

ปริญญานิพนธ์

ระบบตรวจสอบคุณภาพเครื่องกรองน้ำโดย IoT Design

WATER QUALITY MONITORING SYSTEM USING IOT DESIGN

นายกัณฑ์พัฒน์ ตั้งกิตติธारा

นางสาวจิรสิน วรศิริ

นายธัญเทพ หาญกล้า

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ครุศาสตร์วิศวกรรม)

สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2568

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง ระบบตรวจสอบคุณภาพเครื่องกรองน้ำโดย IoT Design

Water Quality Monitoring System Using IoT Design

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของเครื่องกรองน้ำ ระบบ IoT และเกณฑ์มาตรฐานการวัดน้ำประปาดื่มได้
2. เพื่อออกแบบระบบตรวจสอบสถานะเครื่องกรองน้ำ โดยใช้ IoT Design
3. สร้างและพัฒนาระบบตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องกรองน้ำ
4. เพื่อทดสอบการทำงานของระบบตรวจสอบเครื่องกรองน้ำ
5. เพื่อนำระบบไปใช้งาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงานของเครื่องกรองน้ำ และเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพ
2. ได้โครงสร้างของระบบตรวจสอบสถานะเครื่องกรองน้ำ
3. ได้ระบบตรวจสอบคุณภาพเครื่องกรองน้ำ
4. ได้ผลการทดสอบระบบตรวจสอบสถานะเครื่องกรองน้ำ
5. ระบบตรวจสอบสถานะเครื่องกรองน้ำที่สามารถนำไปใช้งานได้

ชื่อหัวข้อ	ระบบตรวจสอบคุณภาพเครื่องกรองน้ำโดย IOT DESIGN
นักศึกษา	นายกัณฑ์พัฒน์ ตั้งกิตติธรา นางสาวจิรสิน วรศิริ นายธัญเทพ หาญกล้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ปิยะ จิตธรรมมาภิรมย์
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
หลักสูตร	ครุศาสตร์วิศวกรรม
ปีการศึกษา	2568

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการพัฒนา “ระบบตรวจสอบคุณภาพเครื่องกรองน้ำแบบเรียลไทม์” โดยใช้แพลตฟอร์ม IoT Design เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบคุณภาพน้ำและสถานะของไส้กรองได้อย่างแม่นยำและทันเวลา ลดความเสี่ยงจากการบริโภคน้ำที่มีสิ่งปนเปื้อนจากไส้กรองเสื่อมสภาพ และช่วยเพิ่มความมั่นใจในการใช้งานเครื่องกรองน้ำในชีวิตประจำวัน ในการดำเนินงาน คณะผู้จัดทำได้ทำการศึกษา ออกแบบ และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบกรองน้ำและเทคโนโลยี IoT เพื่อนำมาพัฒนาเป็นต้นแบบที่สามารถตรวจวัดค่าและแสดงผลผ่านแดชบอร์ดแบบเรียลไทม์ ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถติดตามสถานะของเครื่องกรองน้ำได้สะดวกและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

Title	Water Quality Monitoring System Using IoT Design
Students	Mr. Kantaphat Tangkittithara Miss Jirasin Warasiri Mr. Thanyathep Harnkla
Advisor	Asst. Prof. Piya Jitthammaprom
Degree	Bachelor of Industrial Education
Program	Industrial Engineering Education
Academic Year	2025

ABSTRACT

This thesis presents the development of a “Real-Time Water Filter Quality Monitoring System” using the IoT Design platform. The system enables users to accurately and promptly monitor the quality of filtered water and the condition of the filter cartridge, thereby reducing the risk of consuming water contaminated by deteriorated filters and enhancing confidence in daily water usage. In this study, the authors have researched, designed, and gathered information related to water filtration systems and IoT technology to develop a prototype capable of measuring key water parameters and displaying the results through a real-time dashboard. This allows users to conveniently and efficiently monitor the operational status and quality performance of their water filtration systems.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและการสนับสนุนจากหลายฝ่าย ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ปิยะ จิตธรรมมาภิรมย์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่ได้ให้คำแนะนำ อบรมสั่งสอน และช่วยตรวจแก้ไข ตลอดจนติดตามความคืบหน้าของโครงการนี้ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ คณาจารย์ประจำสาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ เจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ถ่ายทอดความรู้และแนวคิดในการเรียนรู้ตลอดระยะเวลาการศึกษา

ขอขอบพระคุณ ผู้ปกครอง ที่ให้กำลังใจ สนับสนุนด้านการศึกษาและการดำเนินงานอย่างต่อเนื่องจนโครงการนี้สำเร็จ รวมถึงเพื่อนนักศึกษาและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและคำปรึกษาในทุกขั้นตอนของการจัดทำโครงการครั้งนี้

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 จุดมุ่งหมายโครงการ	1
1.3 สมมติฐานของการจัดทำโครงการ	2
1.4 ขีดความสามารถโครงการ	2
1.5 ขั้นตอนการทำโครงการ	2
1.6 เนื้อหาโดยสังเขป	3
บทที่ 2	4
2.1 กล่าวนำ	4
2.2 แนวคิดเกี่ยวกับ IoT Design และ Internet of Things (IoT)	4
2.2.1 IoT Design Platform	4
2.2.2 การติดตั้งระบบ IoT Design	7
2.2.2.1 ส่วนประกอบและพีเจอร์ทหลักของระบบ	7
2.2.3 Internet of Things (IoT)	10
2.2.4 ความแตกต่างระหว่าง IoT Design กับ Internet of Things (IoT)	11
2.2.5 ORANGE PI ZERO 3	13
2.2.5.1 ส่วนประกอบของ Orange Pi Zero 3	14

สารบัญ (ต่อ)

2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการสร้างและพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพเครื่องกรองน้ำ	16
2.3.1 Ubuntu	16
2.3.2 SketchUp	20
2.3.3 Visual Studio Code (VS Code)	24
2.3.4 ESP-IDF Terminal	26
2.4 อุปกรณ์เซนเซอร์ที่ใช้ในการทำโครงงาน	27
2.4.1 Pressure Transducer Sensor	27
2.4.2 pH Sensor	30
2.4.3 TDS & Flow Combo Sensor (YF-S201)	31
2.5 แนวคิดเกี่ยวกับระบบเครื่องกรองน้ำ	35
2.5.1 ความหมายของเครื่องกรองน้ำ	35
2.5.2 ประเภทของระบบเครื่องกรองน้ำ	37
2.5.3 เครื่องกรองน้ำระบบ RO (Reverse Osmosis)	40
2.5.4 เครื่องกรองน้ำระบบ Nano (NF – Nanofiltration)	43
2.5.5 เครื่องกรองน้ำ 2 ขั้นตอน (ไส้ PP + Carbon)	46
2.5.6 เครื่องกรองน้ำ 3 ขั้นตอน (PP + Carbon + UF/NF/Resin)	49
2.6 แนวคิดเกี่ยวกับไส้กรองน้ำ	53
2.6.1 ความหมายของไส้กรองน้ำ	53
2.6.2 ประเภทของไส้กรองน้ำ	53
2.7 ประเภทเครื่องกรองน้ำที่เลือกใช้ในโครงงาน	62
บทที่ 3	65
3.1 กล่าวนำ	65
3.2 การติดตั้งระบบปฏิบัติการ Ubuntu บนบอร์ด Orange Pi Zero 3	65

สารบัญ (ต่อ)

