedded System ทำงานได้หลากหลายระบบปฏิบัติการ OS

• Visual Studio Code ใช้สำหรับเป็นเครื่องมือ Tool Editer IDE ที่ใช้ช่วยในการเขียนภาษา Python ในการพัฒนาแอพพลิเคชั่นของระบบ

• OpenCV ใช้สำหรับเป็นไลบรารี่ฟังก์ชั่นการเขียนโปรแกรมแสดงผลด้วยคอมพิวเตอร์เรียลไทม์ เป็นไลบรารี่แบบข้ามแพลตฟอร์ม

• Scipy ใช้สำหรับเป็นไลบรารี่ที่ใช้ในภาษาโปรแกรมไพทอน สำหรับการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ทำให้ผู้ใช้งานสามารถจัดการและแสดงภาพข้อมูลด้วยคำสั่งที่หลากหลายโดยมีฟังก์ชั่นการใช้งาน เช่น linear algebra calculus หรือ optimization

• Request libraries ใช้สำหรับเป็นไลบรารี่รับข้อมูลและส่งข้อมูลจากหน้าเว็บแอพพลิเคชั่นด้วยภาษา Python

• Imutils ใช้สำหรับเป็นไลบรารี่เบื้องต้นของการประมวลผลภาพ เช่น การแปล คือการขยับรูปภาพในทิศทาง x หรือ y การหมุนภาพ การหมุนภาพ คือการหมุนในการจัดหาพิกัด x หรือ y ของจุดที่ภาพจะหมุนไปเรื่อยๆ และการปรับขนาด คือ การปรับขนาดความกว้างและความสูงที่ต้องการโดยต้องการรักษาอัตราส่วนของความกว้าง ความสูง

• MySQL ใช้สำหรับเป็นระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ โดยใช้ภาษา SQL

3.2.2 ฮาร์ดแวร์

• บอร์ดราสเบอร์รี่พาย 4 โมเดลบี มินิคอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูงสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อเชื่อมต่อกับตัวตรวจจับ (Sensor) ในการเก็บข้อมูล รวมถึงสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก โดยระบบปฏิบัติการลินุกต์เป็นฐานระบบที่ใช้กับบอร์ดราสเบอร์รี่พายโดยเฉพาะ

• เซ็นเซอร์เลเซอร์วัดระยะ VL53L0X เป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้สำหรับตรวจวัดระยะทางโดยตรงและตรวจจับท่าทางด้วยแสงเลเซอร์ที่ความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร

• เซ็นเซอร์นับรอบแบบหมุน Rotary Encoder เป็นเซ็นเซอร์ชนิดหนึ่งที่จะแปลงค่าทางไฟฟ้ามาเป็นค่าทางการหมุนสามารถใช้วัดองศาการหมุน ความเร็วการหมุน และทิศทางการหมุน

• กล้องเว็บแคม hoco เป็นกล้องวีดีโอที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อกับบอร์ดราสเบอร์รี่พายเพื่อทำการถ่ายภาพของวัตถุ โดยกล้องเว็บแคมสามารถทำการปรับขึ้นลงได้ 306 องศา เพื่อปรับมุมของกล้องที่ดีขึ้น และมีระบบออโต้โฟกัสแบบเรียลไทม์ทำให้บันทึกรายละเอียดได้มากขึ้น

• โมดูลมัลติเพล็กซ์ TCA9548A I2C Multiplexer โมดูลขยายขาสัญญาณการสื่อสารแบบอนุกรมแบบ I2C สามารถกำหนดที่อยู่ Address ได้ 8 ค่า ซึ่งสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ได้พร้อมกันสูงสุด 64 ตัว

• หน้าจอทัชสกรีนแบบ Capacitive IPS LCD 4.3 นิ้ว หน้าจอสัมผัสที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อกับ บอร์ดราสเบอร์รี่พาย ด้วยอินเทอร์เฟซ DSI ซึ่งการต่อแบบ DSI ประกอบด้วยเส้นทางสำหรับ เส้นทางแรงดันไฟฟ้า เส้นทางข้อมูลทำให้ไม่ต้องเดินสายเพิ่ม และไม่ต้องติดตั้งไดรเวอร์ของระบบหน้าจอสัมผัส

• สวิตซ์กดติดปล่อยดับ ใช้สำหรับเป็นสวิตซ์ทางผ่านสำหรับเชื่อมต่อการเปิดปิดแบตเตอรี่

• แบตเตอรี่ 18650 ใช้สำหรับเป็นแรงดันไฟฟ้าในการทำงานของบอร์ดราสเบอร์รี่พาย โดยมีแรงดันต่อก้อนที่ 3.7 โวลต์

3.3 การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ระบบตรวจวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์โดยใช้เลเซอร์วัดระยะร่วมกับการประมวลผลภาพ

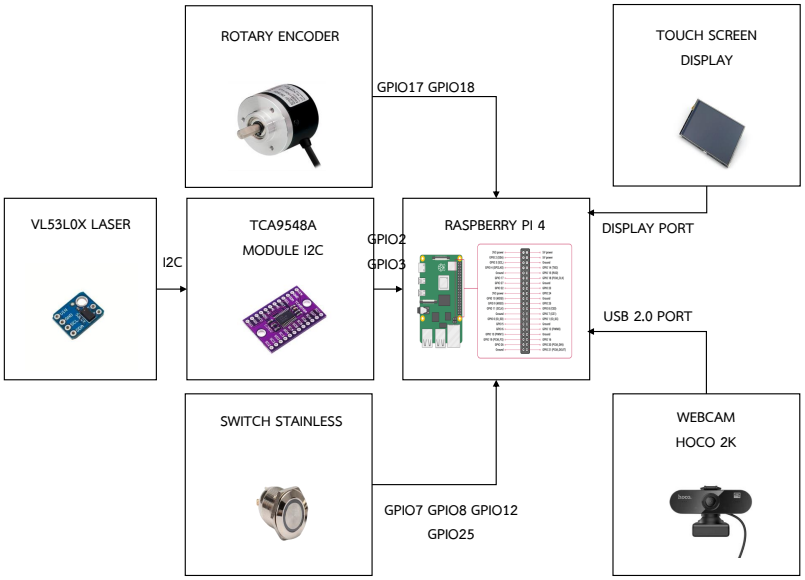
การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ของระบบตรวจวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์โดยใช้เลเซอร์วัดระยะร่วมกับการประมวลผลภาพ ผู้วิจัยมีแผนการออกแบบอุปกรณ์ควบคุมและโครงสร้างของระบบเป็นสองส่วน ดังนี้

3.3.1 อุปกรณ์ควบคุม

การออกแบบอุปกรณ์ควบคุมระบบตรวจวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์โดยใช้เลเซอร์วัดระยะร่วมกับการประมวลผลภาพ โดยอุปกรณ์ควบคุมที่ผู้วิจัยได้ออกแบบประกอบด้วย บอร์ดราสเบอร์รี่พาย Raspberry Pi ที่เป็นตัวกลางในการประมวลผลข้อมูล และรับส่งข้อมูล โดยที่การเชื่อมต่อขาสัญญาณการสื่อสารของบอร์ดราสเบอร์รี่พายขาสัญญาณการสื่อสาร GPIO2 และ GPIO3 ที่เป็นขาสัญญาณการสื่อสารสำหรับรับข้อมูลเซ็นเซอร์เลเซอร์วัดระยะ Laser Distance Sensor โดยผ่านโมดูล TCA9548A เป็นโมดูลขยายขาสัญญาณการสื่อสารอนุกรมแบบ (Inter-Integrated Circuit) ตัวย่อ I2C กำหนดที่อยู่ได้แปดค่าสามารถต่อเพิ่มจำนวนของเซ็นเซอร์เลเซอร์วัดระยะที่ใช้ในการวัดระยะของกล่องบรรจุภัณ์ การเชื่อมต่อขาสัญญาณการสื่อสาร GPIO17 และ GPIO18 ของบอร์ดราสเบอร์รี่พายเป็นขาสัญญาณการสื่อสารสำหรับรับข้อมูลเซ็นเซอร์นับรอบ Rotary Encoder Sensor ที่ใช้ในการนับรอบของสายพานลำเลียงกล่องบรรจุภัณฑ์ การเชื่อมต่อขาสัญญาณการสื่อสาร GPIO7 GPIO8 GPIO12 และ GPIO25 ของบอร์ดราสเบอร์รี่พายเป็นขาสัญญาณการสื่อสารสำหรับรับข้อมูลสวิตซ์กดติดปล่อยดับที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบ การเชื่อมต่อกับพอร์ตแสดงผลของบอร์ดราสเบอร์รี่พายเป็นพอร์ตที่ใช้สำหรับการแสดงแอพพลิเคชั่นควบคุมการทำงานของระบบ และพอร์ตยูเอสบี USB (Universal Seribal Bus) เป็นพอร์ตสำหรับต่อพ่วงกับอุปกรณ์ใช้เชื่อมต่อกล้องเว็บแคม Webcam ที่ใช้ในการถ่ายภาพของกล่องบรรจุภัณฑ์ ดังแสดงในภาพที่ 3.3

3.3.2 โครงสร้างของอุปกรณ์

การออกแบบโครงสร้างของอุปกรณ์ระบบตรวจวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์โดยใช้เลเซอร์วัดระยะร่วมกับการประมวลผลภาพ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและพัฒนาโครงสร้างด้วยกันทั้งหมด 3 รุ่นดังนี้



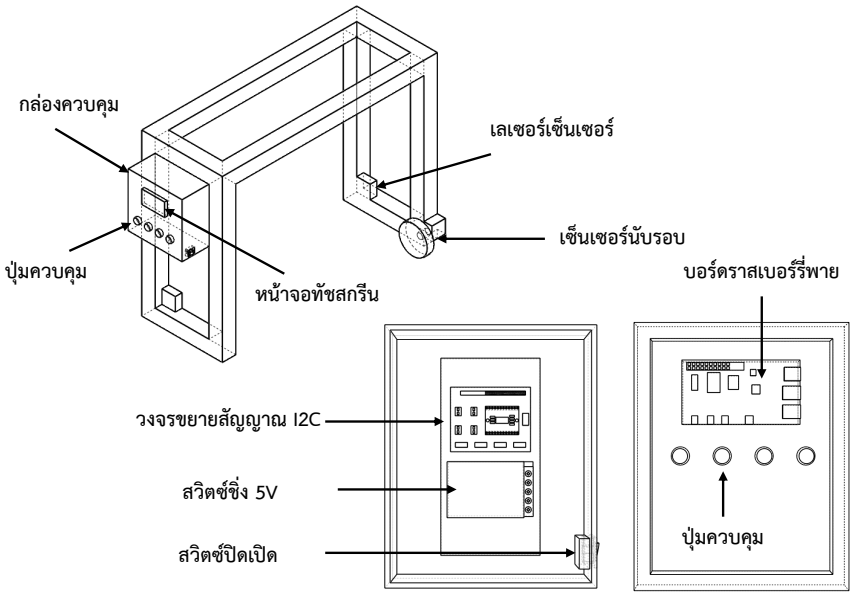
ภาพที่ 3.3 การเชื่อมต่อของอุปกรณ์ควบคุม

1. การพัฒนารุ่นที่ 1 โดยโครงสร้างประกอบด้วยอลูมิเนียมโปรไฟล์ที่มีขนาดความหนา 2 เซ็นติเมตร ขนาดความยาว 70 เซนติเมตร จำนวน 2 เส้น สำหรับเป็นคานของโครงสร้างโดยด้านข้างทั้งสองฝั่งของคานใช้อลูมิเนียมโปรไฟล์ที่มีขนาดความหนา 2 เซนติเมตร ขนาดความยาว 60 เซนติเมตร จำนวน 4 เส้น สำหรับใช้เป็นเสายึดกับตัวคานซึ่งเสาใช้ในการติดตั้งเซ็นเซอร์นับรอบ ระหว่างกลางของเสาทั้งสองฝั่งใช้อลูมิเนียมโปรไฟล์ที่มีขนาดความหนา 2 เซนติเมตร ขนาดความยาว 26 เซนติเมตร จำนวน 2 เส้น สำหรับใช้เป็นคานยึดเสาทั้งสองฝั่งในการติดตั้งอุปกรณ์กล่องควบคุมของระบบการทำงาน และฐานระหว่างเสาทั้งสองฝั่งใช้อลูมิเนียมโปรไฟล์ที่มีขนาดความหนา 2 เซนติเมตร ขนาดความยาว 26 เซนติเมตร จำนวน 2 เส้น สำหรับใช้เป็นฐานยึดกับเสาทั้งสองฝั่งในการติดตั้งเซ็นเซอร์เลเซอร์วัดระยะ ดังแสดงในภาพที่ 3.4

2. การพัฒนารุ่นที่ 2 โดยโครงสร้างประกอบด้วยอะลูมิเนียมโปรไฟล์ที่มีขนาดความหนา 2 เซนติเมตร ขนาดความยาว 17 เซนติเมตร จำนวน 2 เส้น สำหรับใช้เป็นฐานเพื่อใช้ในการติดตั้งกล่องอุปกรณ์ควบคุม และเซ็นเซอร์ โดยด้านข้างทั้งสองฝั่งของฐาน ใช้อลูมิเนียมโปรไฟล์ที่มีขนาดความหนา 2 เซนติเมตร ขนาดความยาว 10 เซนติเมตร สำหรับใช้เป็นเสาฐานเพื่อใช้ในการติดตั้งแม่เหล็กในการยึดเสาฐานกับเครื่องสายพาน และฐานกลางใช้อลูมิเนียมโปรไฟล์ที่มีขนาดความหนา 2 เซนติเมตร ขนาดความยาว 10 เซนติเมตร สำหรับยึดฐานทั้งสอง

ฝั่งซึ่งอุปกรณ์ของกล่องควบคุมผู้วิจัยได้ใช้ชิ้นงานสามดีปริ้นที่ได้ออกแบบขึ้นตามความต้องการ ดังแสดงในภาพที่ 3.5

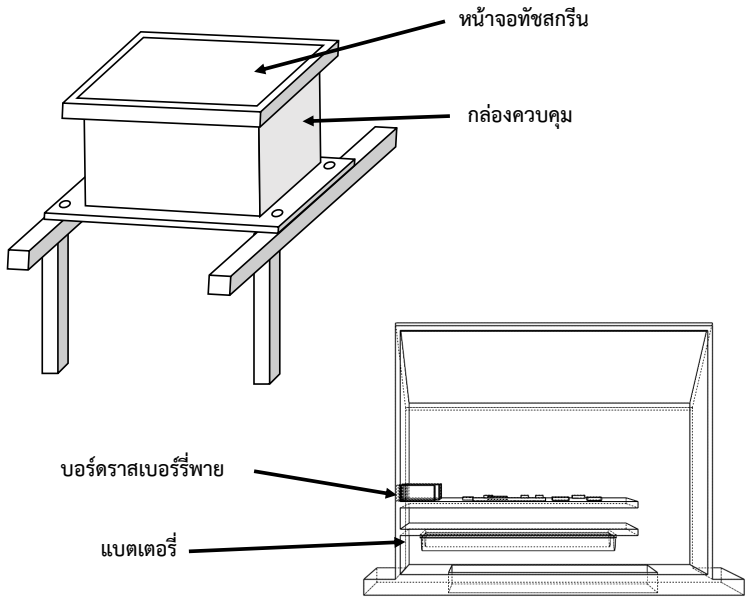
3. การพัฒนารุ่นที่ 3 โดยการพัฒนารุ่นที่ 3 จะใช้พื้นฐานเดิมทั้งหมดร่วมกับการพัฒนารุ่นที่ 2 ซึ่งการพัฒนารุ่นที่ 3 ที่ได้เพิ่มขึ้นมาคือการติดตั้งในส่วนของกล้องเว็บแคม โดยใช้อะลูมิเนียมโปร์ไฟล์ที่มีขนาดความหนา 2 เซนติเมตร ขนาดความยาว 30 เซนติเมตร สำหรับเป็นเสาในการติดตั้งกล้องเว็บแคม และการเพิ่มปุ่มกดควบคุม 4 ปุ่ม ซึ่งสามารถควบการทำงานของระบบได้ 2 รูปแบบโดยการกดปุ่มควบคุมหรือการควบคุมผ่านหน้าจอสัมผัส ดังแสดงในภาพที่ 3.6



ภาพที่ 3.4 โครงสร้างการพัฒนาอุปกรณ์รุ่นที่ 1

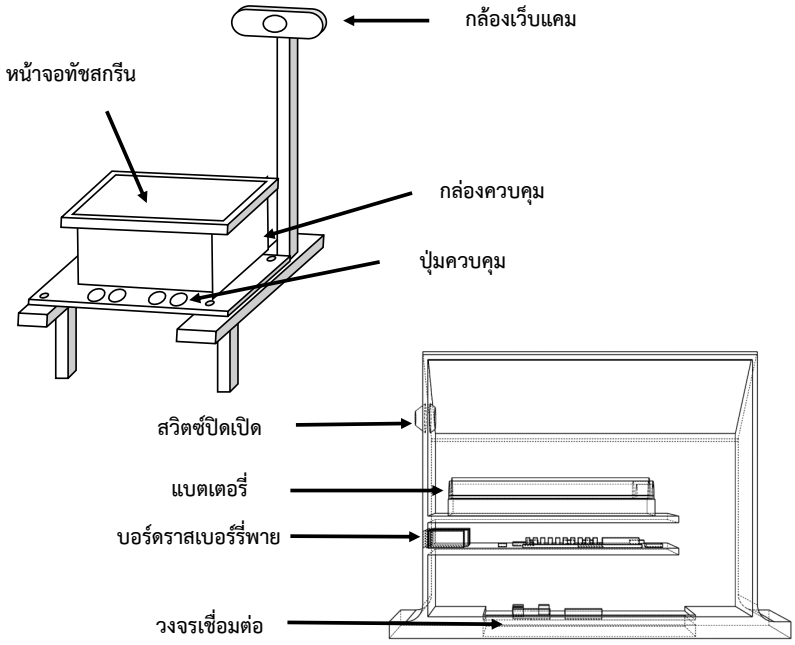
3.4 เพจไดอะแกรมการทำงานของแอพพลิเคชั่น

เพจไดอะแกรมการทำงานของแอพพลิเคชั่นซึ่งประกอบด้วยหน้าแสดงผลทั้งหมด 14 หน้าแสดงผล ดังแสดงในภาพที่ 3.7 และ ภาพที่ 3.8 โดยอธิบายได้ดังนี้ การทำงานของแอพพลิเคชั่นระบบตรวจวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์โดยใช้เลเซอร์วัดระยะร่วมกับการ