3.2.1 การเตรียมอุปกรณ์และซอฟต์แวร์ที่ใช้	65
3.2.2 ขั้นตอนการติดตั้งระบบ Ubuntu	66
3.2.3 การเชื่อมต่อและทดสอบระบบ	68
3.2.4 ผลการติดตั้งและทดสอบระบบ	70
3.3 ใช้งานแพลตฟอร์ม IoT Design และ การออกแบบ Dashboard	71
3.3.1 การ Sign in เข้าใช้งาน IoT Design	71
3.3.2 การตั้งค่า Modal (Modal Configuration)	71
3.3.3 การ Add Device	72
3.3.4 การสร้างผู้ใช้ เป็นการกำหนดสิทธิ์การเข้าถึงระบบ	72
3.3.5 เครื่องมือใช้สร้าง Dashboard	73
3.3.6 การสร้าง Dashboard	75
3.4 การทดสอบ sensor	78
3.4.1 การทดสอบ TDS Sensor	78
3.4.2 อุปกรณ์ที่ใช้	78
3.4.2.1 วิธีการทดสอบ	78
3.4.2.2 ตัวอย่างผลการทดสอบ	79
3.4.2.3 การวิเคราะห์ผล	79
3.4.2 การทดสอบ pH Sensor	80
3.4.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้	80
3.4.2.2 ขั้นตอนการต่อวงจร	80
3.4.2.3 ตัวอย่างผลการทดสอบ	82
3.4.2.4 การวิเคราะห์ผล	82
3.5 การออกแบบโมเดล	83

สารบัญ (ต่อ)

3.5.1 การออกแบบไส้กรองสามชนิด	83
3.5.2 การออกแบบที่ยึดกับเครื่องกรองน้ำ	84
3.5.3 การออกแบบหม้อพักน้ำ	85
3.5.4 การออกแบบและการเชื่อมต่อท่อ	87
3.5.5 การเพิ่มเซนเซอร์ตรวจวัด 4 ชนิด	88
3.5.6 การเพิ่มก๊อกเปิด - ปิดน้ำ	89
3.5.7 ภาพรวมการประกอบแบบจำลองระบบทั้งหมด	90

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 โครงสร้างสถาปัตยกรรมของโปรแกรม IoT Design	5
รูปที่ 2.2 โครงสร้างสถาปัตยกรรมของโปรแกรม IoT Design	8
รูปที่ 2.3 โครงสร้างสถาปัตยกรรมของโปรแกรม IoT Design	8
รูปที่ 2.4 โครงสร้างสถาปัตยกรรมของโปรแกรม IoT Design	9
รูปที่ 2.5 โครงสร้างสถาปัตยกรรมของโปรแกรม IoT Design	9
รูปที่ 2.6 โครงสร้างสถาปัตยกรรมของโปรแกรม IoT Design	9
รูปที่ 2.7 สถาปัตยกรรมของระบบ IoT (IoT Architecture)	10
รูปที่ 2.8 บอร์ด Orange Pi Zero 3	13
รูปที่ 2.9 ส่วนประกอบของบอร์ด Orange Pi Zero 3	14
รูปที่ 2.10 สัญลักษณ์ Ubuntu	16
รูปที่ 2.11 สัญลักษณ์ SketchUp	20
รูปที่ 2.12 ส่วนประกอบหลักของ SketchUp Interface	23
รูปที่ 2.13 สัญลักษณ์ Visual Studio Code	24
รูปที่ 2.14 สัญลักษณ์ ESP-IDF	26
รูปที่ 2.15 Pressure Transducer Sensor	28
รูปที่ 2.16 Gravity Analog pH Sensor	30
รูปที่ 2.17 TDS & Flow Combo Sensor (YF-S201)	31
รูปที่ 2.18 เครื่องกรองน้ำระบบ UF	37
รูปที่ 2.19 Flowchart การทำงานเครื่องกรองน้ำระบบ UF	39
รูปที่ 2.20 เครื่องกรองน้ำระบบ RO	40
รูปที่ 2.21 Flowchart การทำงานเครื่องกรองน้ำระบบ RO	42
รูปที่ 2.22 เครื่องกรองน้ำระบบ Nano	43
รูปที่ 2.23 Flowchart การทำงานเครื่องกรองน้ำระบบ Nano	45
รูปที่ 2.24 เครื่องกรองน้ำ 2 ขั้นตอน	46
รูปที่ 2.25 Flowchart การทำงานเครื่องกรองน้ำระบบ Nano	48
รูปที่ 2.26 เครื่องกรองน้ำ 3 ขั้นตอน	49
รูปที่ 2.27 Flowchart การทำงานเครื่องกรองน้ำ 3 ขั้นตอน	52
รูปที่ 2.28 ไส้กรองแบบ Sediment Filter	53

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.29 ไส้กรองแบบ Carbon Filter	55
รูปที่ 2.30 ไส้กรองแบบ Resin Filter	57
รูปที่ 2.31 ไส้กรองแบบ Ceramic Filter	59
รูปที่ 3.1 เข้าสู่เว็บไซต์ทางการของ Orange Pi	66
รูปที่ 3.2 หน้าหลัก Balena Etcher	67
รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการ Flash Image ลง SD Card	68
รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการ การต่อ SD Card ใส่ในบอร์ด Orange Pi Zero 3	69
รูปที่ 3.5 หน้าจอแสดง โลโก้ Orange Pi	69
รูปที่ 3.6 การ Sign in เข้าใช้งาน IoT Design	71
รูปที่ 3.7 การการตั้งค่า Modal	71
รูปที่ 3.8 การ Add Device	72
รูปที่ 3.9 การสร้างผู้ใช้	73
รูปที่ 3.10 การสร้างผู้ใช้ 3 ผู้ใช้งาน	73
รูปที่ 3.11 เครื่องมือที่ใช้สร้าง Dashboard	74
รูปที่ 3.12 เริ่มสร้าง Dashboard	75
รูปที่ 3.13 เริ่มสร้าง Dashboard	76
รูปที่ 3.14 ผลการออกแบบ Dashboard หน้าที่ 1	76
รูปที่ 3.15 ผลการออกแบบ Dashboard หน้าที่ 2 Layer ที่ 1	77
รูปที่ 3.16 ผลการออกแบบ Dashboard หน้าที่ 2 Layer ที่ 2	77
รูปที่ 3.17 การออกแบบไส้กรองสามชนิด	83
รูปที่ 3.18 การออกแบบที่ยึดกับเครื่องกรองน้ำ	84
รูปที่ 3.19 การออกแบบหม้อพักน้ำ	85
รูปที่ 3.20 การออกแบบและการเชื่อมต่อท่อ	87
รูปที่ 3.21 การเพิ่มเซนเซอร์ตรวจวัด 4 ชนิด	88
รูปที่ 3.22 การเพิ่มก๊อกเปิด - ปิดน้ำ	89
รูปที่ 3.23 ภาพรวมการประกอบแบบจำลองระบบทั้งหมด	90

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบัน เครื่องกรองน้ำได้กลายเป็นอุปกรณ์สำคัญในชีวิตประจำวัน เนื่องจากช่วยลดการปนเปื้อนของสิ่งสกปรกและสารเคมีในน้ำดื่ม อย่างไรก็ตาม ผู้ใช้งานทั่วไปไม่สามารถตรวจสอบคุณภาพของน้ำที่กรองได้ด้วยตาเปล่า และไม่สามารถทราบได้ว่าไส้กรองภายในเครื่องยังคงมีประสิทธิภาพในการกรองอยู่หรือไม่ ปัญหานี้ส่งผลให้เกิดความเสี่ยงในการบริโภคน้ำที่อาจมีสิ่งปนเปื้อนตกค้าง จากไส้กรองที่เสื่อมประสิทธิภาพโดยที่ผู้ใช้งานไม่รู้ตัวซึ่งอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพในระยะยาว

ความไม่มั่นใจในคุณภาพน้ำจากเครื่องกรอง ทำให้ผู้บริโภคจำนวนมากหันไปบริโภคน้ำดื่มบรรจุขวดแทน แม้ว่าจะมีต้นทุนที่สูงกว่าและยังสร้างปัญหาขยะพลาสติกซึ่งส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่อง จากสถานการณ์ดังกล่าว สะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาระบบที่สามารถติดตามและรายงานสถานะของไส้กรอง รวมถึงประสิทธิภาพในการกรองน้ำได้แบบเรียลไทม์

การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพการทำงานของเครื่องกรองน้ำ โดยเน้นการแสดงผลสถานะและประสิทธิภาพของไส้กรองในขณะใช้งานจริง เพื่อให้ผู้บริโภคสามารถรับรู้ข้อมูลได้อย่างชัดเจนและทันท่วงที อันจะนำไปสู่การเพิ่มความมั่นใจในการใช้งาน ลดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็น และช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้น้ำขวดพลาสติกอีกด้วย

1.2 จุดมุ่งหมายโครงการ

1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของเครื่องกรองน้ำ ระบบ IoT และเกณฑ์มาตรฐานของน้ำดื่มที่ปลอดภัย
2. เพื่อออกแบบระบบตรวจสอบสถานะของเครื่องกรองน้ำโดยใช้แพลตฟอร์ม IoT Design
3. เพื่อสร้างและพัฒนาระบบที่สามารถตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำได้แบบเรียลไทม์ ได้แก่ ค่า TDS pH อัตราการไหล และแรงดันน้ำ
4. เพื่อทดสอบการทำงานของระบบตรวจสอบคุณภาพเครื่องกรองน้ำ

1.3 สมมติฐานของการจัดทำโครงการ

1. ระบบสามารถตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำ ได้แก่ TDS pH อัตราการไหล และแรงดันน้ำ ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ
2. ระบบสามารถแสดงผลแบบเรียลไทม์ผ่านแพลตฟอร์ม IoT Design ได้อย่างเสถียร
3. ระบบสามารถแจ้งเตือนผู้ใช้งานเมื่อคุณภาพน้ำต่ำกว่ามาตรฐานหรือใส่กรองเสื่อมประสิทธิภาพ
4. การพัฒนาระบบนี้ช่วยลดต้นทุนและเพิ่มความมั่นใจในคุณภาพน้ำดื่มของผู้บริโภค

1.4 ขีดความสามารถโครงการ

โครงการนี้มีความสามารถดังนี้

1. ตรวจวัดค่า TDS pH Flow Sensor Water Pressure ได้
2. แสดงผลข้อมูลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน
3. แจ้งเตือนเมื่อค่าที่ตรวจวัดน้ำต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน และประมาณระยะเวลาการเปลี่ยนไส้กรอง
4. บันทึกและเรียกดูค่าย้อนหลังได้

1.5 ขั้นตอนการทำโครงการ

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับ IoT Design
2. ศึกษาข้อมูล Sensor และ การทดสอบ Sensor
3. ศึกษากระบวนการกรองน้ำ
4. เชื่อมต่อและเพิ่ม Modal Sensor
5. ออกแบบ Dashboard แสดงผลข้อมูล
6. ทดลองวัด
7. ทำ Smart sensor
8. เก็บรายละเอียดชิ้นงาน
9. วิเคราะห์ผลที่ได้รับ ตรวจสอบปัญหาและแก้ไข
10. จัดทำเล่มปริญญานิพนธ์

1.6 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่าง ๆ เพื่อสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจ ในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหา ดังต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา จุดมุ่งหมายของโครงการ สมมติฐานของการจัดการโครงการ ชี้ความสามารถของโครงการ ขั้นตอนการทำโครงการ และเนื้อหาในบทต่าง ๆ โดยสังเขป

บทที่ 2 ประกอบด้วยทฤษฎีต่าง ๆ เกี่ยวกับ เครื่องมือในการใช้งาน IoT Design ข้อมูลการศึกษาเครื่องกรองน้ำ ข้อมูลการศึกษา Sensor

บทที่ 3 ประกอบด้วยการออกแบบ Dashboard แสดงข้อมูล และการติดตั้ง ubuntu การติดตั้ง IoT Design และการใช้งาน IoT Design การออกแบบ Modal ระบบตรวจสอบคุณภาพเครื่องกรองน้ำ

บทที่ 4 ประกอบด้วยการทดสอบและผลการทดสอบ การเขียนโปรแกรมทดสอบ Sensor pH Sensor และ TDS Sensor

บทที่ 5 ประกอบไปด้วยการสรุปผลการจัดทำโครงการ ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางแก้ไขปัญหา

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

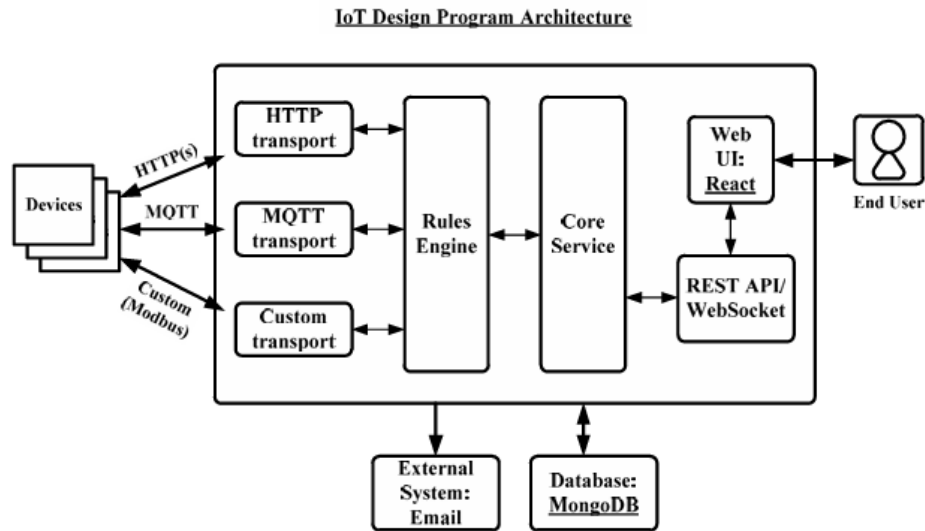
2.1 กล่าวนำ

การวิจัยเรื่อง ระบบตรวจสอบคุณภาพเครื่องกรองน้ำ โดย IoT Design ปัจจุบัน IoT ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญมากขึ้น โดยเฉพาะในการตรวจสอบและควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ภายในบ้านแบบอัจฉริยะ โครงการนี้ได้นำแนวคิดของ IoT มาประยุกต์ใช้และพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพเครื่องกรองน้ำ เนื้อหาของปริญญานิพนธ์ในบทนี้เป็นทฤษฎีและหลักการที่จะนำมาใช้ประกอบการสร้างโครงงานโดยผู้จัดทำโครงงานรวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้องในการจัดทำโครงงาน ดังต่อไปนี้

2.2 แนวคิดเกี่ยวกับ IoT Design และ Internet of Things (IoT)