ภาพที่ 3.5 โครงสร้างการพัฒนาอุปกรณ์รุ่นที่ 2

ประมวลผลภาพ โดยเริ่มต้นการทำงานผู้ใช้ทำการเลือกเมนูไปยังหน้ารายการข้อมูลโดยการกดปุ่มสีแดง ระบบจะทำการแสดงไปยังหน้ารายการข้อมูลจากนั้นผู้ใช้งานทำการเลือกรายการข้อมูลที่ต้องการตรวจวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ โดยการกดปุ่มสีเทาเพื่อเลือกรายการข้อมูลก่อนหน้าหรือกดปุ่มสีดำเพื่อเลือกรายการข้อมูลถัดไป เมื่อผู้ใช้งานเลือกรายการข้อมูลเสร็จ ผู้ใช้กดปุ่มสีฟ้าเพื่อทำการยืนยัน ระบบจะทำการแสดงไปยังหน้าตรวจสอบความถูกต้องรายการข้อมูลนำเข้าให้ผู้ใช้ตรวจสอบรายการข้อมูลที่เลือกอีกครั้ง เมื่อผู้ใช้ตรวจสอบรายการข้อมูลแล้วไม่ถูกต้องให้กดปุ่มสีแดงเพื่อย้อนกลับไปหน้ารายการข้อมูลแล้วทำการเลือกรายการข้อมูลใหม่ ข้อมูลที่ผู้ใช้เลือกถูกต้องให้กดปุ่มสีฟ้า เพื่อเริ่มการทำงานระบบจะทำการแสดงไปยังหน้าเริ่มการทำงานโดยระบบจะเริ่มทำการตรวจวัดและทำการคำนวณขนาดของกล่องบรรจุภัณฑ์ จากนั้นเมื่อระบบทำการตรวจวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์เสร็จสิ้น ผู้ใช้งานทำการกดปุ่มสีฟ้าระบบจะทำการแสดงไปยังหน้า ตรวจสอบความถูกต้องของการทำงาน เมื่อผู้ใช้ตรวจสอบความถูกต้องของการทำงานเสร็จสิ้นให้ผู้ใช้ทำการกดปุ่มสีฟ้าเพื่อจบการทำงานจากนั้นระบบจะทำการบันทึกข้อมูลแล้ว แสดงไปยังหน้าเริ่มต้นของระบบ



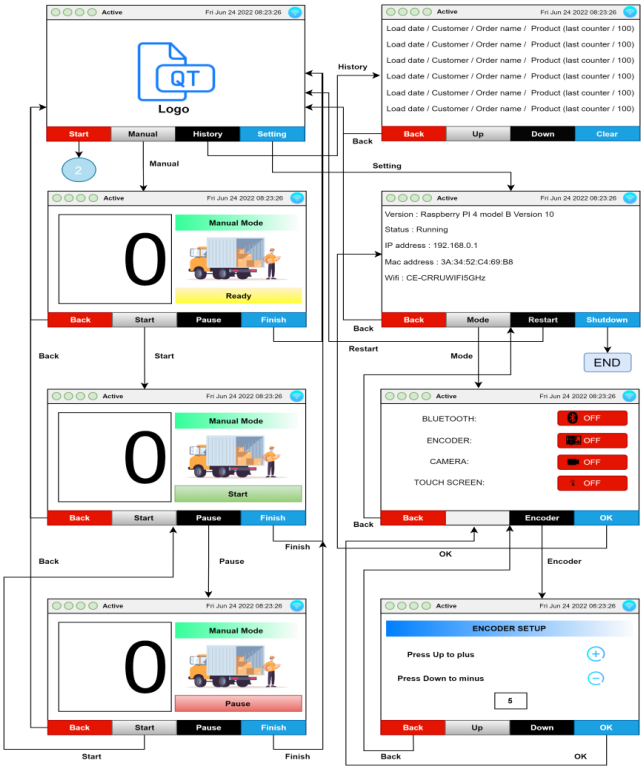
ภาพที่ 3.6 โครงสร้างการพัฒนาอุปกรณ์รุ่นที่ 3

3.5 การออกแบบและพัฒนาแอพพลิเคชั่นระบบตรวจวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์โดยใช้เลเซอร์วัดระยะร่วมกับการประมวลผลภาพ

การออกแบบและพัฒนาแแอพพลิเคชั่นระบบตรวจวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์โดยใช้เลเซอร์วัดระยะร่วมกับการประมวลผลภาพ ผู้วิจัยมีแผนการออกแบบและพัฒนาแอพพลิเคชั่นของระบบ ดังนี้

จากภาพที่ 3.9 หน้าเริ่มต้นของระบบประกอบด้วยสองส่วนคือ ส่วนควบคุมการทำงานประกอบด้วย สี่ ปุ่มดังนี้ ปุ่มสีแดง ทำหน้าที่ไปยังหน้ารายการข้อมูล ปุ่มสีเทา ทำหน้าที่ไปยังหน้าการทำงานแบบกำหนดเอง ปุ่มสีดำ ทำหน้าที่ไปยังหน้าประวัติข้อมูลการใช้งาน ปุ่มสีฟ้า ทำหน้าที่ไปยังหน้าจัดการตั้งค่าระบบ ส่วนแสดงผลประกอบด้วย สถานะเริ่มต้นของระบบ สถานะการทำงานของเลเซอร์วัดระยะ เวลาและวันที่ทำงานของระบบ และสถานะการเชื่อมต่อสัญญาณเครื่อข่ายไร้สาย

จากภาพที่ 3.10 หน้ารายการข้อมูลประกอบด้วยสองส่วนคือ ส่วนควบคุมการทำงานประกอบด้วย สี่ ปุ่มดังนี้ ปุ่มสีแดง ทำหน้าที่กลับไปยังหน้าเริ่มต้นของการทำงาน ปุ่มสีเทา ทำ



ภาพที่ 3.7 เพจไดอะแกรมการทำงานของแอพพลิเคชั่น

หน้าที่เลือกรายการข้อมูลก่อนหน้า ปุ่มสีดำ ทำหน้าที่เลือกรายการข้อมูลถัดไป ปุ่มสีฟ้า ทำหน้าที่ตกลงรายการข้อมูลที่ต้องการนำเข้าไปยังหน้ารายงานการทำงาน ส่วนแสดงผลประกอบด้วย ข้อมูลการเลือกรายการนำเข้าสินค้า

จากภาพที่ 3.11 หน้าประวัติข้อมูลการใช้งานประกอบด้วยสองส่วนคือ ส่วนควบคุมการทำงานประกอบด้วย สี่ ปุ่มดังนี้ ปุ่มสีแดง ทำหน้าที่กลับไปยังหน้าเริ่มต้นของการทำงาน ปุ่มสีเทา ทำหน้าที่เลือกรายการก่อนหน้า ปุ่มสีดำ ทำหน้าที่เลือกรายการถัดไป ปุ่มสีฟ้า ทำหน้าที่ลบข้อมูลประวัติการใช้งาน ส่วนแสดงผลประกอบด้วย ข้อมูลประวัติการใช้งาน

จากภาพที่ 3.12 หน้าจัดการตั้งค่าระบบประกอบด้วยสองส่วนคือ ส่วนควบคุมการทำงานประกอบด้วย สี่ ปุ่มดังนี้ ปุ่มสีแดง ทำหน้าที่กลับไปยังหน้าเริ่มต้นของการทำงาน ปุ่มสีเทา ทำหน้าที่ไปยังหน้าจัดการตัวเลือกการตั้งค่าเซ็นเซอร์ (Mode) ปุ่มสีดำ ทำหน้าที่เริ่มต้นการทำงานระบบใหม่ (Restart) ปุ่มสีฟ้า ทำหน้าที่ปิดการทำงานของระบบ (Shutdown) ส่วนแสดงผลประกอบด้วย ข้อมูลอุปกรณ์ที่ใช้ในการประมวลผล ข้อมูลสถานะการทำงานของ

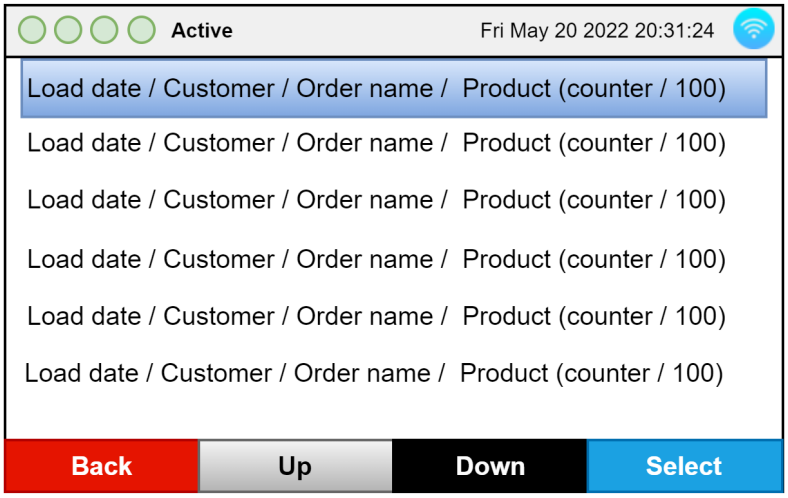
ภาพที่ 3.8 เพจไดอะแกรมการทำงานของแอพพลิเคชั่น (ต่อ)

อุปกรณ์ประมวลผล ข้อมูลหมายเลขที่สามารถระบุความมีตัวตนอยู่ในระบบเครือข่าย และข้อมูลหมายเลขรหัสที่ติดอยู่กับอุปกรณ์ประมวลผลที่เชื่อมต่อกับระบบเครือข่าย