2.2.1 IoT Design Platform

IoT Design หรือแพลตฟอร์มสำหรับพัฒนา IoT ที่สามารถ สร้างซอฟต์แวร์ จัดเก็บ ประมวลผล นำเสนอ ข้อมูลจากเซ็นเซอร์หรืออุปกรณ์ที่ใช้งานโซลูชันต่างๆ สำหรับภาคอุตสาหกรรมและภาคครัวเรือนได้แก่ โรงงาน อุตสาหกรรม พลังงาน เกษตรอัจฉริยะ เป็นต้น โดยโปรแกรมมีส่วนแสดงผลผ่านทาง Web browser ในตัวบริหารจัดการอุปกรณ์ผ่านอินเทอร์เน็ต ด้วยโพรโตคอลมาตรฐานอุตสาหกรรม ได้แก่ MODBUS (Serial/TCP) ที่ติดตั้งบนระบบปฏิบัติการ Linux แบบ UBUNTU 20.04 LTS โปรแกรมถูกพัฒนาขึ้นด้วย MERN stack framework ซึ่งเป็น framework สำหรับสร้างและพัฒนาเว็บไซต์โดยใช้ภาษา JavaScript ที่ ประกอบด้วย MongoDB (M) สำหรับสนับสนุนระบบฐานข้อมูล (Database), Express (E) สำหรับสนับสนุนระบบจัดการ เว็บไซต์ (Backend), React (R) สำหรับสนับสนุนส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (Frontend) และ Node.js (N) สำหรับ ประสานงาน (Runtime) กับ Frontend ที่ Backend และมีโครงสร้างสถาปัตยกรรมของโปรแกรม ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างสถาปัตยกรรมของโปรแกรม IoT Design

จากรูปที่ 2.1 สามารถอธิบายรายละเอียดดังนี้

1. ข้อมูลจากอุปกรณ์ (Devices) จะสื่อสารกับโปรแกรม IoT Design ผ่านทางโปรโตคอลมาตรฐาน ได้แก่ HTTP(s) MQTT และ Modbus
2. โปรแกรม IoT Design จะมี Transport Components ประเภท HTTP(s) MQTT และ Modbus ซึ่งจะมี API ของอุปกรณ์สำหรับส่งข้อมูลต่อไปยัง Rule Engine
3. Rule Engine มีหน้าที่รับผิดชอบสำหรับการประมวลผลข้อมูลที่ได้รับเข้ามา ทำให้สามารถกรอง ปรับปรุง และปรับเปลี่ยนข้อมูลจากอุปกรณ์ IoT ก่อนที่จะส่งต่อไปยังส่วนของ Core Service
4. Core Service มีหน้าที่รับผิดชอบในการตอบสนองต่อ REST API Calls WebSocket Subscription ของข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจสอบระยะไกลและคุณสมบัติที่เปลี่ยนไป รวมถึงการตรวจสอบ (Monitor) สถานะการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ โดย IoT Design ใช้ Server-side API ได้แก่ gRPC Socket.IO และ REST Client และส่งต่อไปยัง Web UI เพื่อแสดงผล
5. Web UI ของโปรแกรมถูกสร้างขึ้นด้วย React ซึ่งเป็น Web Framework สำหรับสร้างส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface) เพื่อสื่อสารและแสดงผลไปยังผู้ใช้ปลายทาง
6. โปรแกรม IoT Design ยังสามารถส่งข้อความจาก Rule Engine ไปยังระบบ Email เพื่อแจ้งเตือนในกรณีที่เกิดความผิดปกติขึ้น

7. โปรแกรม IoT Design มีระบบฐานข้อมูลที่ใช้ MongoDB ซึ่งเป็นระบบฐานข้อมูลแบบ NoSQL สำหรับจัดเก็บข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสนามและข้อมูลอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นจากการประมวลผล โดยฐานข้อมูลดังกล่าวสามารถติดตั้งได้ทั้งใน Server ภายใน (On-premise) และบน Cloud Server

โปรแกรม IoT Design สามารถทำงานได้กับระบบปฏิบัติการ Ubuntu เวอร์ชัน 20.04 LTS ซึ่งสามารถติดตั้งได้บนฮาร์ดแวร์ทั้งแบบ ARM และ x86 เช่น Raspberry Pi และ PC โดยโปรแกรมมีการตั้งค่าสำหรับเชื่อมต่อและสื่อสารกับเซนเซอร์ผ่านทางโพรโทคอลมาตรฐานของ IoT ได้แก่ MODBUS (RS485, TCP) MQTT และ REST

นอกจากนี้ โปรแกรมยังมีเครื่องมือสำหรับพัฒนาหน้าแสดงผล (Dashboard) ที่ใช้งานได้ง่าย และสามารถทำงานได้ทั้งบนระบบ Cloud และระบบภายในองค์กร (On-Premise) โดยมีความสามารถดังนี้

1. รวบรวม จัดเก็บ และวิเคราะห์ข้อมูลที่ตรวจจับสนาม (Telemetry Data Collection)
2. ควบคุมอุปกรณ์ปลายทางแบบ On-Off และตั้งค่าพารามิเตอร์ของอุปกรณ์ได้
3. เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ผ่านการเชื่อมต่อมาตรฐาน เช่น Ethernet RS485 เป็นต้น
4. ออกแบบและสร้าง Dashboard แบบ Dynamic และ Responsive เพื่อแสดงผลการทำงานของอุปกรณ์ (Data Visualization) แบบ Real-time ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น แผนภูมิ (Charts) เกจ (Gauges) หลอดไฟ (LEDs) ตาราง (Tables) เป็นต้น
5. บริหารจัดการอุปกรณ์ (Device Management) เช่น เพิ่มหรือลบอุปกรณ์ ดูข้อมูลของอุปกรณ์ ข้อมูลตรวจจับสนาม ข้อมูลการแจ้งเตือน (Alarms) และข้อมูลเหตุการณ์ (Events)
6. สร้างและบริหารจัดการการแจ้งเตือน (Alarms) ที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ผ่านอีเมล เช่น กรณีอุปกรณ์ขาดการติดต่อ หรือไม่ทำงาน
7. สร้างรายงานสรุปการทำงานของอุปกรณ์ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น .xls .csv .png .svg เป็นต้น
8. สนับสนุนสถาปัตยกรรมแบบ Microservices ซึ่งสามารถขยายขีดความสามารถของระบบได้ (Scalability)

2.2.2 การติดตั้งระบบ IoT Design

การติดตั้งแพลตฟอร์ม IoT Design สามารถทำได้ผ่านคำสั่งบนระบบปฏิบัติการ Linux โดยใช้คำสั่ง

```
curl -fsSL -k -X POST https://iotdesign.kmitl.ac.th:3300/files\_download/kmitl\_arm.sh |  
sudo bash -
```

คำสั่งนี้จะดาวน์โหลดและติดตั้งสคริปต์สำหรับใช้งานระบบ IoT Design โดยอัตโนมัติ เมื่อการติดตั้งเสร็จสิ้นสามารถเข้าสู่ระบบได้ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ด้วยบัญชีผู้ใช้ (User / Admin)

2.2.2.1 ส่วนประกอบและฟีเจอร์หลักของระบบ

แพลตฟอร์ม IoT Design ประกอบด้วยโมดูลการทำงานหลัก ดังนี้

1. Dashboard

ส่วนแสดงผลแบบเรียลไทม์ (Real-time Dashboard) ใช้สำหรับแสดงข้อมูลจากเซนเซอร์ในรูปแบบกราฟ ตัวเลข หรือแผนภูมิ ผู้ใช้สามารถออกแบบและจัดวางองค์ประกอบของแต่ละบอร์ดได้เอง เช่น แสดงกราฟค่า TDS pH หรือแรงดันน้ำของเครื่องกรองน้ำ

2. Trends

เป็นหน้าสำหรับการดึงข้อมูลย้อนหลัง (Historical Data) และแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าที่ตรวจวัดเพื่อใช้ในการวิเคราะห์เชิงสถิติหรือคาดการณ์การเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ เช่น แนวโน้มค่า TDS เพิ่มขึ้นแสดงถึงประสิทธิภาพการกรองที่ลดลง