จากภาพที่ 3.13 หน้าตรวจสอบความถูกต้องรายการข้อมูลนำเข้าประกอบด้วยสองส่วน คือ ส่วนควบคุมการทำงานประกอบด้วย สอง ปุ่มดังนี้ ปุ่มสีแดง ทำหน้าที่กลับไปยังหน้ารายการข้อมูล ปุ่มสีฟ้า ทำหน้าที่ตกลงรายการข้อมูลนำเข้า และไปยังหน้าการทำงาน ส่วนแสดงผลประกอบด้วย ข้อมูลจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์จากรายการข้อมูลนำเข้า ข้อมูลจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ต่อนาที ข้อมูลจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ที่มีความสมบูรณ์ ข้อมูลจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ที่ไม่สมบูรณ์ ข้อมูลรายละเอียดของรายการข้อมูลนำเข้า ข้อมูลสถานะเวลาการเริ่มต้นการทำงานและสถานะความพร้อมในการทำงานของระบบ

จากภาพที่ 3.14 หน้าเริ่มการทำงานประกอบด้วยสองส่วนคือ ส่วนควบคุมการทำงานประกอบด้วย สอง ปุ่มดังนี้ ปุ่มสีเทา ทำหน้าที่ไปยังหน้าหยุดการทำงาน ปุ่มสีฟ้า ทำหน้าที่ตกลงการทำงานเสร็จสิ้น และไปยังหน้าตรวจสอบความถูกต้องของการทำงาน ส่วนแสดงผล

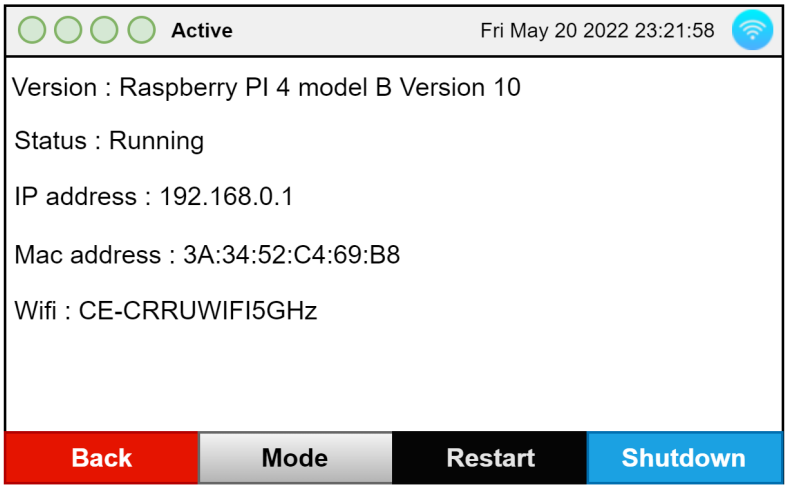
ภาพที่ 3.9 หน้าเริ่มต้นของระบบ



ภาพที่ 3.10 หน้ารายการข้อมูล

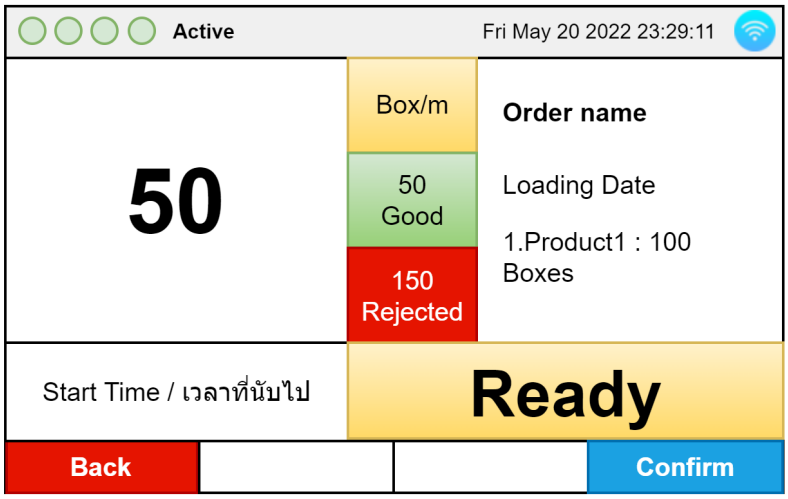
ประกอบด้วย ข้อมูลจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ที่นับได้ ข้อมูลจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ที่นับได้ต่อนาที ข้อมูลจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ที่สมบูรณ์ที่นับได้ ข้อมูลจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ที่ไม่สมบูรณ์ที่นับได้ ข้อมูลรายละเอียดของรายการข้อมูลนำเข้า ข้อมูลสถานะเวลาการทำงาน และสถานะการทำงานของระบบ

ภาพที่ 3.11 หน้าประวัติข้อมูลการใช้งาน

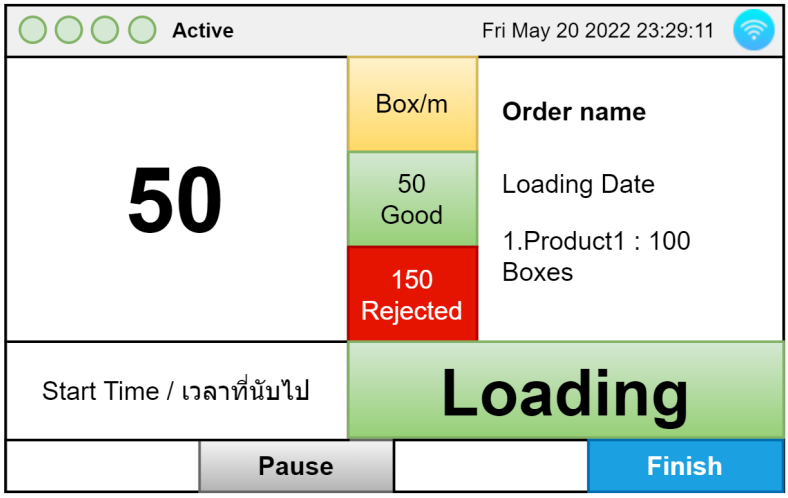


ภาพที่ 3.12 หน้าจัดการตั้งค่าระบบ

จากภาพที่ 3.15 หน้าหยุดการทำงานประกอบด้วยสองส่วนคือ ส่วนควบคุมการทำงาน ประกอบด้วย หนึ่ง ปุ่มดังนี้ ปุ่มสีแดง ทำหน้าที่กลับไปยังหน้าเริ่มการทำงาน ส่วนแสดงผล ประกอบด้วย ข้อมูลจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ที่นับได้ ข้อมูลจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ต่อนาที ข้อมูลจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ที่สมบูรณ์ที่นับได้ ข้อมูลจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ที่ไม่สมบูรณ์ที่



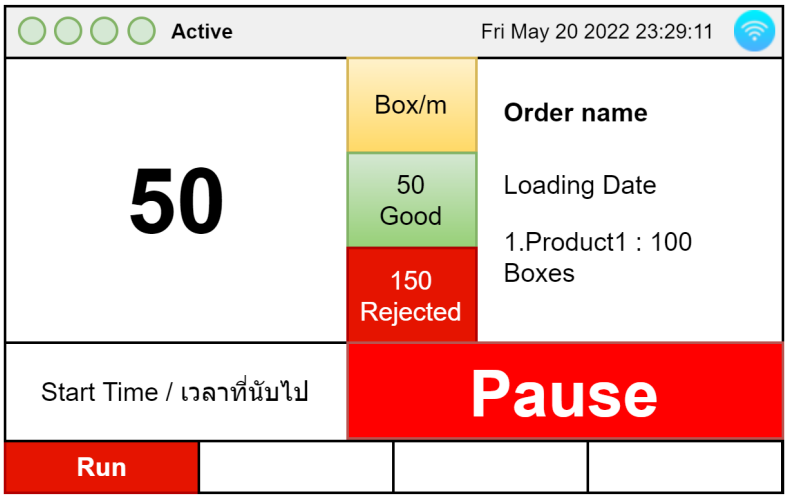
ภาพที่ 3.13 หน้าตรวจสอบความถูกต้องรายการข้อมูลนำเข้า



ภาพที่ 3.14 หน้าเริ่มการทำงาน

นับได้ ข้อมูลรายละเอียดของรายการข้อมูลนำเข้า ข้อมูลสถานะเวลาการทำงาน และสถานะหยุดการทำงานของระบบ

จากภาพที่ 3.16 หน้าตรวจสอบความถูกต้องของการทำงานประกอบด้วยสองส่วนคือ ส่วนควบคุมการทำงานประกอบด้วย สอง ปุ่มดังนี้ ปุ่มสีแดง ทำหน้าที่กลับไปยังหน้าเริ่มการ