3. Alarm

ใช้สำหรับแสดงการแจ้งเตือน (Notification) เมื่อค่าที่ตรวจวัดเกินหรือผิดจากเกณฑ์มาตรฐาน ผู้ใช้สามารถตั้งค่าการแจ้งเตือน เช่น ส่งเสียงเตือน หรือสั่งให้ Actuator ทำงานอัตโนมัติ เช่น ปิดวาล์วน้ำ

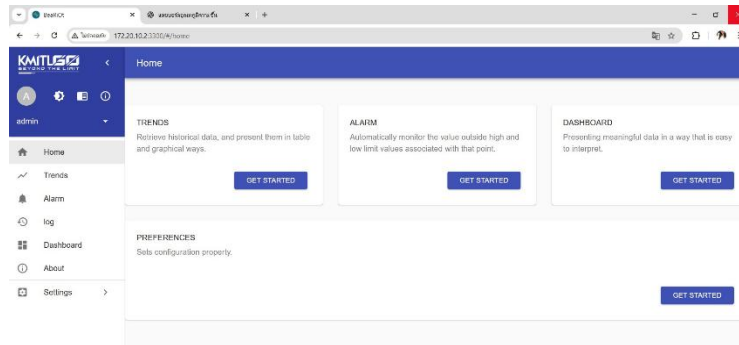
4. Log

เป็นระบบบันทึกข้อมูลเหตุการณ์ (System Log) ที่เก็บข้อมูลย้อนหลังเกี่ยวกับการทำงานของอุปกรณ์ การแจ้งเตือน และการเปลี่ยนแปลงค่าต่าง ๆ เพื่อให้สามารถตรวจสอบและวิเคราะห์ย้อนหลังได้

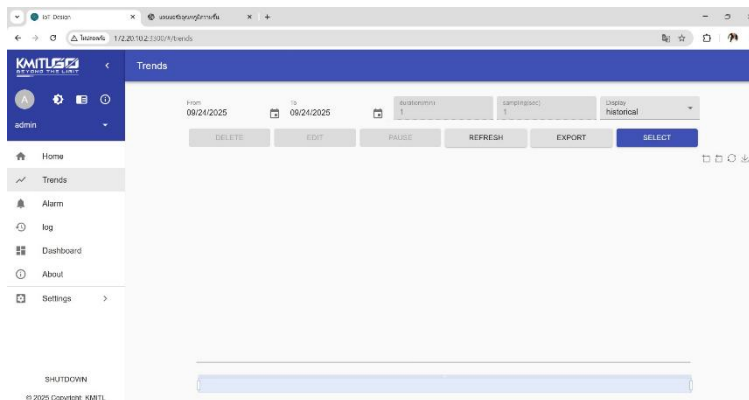
5. Preferences / Settings

หน้าการตั้งค่าระบบ ใช้สำหรับปรับแต่งค่าการทำงานของแพลตฟอร์ม เช่น การเปลี่ยนธีม (Theme) ของ Dashboard การกำหนดชื่ออุปกรณ์ และค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ภายในระบบ

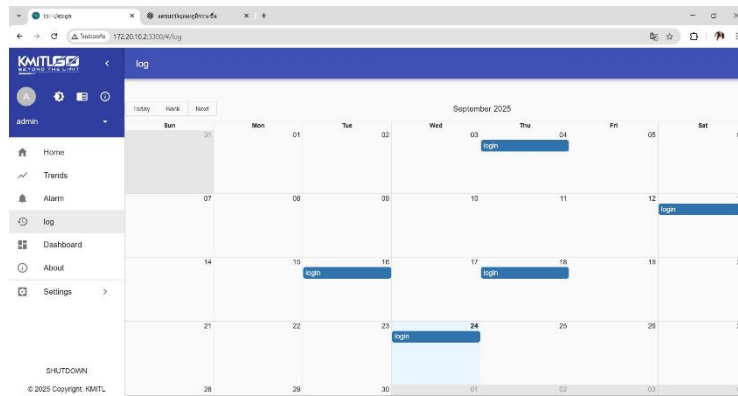
ตัวอย่างโปรแกรม IoT Design แสดงไว้ใน รูปที่ 2.2 รูปที่ 2.3 รูปที่ 2.4 รูปที่ 2.5 และ รูปที่ 2.6



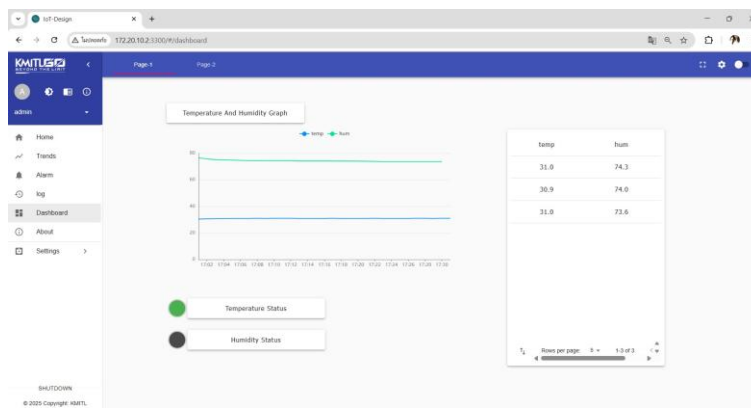
รูปที่ 2.2 โครงสร้างสถาปัตยกรรมของโปรแกรม IoT Design



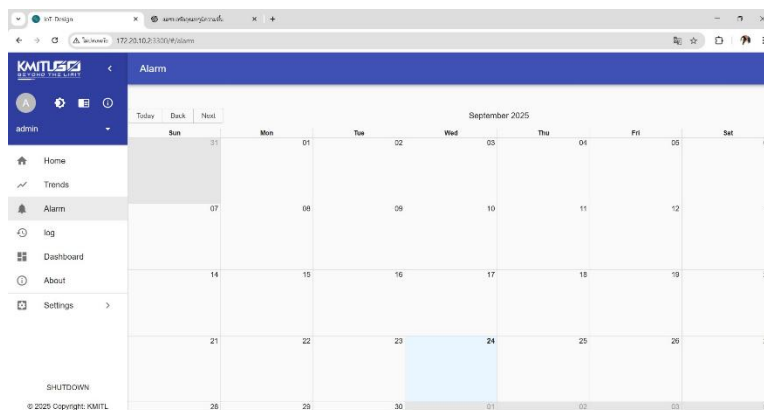
รูปที่ 2.3 โครงสร้างสถาปัตยกรรมของโปรแกรม IoT Design



รูปที่ 2.4 โครงสร้างสถาปัตยกรรมของโปรแกรม IoT Design



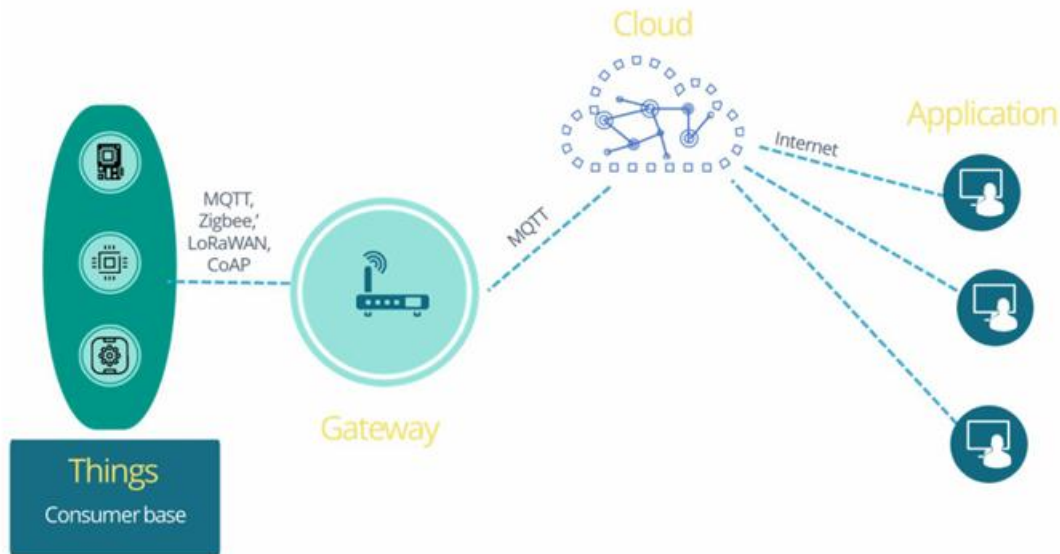
รูปที่ 2.5 โครงสร้างสถาปัตยกรรมของโปรแกรม IoT Design



รูปที่ 2.6 โครงสร้างสถาปัตยกรรมของโปรแกรม IoT Design

2.2.3 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) หรืออินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง คือแนวคิดของการเชื่อมต่ออุปกรณ์ในชีวิตประจำวันผ่านทางอินเทอร์เน็ต และอนุญาตให้ส่ง รับ และประมวลผลข้อมูล อุปกรณ์เหล่านี้จะต่อกับเซนเซอร์ ซอฟต์แวร์ และเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่สามารถติดต่อสื่อสารและตอบสนองกับอุปกรณ์และระบบผ่านอินเทอร์เน็ต ซึ่งจะสามารถตรวจสอบและควบคุมผ่านทางไกล เพิ่มประสิทธิภาพ ความแม่นยำและเกิดประโยชน์ในเชิงเศรษฐศาสตร์



รูปที่ 2.7 สถาปัตยกรรมของระบบ IoT (IoT Architecture)

รูปที่ 2.7 แสดงสถาปัตยกรรมของระบบ IoT ซึ่งประกอบด้วย IoT Device (Things), IoT Gateway, IoT Cloud และ Application โดยมีรายละเอียดดังนี้

IoT Devices เป็นอุปกรณ์ประเภทเซนเซอร์ คอนโทรลเลอร์ และแอกทูเอเตอร์ต่าง ๆ ที่ทำหน้าที่ตรวจวัดค่าต่าง ๆ ที่ต้องการ monitor โดยการส่งข้อมูลที่วัดได้ไปยัง gateway อุปกรณ์หรือ Things ที่เชื่อมต่อในระบบ IoT นั้นจะเป็นอุปกรณ์ประเภททั่วไป (consumer base) ได้แก่ อุปกรณ์ควบคุมภายในบ้านเพื่อความสะดวกสบาย หรืออุปกรณ์ที่สวมใส่ติดตัว เช่น Smart watch, Smart band

IoT Gateway ทำหน้าที่เป็นตัวกลางออกสู่อินเทอร์เน็ตสำหรับ IoT Devices ทั้งหมดที่ต้องการผลตอบสนอง ซึ่ง Gateway จะทำหน้าที่เป็นพาหะระหว่างเครือข่ายภายในของเซนเซอร์กับเครือข่ายภายนอกหรืออินเทอร์เน็ต ซึ่งเน้นเป็นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานต่ำ มีการเชื่อมต่อหรือการสื่อสารที่หลากหลาย เช่น Zigbee, Lora WAN โดยจะเป็นอุปกรณ์ราคาถูกและมีความยืดหยุ่น ใช้งานได้หลายประเภท อย่างไรก็ดี ในบางระบบของ IoT อุปกรณ์

Gateway อาจไม่มีความจำเป็น เนื่องจาก IoT Devices สามารถส่งสัญญาณไปยัง Cloud ได้โดยตรงโดยไม่ผ่าน Gateway [10]

IoT Cloud เป็นเซิร์ฟเวอร์ที่ทำหน้าที่เก็บและประมวลผลข้อมูลที่ส่งมาจาก Gateway หรือ IoT Devices ข้อมูลที่ประมวลผลแล้วจะถูกนำไปใช้ให้เกิดผลที่ทำให้อุปกรณ์มีความชาญฉลาดขึ้น ซึ่งการวิเคราะห์และตัดสินใจจะเกิดขึ้นที่ IoT Cloud โดยคำนึงถึงความสะดวกสบายของผู้ใช้งาน

Application เป็นส่วนช่วยให้ผู้ใช้สามารถควบคุมและตรวจสอบอุปกรณ์ทางไกลผ่านทางอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น โทรศัพท์มือถือ หรือคอมพิวเตอร์ โดยข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์แล้วจะสามารถแสดงผลในรูปแบบกราฟ กราฟแท่ง และอื่น ๆ ในลักษณะที่ใช้งานได้ง่าย

โดยการประยุกต์ใช้งาน IoT มีตัวอย่างดังนี้

1. การใช้งานในชีวิตประจำวัน (Consumer Application) ได้แก่ ระบบอัตโนมัติภายในบ้าน (Home Automation), เทคโนโลยีสำหรับแพทย์, สุขภาพ และเครื่องใช้ในบ้าน
2. บ้านอัจฉริยะ (Smart Home) ได้แก่ ระบบไฟฟ้า ระบบความร้อน ระบบแอร์ มีเดีย กล้องวงจรปิด และอื่น ๆ
3. ขนส่ง (Transportation) พบว่ามีการประยุกต์ใช้ IoT ในแทบทุกด้านของระบบขนส่ง ได้แก่ การใช้กล้องตรวจจับความเร็วของรถ
4. สุขภาพ (Medical and Healthcare) ได้แก่ อุปกรณ์สำหรับตรวจสอบสุขภาพของผู้ใช้

2.2.4 ความแตกต่างระหว่าง IoT Design กับ Internet of Things (IoT)

แนวคิดของ IoT Design และ Internet of Things (IoT) จะมีความเกี่ยวข้องกันโดยตรง แต่ทั้งสองแนวคิดมี ขอบเขตและวัตถุประสงค์ในการใช้งานที่แตกต่างกัน ดังนี้

1. ขอบเขตและวัตถุประสงค์ของระบบ

1.1 Internet of Things (IoT)

เป็นแนวคิดระดับสากลที่กล่าวถึง “การเชื่อมต่ออุปกรณ์ทุกชนิดเข้ากับอินเทอร์เน็ต” เพื่อให้สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันได้แบบอัตโนมัติ อุปกรณ์ในระบบ IoT มักประกอบด้วยเซนเซอร์ ตัวกระทำ

(Actuator) และระบบเครือข่ายที่สามารถสื่อสารกันได้ โดยมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ความสะดวก และลดต้นทุนในชีวิตประจำวัน เช่น บ้านอัจฉริยะ ระบบขนส่งอัจฉริยะ หรือระบบสุขภาพอัจฉริยะ

1.2 IoT Design

เป็นแพลตฟอร์มหรือเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อนำแนวคิด IoT มาประยุกต์ใช้จริงในเชิงปฏิบัติ โดยเฉพาะในด้านการศึกษาและการวิจัยภายในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ เจ้าคุณทหารลาดกระบัง (KMITL) เพื่อให้นักศึกษาและนักวิจัยสามารถสร้างระบบ IoT ต้นแบบได้ครบวงจร ตั้งแต่การเก็บข้อมูลจากเซนเซอร์ การประมวลผล การแสดงผลบนแดชบอร์ด การแจ้งเตือนและควบคุมอุปกรณ์