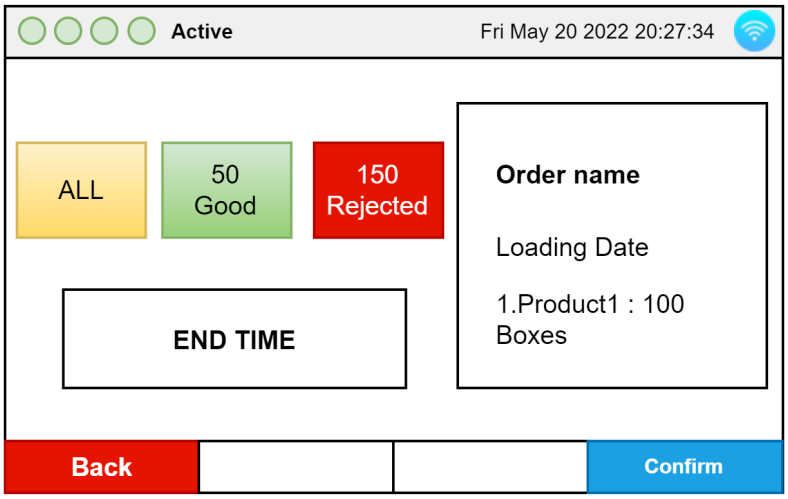


ภาพที่ 3.15 หน้าหยุดการทำงาน

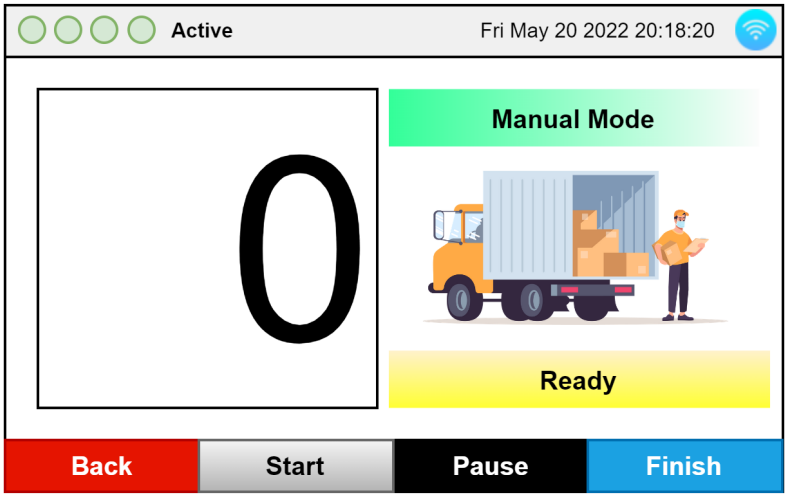
ทำงาน ปุ่มสีฟ้า ทำหน้าที่จบการทำงานของระบบและบันทึกข้อมูลจากนั้นกลับไปยังหน้าเริ่มต้นของระบบ ส่วนแสดงผลประกอบด้วย ข้อมูลจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ที่นับได้ทั้งหมด ข้อมูลจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ที่สมบูรณ์ที่นับได้ทั้งหมด ข้อมูลจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ที่ไม่สมบูรณ์ที่นับได้ทั้งหมด ข้อมูลรายละเอียดของรายการข้อมูลนำเข้า และข้อมูลสถานะเวลาที่ใช้ในการทำงาน

จากภาพที่ 3.17 หน้าการทำงานแบบกำหนดเองประกอบด้วยสองส่วนคือ ส่วนควบคุมการทำงานประกอบด้วย สี่ ปุ่มดังนี้ ปุ่มสีแดง ทำหน้าที่กลับไปยังหน้าเริ่มต้นของระบบ ปุ่มสีเทา ทำหน้าเริ่มการทำงานแบบกำหนดเอง ปุ่มสีดำ ทำหน้าหยุดการทำงานแบบกำหนดเอง ปุ่มสีฟ้า ทำหน้าที่จบการทำงานแบบกำหนดเองของระบบ และกลับไปยังหน้าเริ่มต้นของระบบ ส่วนแสดงผลประกอบด้วย ข้อมูลเริ่มต้นจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ และสถานะความพร้อมในการทำงานของระบบ

จากภาพที่ 3.18 หน้าเริ่มการทำงานแบบกำหนดเองประกอบด้วยสองส่วนคือ ส่วนควบคุมการทำงานประกอบด้วย สี่ ปุ่มดังนี้ ปุ่มสีแดง ทำหน้าที่กลับไปยังหน้าเริ่มต้นของระบบ ปุ่มสีเทา ทำหน้าเริ่มการทำงานแบบกำหนดเอง ปุ่มสีดำ ทำหน้าหยุดการทำงานแบบกำหนดเอง ปุ่มสีฟ้า ทำหน้าที่จบการทำงานแบบกำหนดเองของระบบ และกลับไปยังหน้าเริ่มต้นของระบบ ส่วนแสดงผลประกอบด้วย ข้อมูลจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ที่นับได้ และสถานะเริ่มการทำงานของระบบ

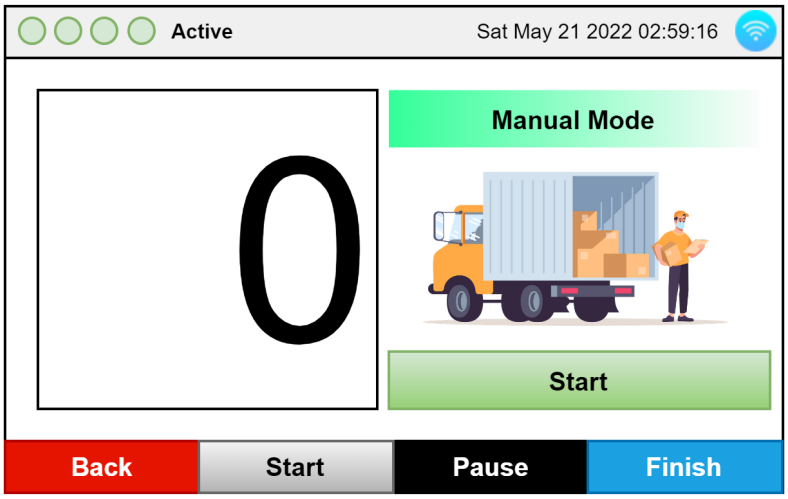


ภาพที่ 3.16 หน้าตรวจสอบความถูกต้องของการทำงาน



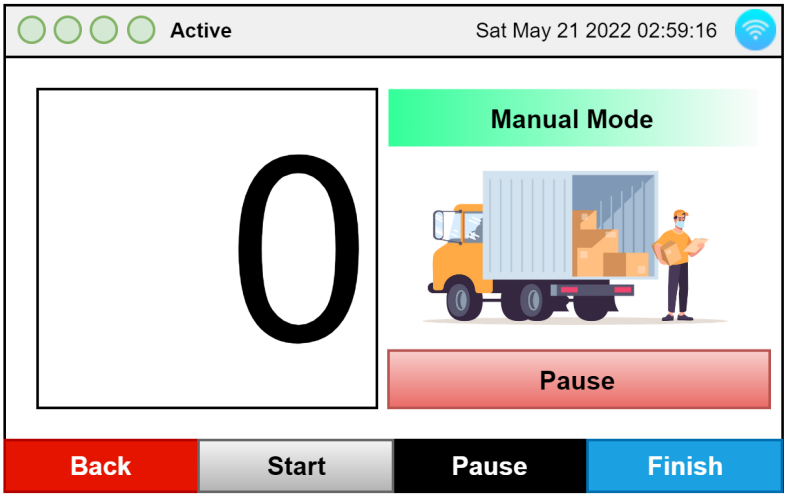
ภาพที่ 3.17 หน้าการทำงานแบบกำหนดเอง

จากภาพที่ 3.19 หน้าหยุดการทำงานแบบกำหนดเองประกอบด้วยสองส่วนคือ ส่วนควบคุมการทำงานประกอบด้วย สี่ ปุ่มดังนี้ ปุ่มสีแดง ทำหน้าที่กลับไปยังหน้าเริ่มต้นของระบบ ปุ่มสีเทา ทำหน้าเริ่มการทำงานแบบกำหนดเอง ปุ่มสีดำ ทำหน้าหยุดการทำงานแบบกำหนดเอง ปุ่มสีฟ้า ทำหน้าที่จบการทำงานแบบกำหนดเองของระบบ และกลับไปยังหน้าเริ่มต้นของระบบ



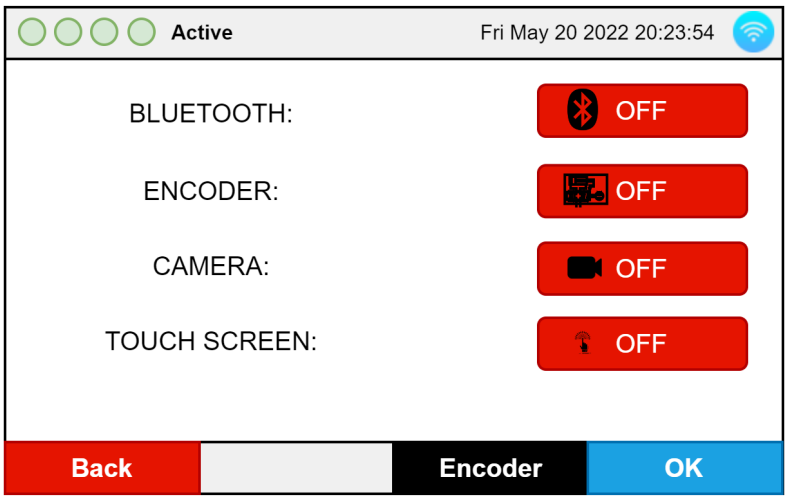
ภาพที่ 3.18 หน้าเริ่มการทำงานแบบกำหนดเอง

ส่วนแสดงผลประกอบด้วย ข้อมูลจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ที่นับได้ และสถานะหยุดการทำงานของระบบ