2. ลักษณะการทำงานของระบบ

1. IoT มุ่งเน้นไปที่ “แนวคิดและโครงสร้างโดยรวมของระบบเชื่อมต่ออัจฉริยะ” ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 องค์ประกอบ ได้แก่ IoT Device (Things), IoT Gateway, IoT Cloud และ Application โดยแต่ละส่วนสามารถออกแบบได้หลากหลายตามวัตถุประสงค์ของโครงการหรือองค์กรนั้น ๆ
2. IoT Design มุ่งเน้น “การสร้างและบริหารจัดการระบบจริง” ภายใต้แพลตฟอร์มเดียว โดยผู้ใช้งานสามารถออกแบบแดชบอร์ด แสดงข้อมูลแบบเรียลไทม์ ดูแนวโน้มย้อนหลัง ตั้งค่าการแจ้งเตือน และควบคุมอุปกรณ์ได้โดยไม่ต้องเขียนระบบทั้งหมดเอง

3. การนำไปใช้งาน

IoT ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในหลากหลายอุตสาหกรรม เช่น

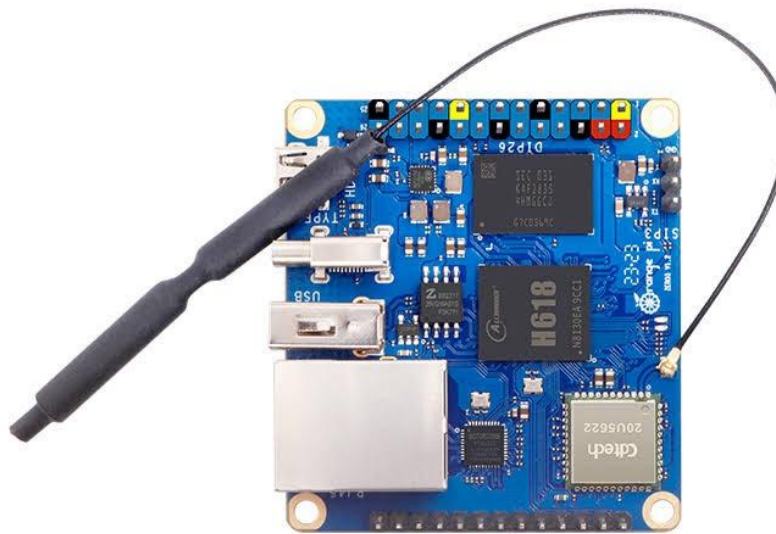
- Smart Home: ระบบไฟฟ้า เครื่องใช้ไฟฟ้า และกล้องวงจรปิดที่ควบคุมผ่านอินเทอร์เน็ต
- Transportation: การใช้เซนเซอร์ตรวจจับความเร็วของรถหรือควบคุมการจราจร
- Healthcare: อุปกรณ์ติดตามสุขภาพ เช่น Smart Watch หรือ Smart Band
- IoT Design ถูกนำมาใช้เพื่อ “สร้างต้นแบบระบบ IoT จริง” ภายในห้องทดลองหรือโครงการนักศึกษา เช่น ระบบตรวจสอบคุณภาพน้ำ ระบบควบคุมเครื่องกรองน้ำ หรือ ระบบตรวจวัดสิ่งแวดล้อม โดยอาศัยบอร์ด ESP32 หรือ Orange Pi และเชื่อมต่อกับ IoT Design Cloud เพื่อเก็บ ประมวลผล และแสดงผลข้อมูลผ่านแดชบอร์ด

2.2.5 ORANGE PI ZERO 3

Orange Pi คือคอมพิวเตอร์บอร์ดเดี่ยว (Single Board Computer – SBC) ที่ถูกพัฒนาโดยบริษัท Shenzhen Xunlong Software Co., Ltd. จากประเทศจีน บริษัทนี้ก่อตั้งขึ้นเพื่อผลิตบอร์ดคอมพิวเตอร์ราคาประหยัดที่เปิดเผยซอร์ส (Open-Source Hardware) คล้ายแนวคิดเดียวกับ Raspberry Pi ของสหราชอาณาจักรแต่ต้องการให้ผู้ใช้งานทั่วโลกสามารถเข้าถึงบอร์ดที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าในราคาถูกลง โดยเฉพาะในงาน IoT (Internet of Things) และงานวิจัยด้าน Embedded System

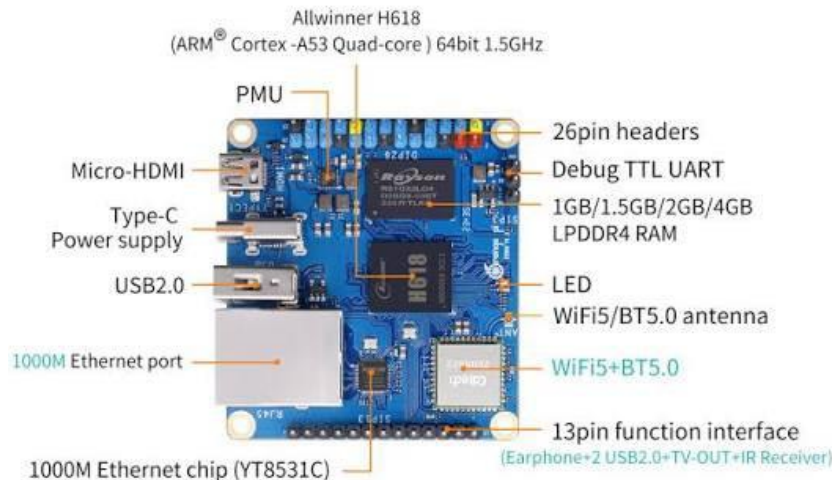
จุดเริ่มต้นของแบรนด์ Orange Pi เริ่มราว ปี 2014 เมื่อ Xunlong ประกาศเปิดตัวบอร์ดรุ่นแรกที่ใช้ชิป Allwinner ซึ่งเป็นผู้ผลิต SoC รายใหญ่ของจีน แนวคิดหลักคือ “สร้างบอร์ดคอมพิวเตอร์ราคาต่ำ แต่สามารถรันระบบปฏิบัติการลินุกซ์เต็มรูปแบบ ได้เหมือนคอมพิวเตอร์จริง” ต่อมาจึงได้พัฒนาหลายรุ่น เช่น Orange Pi PC, Orange Pi Plus, Orange Pi Zero, Orange Pi 5 และ Orange Pi Zero 3 ซึ่งเป็นรุ่นล่าสุดในตระกูล Zero

บอร์ดรุ่น Orange Pi Zero 3 ออกแบบมาเพื่อเป็นบอร์ดขนาดเล็ก แต่ทรงพลัง สำหรับใช้งาน IoT และ Smart Device โดยยังคงแนวคิด “ราคาต่ำ แต่มีประสิทธิภาพสูง” รองรับทั้ง Linux และ Android และสามารถต่ออินเทอร์เน็ตได้ทั้งแบบสาย และ ไร้สาย มีพอร์ต GPIO ให้ควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เช่น เซ็นเซอร์ มอเตอร์ หรือ โมดูล ต่าง ๆ จึงเหมาะอย่างยิ่งสำหรับ นักเรียน นักศึกษา และ นักพัฒนา ที่ต้องการบอร์ดคอมพิวเตอร์ราคาถูกแต่ทำงานได้จริง