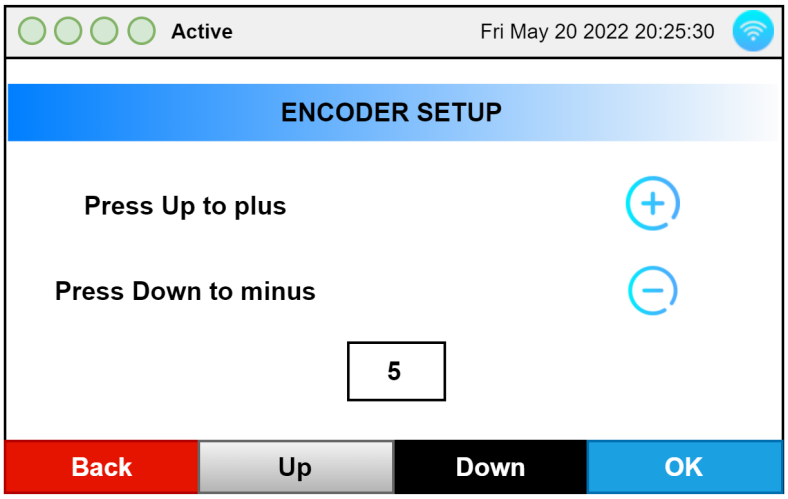
ภาพที่ 3.19 หน้าหยุดการทำงานแบบกำหนดเอง

จากภาพที่ 3.20 หน้าจัดการตัวเลือกการตั้งค่าเซ็นเซอร์ประกอบด้วยสองส่วนคือ ส่วนควบคุมการทำงานประกอบด้วย สาม ปุ่มดังนี้ ปุ่มสีแดง ทำหน้าที่กลับไปยังหน้าจัดการตั้งค่าระบบ ปุ่มสีดำ ทำหน้าไปยังหน้าจัดการตั้งค่าเซ็นเซอร์นับรอบ ปุ่มสีฟ้า ทำหน้าที่ตกลงการตั้งค่าเซ็นเซอร์ของระบบ และกลับไปยังหน้าจัดการตั้งค่าระบบ ส่วนแสดงผลประกอบด้วย สถานะการเชื่อมต่อของบลูทูธ สถานะการเชื่อมต่อเซ็นเซอร์นับรอบ สถานะการเชื่อมต่อกล้องเว็บแคม และสถานะการใช้งานหน้าจอทัชสกรีน



ภาพที่ 3.20 หน้าจัดการตัวเลือกการตั้งค่าเซ็นเซอร์

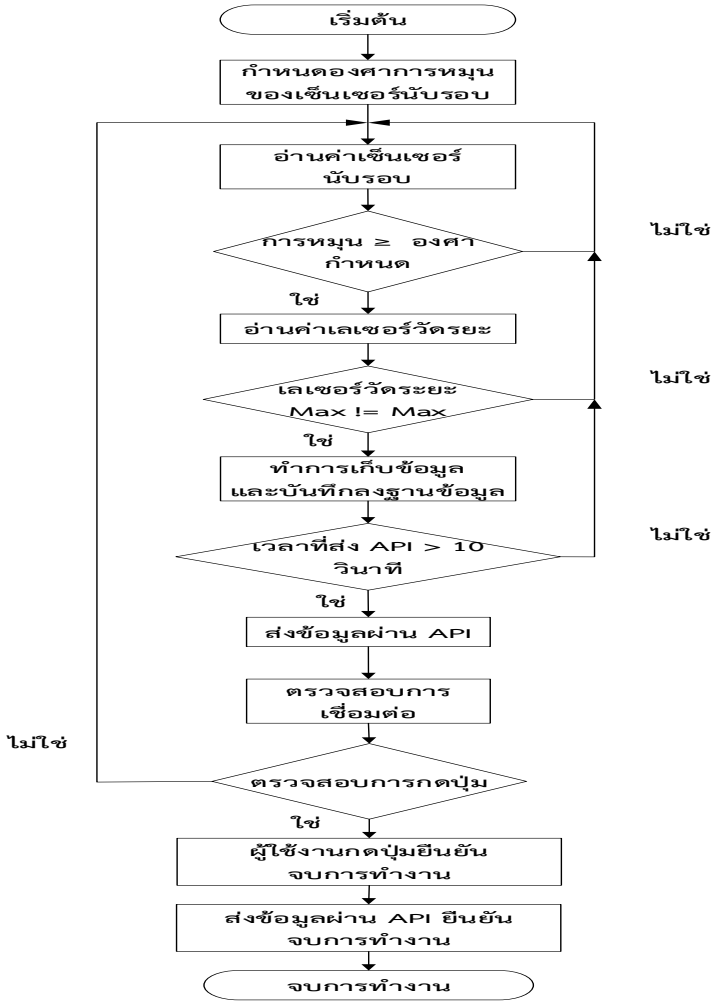
จากภาพที่ 3.21 หน้าจัดการตั้งค่าเซ็นเซอร์นับรอบประกอบด้วยสองส่วนคือ ส่วนควบคุมการทำงานประกอบด้วย สาม ปุ่มดังนี้ ปุ่มสีแดง ทำหน้าที่กลับไปยังหน้าจัดการตัวเลือกการตั้งค่าเซ็นเซอร์ ปุ่มสีเทา ทำหน้าที่เพิ่มจำนวนองศาของเซ็นเซอร์นับรอบ ปุ่มสีดำ ทำหน้าที่ลดจำนวนองศาของเซ็นเซอร์นับรอบ ปุ่มสีฟ้า ทำหน้าที่ตกลงการตั้งค่าเซ็นเซอร์ของระบบ และกลับไปยังหน้าจัดการตั้งค่าระบบ ส่วนแสดงผลประกอบด้วย คำอธิบายการเพิ่มจำนวนองศาของเซ็นเซอร์นับรอบ คำอธิบายการลดจำนวนองศาของเซ็นเซอร์นับรอบ และสถานะองศาของเซ็นเซอร์นับรอบ



ภาพที่ 3.21 หน้าจัดการตั้งค่าเซ็นเซอร์นับรอบ

3.6 การทำงานของซอฟต์แวร์ระบบตรวจวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์โดยใช้เลเซอร์เซ็นเซอร์ร่วมกับการประมวลผลภาพ

จากภาพที่ 3.22 การทำงานของระบบตรวจวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์โดยใช้เลเซอร์วัดระยะร่วมกับการประมวลผลภาพ เริ่มต้นการทำงาน ผู้ใช้ทำการกำหนดองศาการหมุนของเซ็นเซอร์นับรอบ หรือผู้ใช้ไม่กำหนดค่าองศาการหมุนของเซ็นเซอร์นับรอบระบบจะใช้ค่ากำหนดเริ่มต้นของระบบ ต่อมาผู้ใช้เลือกเมนูหน้ารายการข้อมูล ระบบจะทำการแสดงไปยังหน้ารายการข้อมูลโดยข้อมูลหน้ารายการรับข้อมูลผ่าน API จากเว็บแอพพลิเคชั่น จากนั้นผู้ใช้ทำการเลือกรายการข้อมูลที่ต้องการตรวจวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์โดยระบบจะบันทึกข้อมูลรายการลงฐานข้อมูล และแสดงไปยังหน้าเริ่มการทำงาน เมื่อผู้ใช้เริ่มการทำงานระบบจะเริ่มทำการอ่านข้อมูลของเซ็นเซอร์นับรอบเมื่อเซ็นเซอร์นับรอบหมุนตามองศาที่กำหนดหรือค่าเริ่มต้น เลเซอร์วัดระยะจะทำการตรวจสอบกล่องบรรจุภัณฑ์ที่วิ่งผ่านโดยการทำงานของเลเซอร์วัดระยะมีการเปลี่ยนจากค่ามากสุดเพื่อวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ และทำการเก็บข้อมูลและบันทึกลงในฐานข้อมูล ซึ่งเลเซอร์วัดระยะตรวจสอบว่าไม่มีกล่องบรรจุภัณฑ์ที่วิ่งผ่านโดยไม่มีการเปลี่ยนจากค่ามากสุดจะไม่ทำการวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ นอกจากนี้ในช่วงการทำงานของระบบจะบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูลทุกการตรวจวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ จากนั้นระบบจะมีการตรวจสอบการเชื่อมต่อกับ



ภาพที่ 3.22 ไดอะแกรมการทำงานของซอฟต์แวร์

เครือข่ายไร้สายทุก 10 วินาที และตรวจสอบการทำงานของ API ซึ่งระบบจะมีการส่งข้อมูลผ่าน API ไปยังเว็บแอพพลิเคชั่นทุก 10 วินาที ซึ่งผู้ใช้สามารถตรวจสอบการทำงานผ่านเว็บแอพพลิเคชั่นในช่วงการทำงานวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ได้แบบเรียลไทม์ เมื่อระบบทำงานเสร็จสิ้นผู้ใช้กดปุ่มยืนยันทำการจบการทำงานระบบจะทำการส่งข้อมูลผ่าน API ยืนยันการจบการทำงานของระบบไปยังเว็บแอพพลิเคชั่น

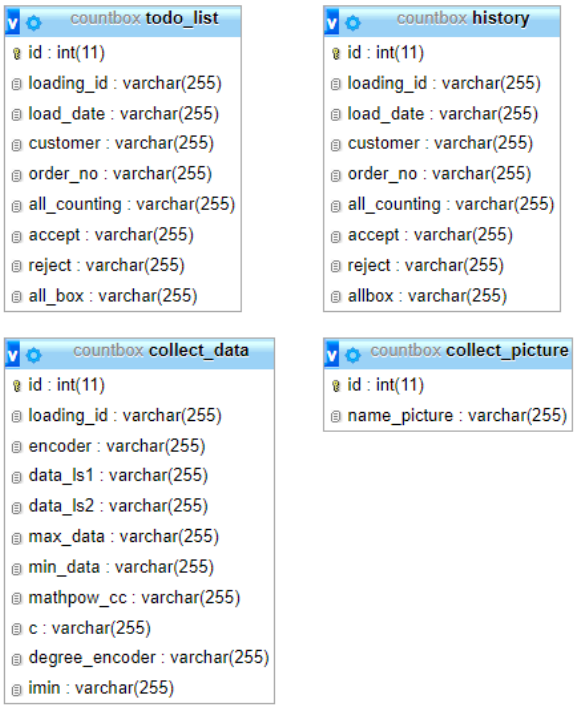
3.7 การออกแบบระบบฐานข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบระบบฐานข้อมูลที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเพื่อให้สามารถใช้งานกับระบบตรวจวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์โดยใช้เลเซอร์วัดระยะร่วมกับการประมวลผลภาพ ไว้ทั้งหมดสี่ตาราง 1) ตาราง Todo list ถูกสร้างไว้สำหรับจัดเก็บ ข้อมูลรายการนำเข้า ข้อมูลวันเวลาที่นำเข้าข้อมูล ข้อมูลลูกค้า ข้อมูลหมายเลขสินค้า ข้อมูลจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ที่ตรวจนับ ข้อมูลจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ที่สมบูรณ์ ข้อมูลจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ที่ไม่สมบูรณ์ และข้อมูลจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ทั้งหมด 2) ตาราง Collect data ถูกสร้างไว้สำหรับจัดเก็บข้อมูลรายการนำเข้า ข้อมูลจำนวนรอบของเซ็นเซอร์นับรอบ ข้อมูลการวัดระยะของเซ็นเซอร์เลเซอร์วัดระยะตัวที่หนึ่ง ข้อมูลการวัดระยะของเซ็นเซอร์เลเซอร์วัดระยะตัวที่สอง ข้อมูลค่าสูงสุดของการวัดระยะ ข้อมูลค่าต่ำสุดของการวัดระยะ ข้อมูลค่ากำลังสองของการวัดระยะ ข้อมูลการถอดรากที่สองของค่ากำลังสองของการวัดระยะ ข้อมูลค่าองศาเซ็นเซอร์นับรอบ และข้อมูลระยะห่างระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด 3) ตาราง History ถูกสร้างไว้สำหรับจัดเก็บข้อมูลรายการนำเข้า ข้อมูลวันเวลาที่นำเข้าข้อมูล ข้อมูลลูกค้า ข้อมูลหมายเลขสินค้า ข้อมูลจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ที่ตรวจนับ ข้อมูลจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ที่สมบูรณ์ที่ตรวจนับ ข้อมูลจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ที่ไม่สมบูรณ์ที่ตรวจนับ และข้อมูลจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ทั้งหมด 4) ตาราง Collect picture ถูกสร้างไว้สำหรับจัดเก็บ ข้อมูลชื่อภาพถ่าย ดังแสดงในภาพที่ 3.23

3.8 การออกแบบการทดลอง

จากการที่ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและพัฒนาระบบเรียบร้อยแล้ว ในส่วนของวิธีการทดลองระบบตรวจวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์โดยใช้เลเซอร์วัดระยะร่วมกับการประมวลผลภาพ ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

1. การทดลองหาประสิทธิภาพความแม่นยำในการนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์
2. การทดลองหาประสิทธิภาพความแม่นยำในการตรวจวัดขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์ในรูปแบบการวางกล่องบรรจุภัณฑ์แบบขนาน
3. การทดลองหาประสิทธิภาพความแม่นยำในการตรวจวัดขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์ในรูปแบบการวางกล่องบรรจุภัณฑ์แบบเฉียง
4. การทดลองหาประสิทธิภาพความแม่นยำในการตรวจวัดขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์ด้วยการหาขนาดจากวัตถุในภาพ



ภาพที่ 3.23 แผนภาพฐานข้อมูลระบบตรวจวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์โดยใช้เลเซอร์วัดระยะร่วมกับการประมวลผลภาพ

ซึ่งทำการทดลองตรวจวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์กับเครื่องสายพานลำเลียงที่มีขนาดความกว้าง 100 เซนติเมตร

3.8.1 การทดลองหาประสิทธิภาพความแม่นยำในการนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์

ในการทดลองหาประสิทธิภาพความแม่นยำในการนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ นั้นได้ทำการทดลองการนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์โดยใช้งานจริงร่วมกับเครื่องสายพานลำเลียงที่มีขนาดความกว้าง 100 เซนติเมตร

3.8.2 การทดลองหาประสิทธิความแม่นยำในการตรวจวัดขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์การวางกล่องบรรจุภัณฑ์แบบขนาน

ในการทดลองหาประสิทธิความแม่นยำในการตรวจวัดขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์การวางกล่องบรรจุภัณฑ์แบบขนาน นั้นได้ทำการทดลองโดยกำหนดองศาการหมุนของเซ็นเซอร์นับ

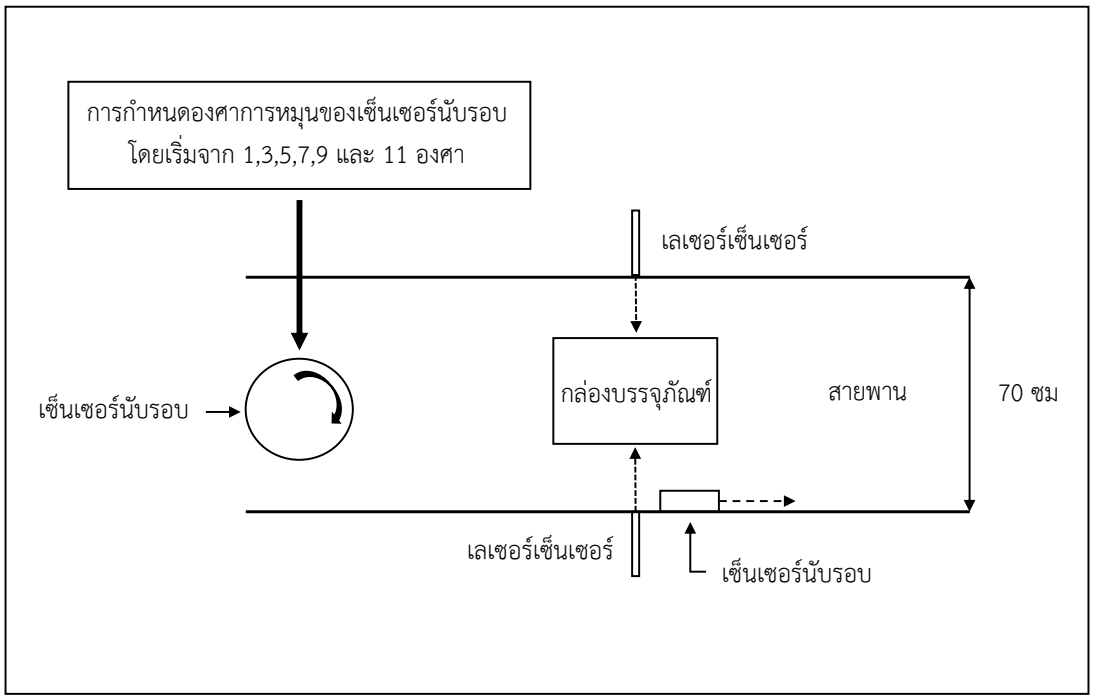
รอบซึ่งในการกำหนดองศาการหมุนของเซ็นเซอร์นับรอบแต่ละครั้ง ใช้กล่องบรรจุภัณฑ์ในการทดลอง จำนวน 10 กล่อง โดยกล่องบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ทำการทดลองมีขนาดความกว้าง 23 เซนติเมตร และความยาว 38 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่ 3.24

1. การทดลองโดยกำหนดองศาการหมุนของเซ็นเซอร์นับรอบที่ 1 องศา การวางกล่องแบบขนาน
2. การทดลองโดยกำหนดองศาการหมุนของเซ็นเซอร์นับรอบที่ 3 องศา การวางกล่องแบบขนาน
3. การทดลองโดยกำหนดองศาการหมุนของเซ็นเซอร์นับรอบที่ 5 องศา การวางกล่องแบบขนาน
4. การทดลองโดยกำหนดองศาการหมุนของเซ็นเซอร์นับรอบที่ 7 องศา การวางกล่องแบบขนาน
5. การทดลองโดยกำหนดองศาการหมุนของเซ็นเซอร์นับรอบที่ 9 องศา การวางกล่องแบบขนาน
6. การทดลองโดยกำหนดองศาการหมุนของเซ็นเซอร์นับรอบที่ 11 องศา การวางกล่องแบบขนาน

3.8.3 การทดลองหาประสิทธิความแม่นยำในการตรวจวัดขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์การวางกล่องบรรจุภัณฑ์แบบเฉียง

ในการทดลองหาประสิทธิความแม่นยำในการตรวจวัดขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์การวางกล่องบรรจุภัณฑ์แบบเฉียง นั้นได้ทำการทดลองโดยกำหนดองศาการหมุนของเซ็นเซอร์นับรอบซึ่งในการกำหนดองศาการหมุนของเซ็นเซอร์นับรอบแต่ละครั้ง ใช้กล่องบรรจุภัณฑ์ในการทดลอง จำนวน 10 กล่อง โดยกล่องบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ทำการทดลองมีขนาดความกว้าง 23 เซนติเมตร และความยาว 38 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่ 3.25

1. การทดลองโดยกำหนดองศาการหมุนของเซ็นเซอร์นับรอบที่ 1 องศา การวางกล่องแบบเฉียง
2. การทดลองโดยกำหนดองศาการหมุนของเซ็นเซอร์นับรอบที่ 3 องศา การวางกล่องแบบเฉียง
3. การทดลองโดยกำหนดองศาการหมุนของเซ็นเซอร์นับรอบที่ 5 องศา การวางกล่องแบบเฉียง
4. การทดลองโดยกำหนดองศาการหมุนของเซ็นเซอร์นับรอบที่ 7 องศา การวางกล่องแบบเฉียง



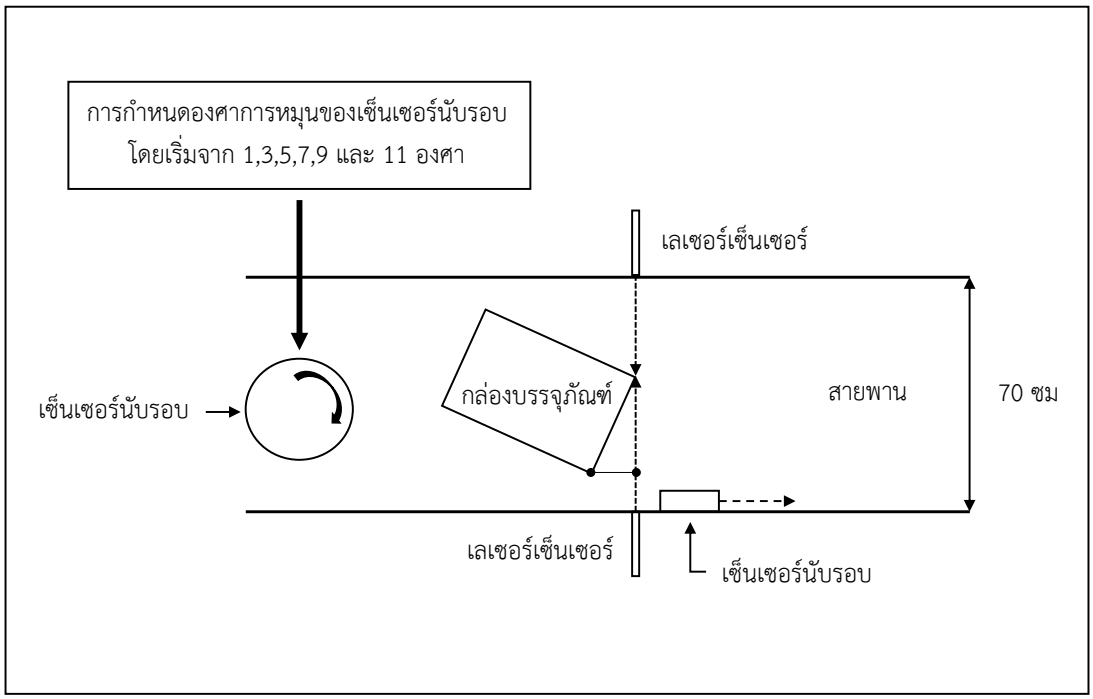
ภาพที่ 3.24 การออกแบบการทดลองโดยกำหนดองศาการหมุนของเซ็นเซอร์นับรอบการวางกล่องแบบขนาน

5. การทดลองโดยกำหนดองศาการหมุนของเซ็นเซอร์นับรอบที่ 9 องศา การวางกล่องแบบเฉียง

6. การทดลองโดยกำหนดองศาการหมุนของเซ็นเซอร์นับรอบที่ 11 องศา การวางกล่องแบบเฉียง

3.8.4 การทดลองหาประสิทธิภาพความแม่นยำในการตรวจวัดขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์ด้วยการวัดขนาดจากวัตถุในภาพ

ในการทดลองหาประสิทธิภาพความแม่นยำในการตรวจวัดขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์ด้วยการวัดขนาดจากวัตถุในภาพ โดยใช้วัตถุอ้างอิงกล่องสี่เหลี่ยมที่มีขนาดความกว้าง 4 เซนติเมตร ความยาว 4 เซนติเมตร ในภาพถ่ายเพื่อเป็นเกณฑ์มาตรฐานในการตรวจวัดขนาดวัตถุข้างเคียง



ภาพที่ 3.25 การออกแบบการทดลองโดยกำหนดองศาการหมุนของเซ็นเซอร์นับรอบการวางกล่องแบบเฉียง

ในภาพต่อภาพถ่ายหนึ่งภาพ ดังแสดงในภาพที่ 3.26 ซึ่งกล่องบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลองมีขนาดความกว้าง และความยาวที่แตกต่างกัน 8 ขนาด ดังนี้

1. การทดลองการตรวจวัดขนาดของวัตถุในภาพโดยใช้กล่องบรรจุภัณฑ์ขนาดความกว้าง 6 เซนติเมตร ความยาว 14 เซนติเมตร

2. การทดลองการตรวจวัดขนาดของวัตถุในภาพโดยใช้กล่องบรรจุภัณฑ์ขนาดความกว้าง 8 เซนติเมตร ความยาว 12 เซนติเมตร

3. การทดลองการตรวจวัดขนาดของวัตถุในภาพโดยใช้กล่องบรรจุภัณฑ์ขนาดความกว้าง 9 เซนติเมตร ความยาว 18 เซนติเมตร

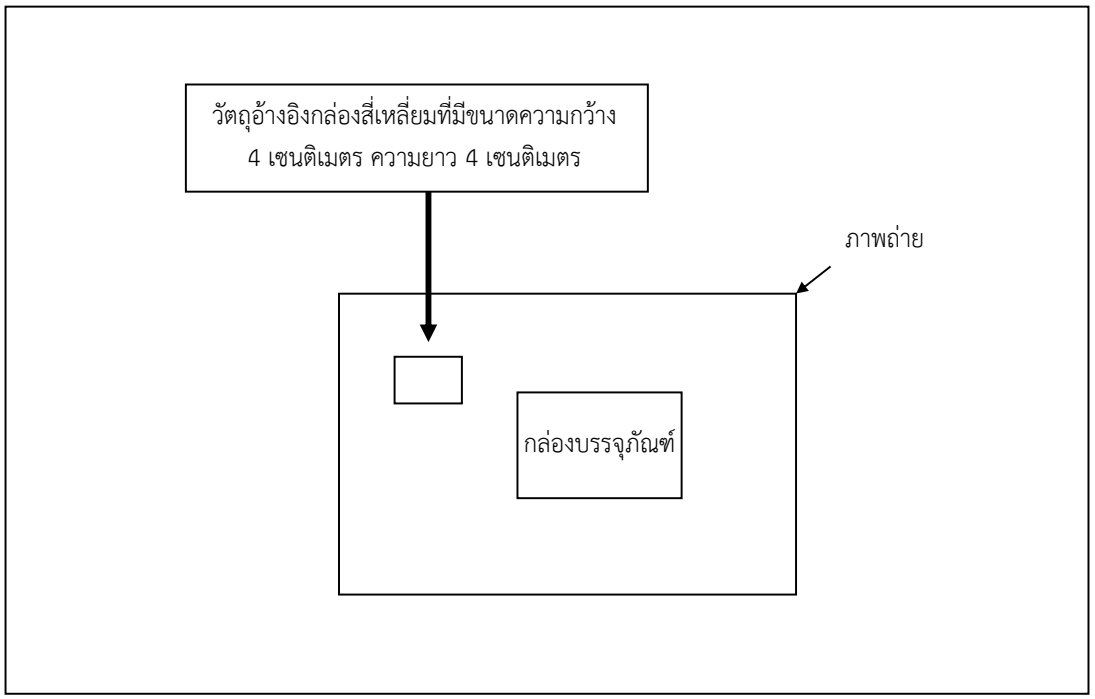
4. การทดลองการตรวจวัดขนาดของวัตถุในภาพโดยใช้กล่องบรรจุภัณฑ์ขนาดความกว้าง 10 เซนติเมตร ความยาว 13 เซนติเมตร

5. การทดลองการตรวจวัดขนาดของวัตถุในภาพโดยใช้กล่องบรรจุภัณฑ์ขนาดความกว้าง 10 เซนติเมตร ความยาว 15 เซนติเมตร

6. การทดลองการตรวจวัดขนาดของวัตถุในภาพโดยใช้กล่องบรรจุภัณฑ์ขนาดความกว้าง 11 เซนติเมตร ความยาว 17 เซนติเมตร

7. การทดลองการตรวจวัดขนาดของวัตถุในภาพโดยใช้กล่องบรรจุภัณฑ์ขนาดความกว้าง 13 เซนติเมตร ความยาว 13 เซนติเมตร

8. การทดลองการตรวจวัดขนาดของวัตถุในภาพโดยใช้กล่องบรรจุภัณฑ์ขนาดความกว้าง 14 เซนติเมตร ความยาว 20 เซนติเมตร



ภาพที่ 3.26 การออกแบบการทดลองการตรวจวัดขนาดของวัตถุในภาพโดยใช้วัตถุอ้างอิงขนาดความกว้าง 4 เซนติเมตร ความยาว 4 เซนติเมตร