รูปที่ 2.8 บอร์ด Orange Pi Zero 3

2.2.5.1 ส่วนประกอบของ Orange Pi Zero 3



รูปที่ 2.9 ส่วนประกอบของบอร์ด Orange Pi Zero 3

บอร์ด Orange Pi Zero 3 ประกอบด้วยวงจรหลักและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลายส่วนที่ทำงานร่วมกันดังนี้ :

- 1) หน่วยประมวลผลกลาง (CPU – Central Processing Unit)
 - ใช้ชิป Allwinner H618 ซึ่งเป็น System on Chip (SoC) ที่รวมหน่วยประมวลผล ARM Cortex-A53 จำนวน 4 คอร์ (Quad Core) มีความเร็ว 1.5 GHz รองรับสถาปัตยกรรม 64-bit (AArch64)
 - ช่วยให้ประมวลผลข้อมูลได้รวดเร็วแต่ใช้พลังงานต่ำ เหมาะกับงานฝังตัวและ IoT ที่ต้องเปิดทำงานต่อเนื่องนาน ๆ
- 2) หน่วยประมวลผลกราฟิก (GPU – Graphics Processing Unit)
 - ใช้ Mali-G31 MP2 รองรับ OpenGL ES 1.0/2.0/3.2 OpenCL 2.0 และ Vulkan 1.1
 - สามารถประมวลผลภาพและวิดีโอระดับ 4K และถอดรหัสไฟล์วิดีโอ H.265 ได้ในตัว
- 3) หน่วยความจำ (RAM)
 - ใช้หน่วยความจำชนิด LPDDR4 มีหลายรุ่นย่อย คือ 1 GB, 1.5 GB, 2 GB และ 4 GB
 - เป็น RAM แบบฝังติดกับบอร์ด (On-board Memory) ทำให้การส่งข้อมูลระหว่าง CPU กับ RAM รวดเร็วและมีเสถียรภาพสูง

4) หน่วยเก็บข้อมูล (Storage)

- ไม่มี eMMC ภายใน แต่มี SPI Flash 16 MB สำหรับเก็บ bootloader และ ช่อง Micro-SD Card สำหรับติดตั้งระบบปฏิบัติการ หรือเก็บข้อมูลหลัก ผู้ใช้สามารถเปลี่ยน SD การ์ดได้ตามต้องการ เช่น เปลี่ยนจาก Ubuntu เป็น Debian หรือ Android โดยเพียงเปลี่ยน image ใน SD การ์ด

5) ระบบเชื่อมต่อเครือข่าย (Network Interface)

- Ethernet RJ-45 Port แบบ Gigabit (10/100/1000 Mbps) ใช้เชื่อมต่อเครือข่ายแบบสาย LAN ให้ความเสถียรสูงสำหรับ server ขนาดเล็ก หรือ เกตเวย์ IoT Wi-Fi 5 (802.11ac) และ Bluetooth 5.0 แบบ On-board เชื่อมต่อไร้สายได้รวดเร็ว ใช้งานได้ทั้ง Bluetooth Classic และ BLE (Bluetooth Low Energy) เหมาะกับอุปกรณ์ sensor พลังงานต่ำ

6) พอร์ต USB และ พอร์ตต่อขยาย

- USB 2.0 Type-A หนึ่งช่อง ต่ออุปกรณ์ทั่วไปเช่น แฟลชไดรฟ์ เมมส์ คีย์บอร์ด Expansion Header 13 Pin เพิ่มพอร์ต USB เพิ่มอีก 2 ช่อง รวมถึงสัญญาณ Audio Out/In TV-Out และ IR Receiver
- พอร์ต USB-C Power Input ใช้สำหรับจ่ายไฟ 5 โวลต์ กระแส 3 แอมป์

7) พอร์ตภาพและเสียง (Video / Audio Interface)

- Micro HDMI Port รองรับสัญญาณภาพสูงสุด 4K ที่ 60 เฟรมต่อวินาที CVBS (Video Out) ผ่าน 13-pin Header ใช้ต่อกับจอ AV แบบเก่าได้ Audio Output / Input แบบ Stereo ผ่าน Expansion Header

8) พอร์ต GPIO (General Purpose Input/Output)

- มี 26 Pin Header ที่รองรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ได้แก่
 - GPIO ทั่วไปสำหรับ Digital Input/Output
 - I²C Bus (3 ช่อง)
 - SPI Bus (1 ช่อง)
 - UART (2 ช่อง)
 - PWM, SPDIF, I2S สำหรับงานเสียง

สามารถกำหนดพอร์ตให้เป็น Input หรือ Output ได้ตามต้องการ

9) ระบบจ่ายไฟ (Power Supply)

- ใช้ไฟ 5 V DC ผ่าน USB-C โดยแนะนำแหล่งจ่ายที่มีกระแสอย่างน้อย 3 A เพื่อให้เพียงพอเมื่อใช้ อุปกรณ์ต่อพ่วงหลายตัว ภาคจ่ายไฟบนบอร์ดมีวงจร DC-DC Regulator แปลงแรงดันให้กับ CPU, RAM และอุปกรณ์ภายในอย่างเสถียร

10) ขนาดและโครงสร้างทางกายภาพ

- ขนาดบอร์ดประมาณ 55 × 50 มิลลิเมตร เล็กมาก จึงติดตั้งได้ในพื้นที่จำกัด ตัวบอร์ดเป็น PCB 4 ชั้น เคลือบสารป้องกันการออกซิเดชัน มีรู Mount 4 รู สำหรับยึดเข้ากับเคสหรือแผ่นรอง

2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการสร้างและพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพเครื่องกรองน้ำ

2.3.1 Ubuntu



รูปที่ 2.10 สัญลักษณ์ Ubuntu

Ubuntu เป็นระบบปฏิบัติการในตระกูลลินุกซ์ (Linux Distribution) ที่พัฒนาต่อยอดจาก Debian โดยบริษัท Canonical Ltd. มีจุดเด่นด้านความเสถียร ความปลอดภัย และเป็นซอฟต์แวร์แบบเปิดเผยซอร์สโค้ด (Open Source) ซึ่งได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในทั้งเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เซิร์ฟเวอร์ และอุปกรณ์ฝังตัว (Embedded System) เช่น บอร์ด Orange Pi สำหรับงานด้านระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) มักนิยมใช้ Ubuntu Server ซึ่งเป็นรุ่นที่ไม่มีส่วนติดต่อผู้ใช้แบบกราฟิก (Graphical User Interface: GUI) เพื่อให้ระบบมีความเบา ใช้ทรัพยากรน้อย และสามารถทำงานในสภาพแวดล้อมแบบ Headless (ไม่มีจอแสดงผล) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1. โครงสร้างพื้นฐานของระบบ Ubuntu

1. ลิ눙ค์เคอร์เนล (Linux Kernel)

ลินุกซ์เคอร์เนลเป็นส่วนสำคัญของระบบปฏิบัติการ ทำหน้าที่เป็นตัวกลางระหว่างฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ โดยจัดการทรัพยากรต่าง ๆ ได้แก่ หน่วยประมวลผลกลาง (CPU Scheduling) หน่วยความจำ (Memory Management) ระบบแฟ้มข้อมูล (File System) อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต (I/O Device) และระบบเครือข่าย (Networking) ในบอร์ด Orange Pi รุ่นที่ใช้สถาปัตยกรรม ARM เช่น Orange Pi Zero 3 มักใช้เคอร์เนลที่ปรับแต่งให้เหมาะสมกับหน่วยประมวลผล ARM Cortex-A53 เพื่อรองรับการทำงานร่วมกับอุปกรณ์ต่อพ่วงและอินเทอร์เฟซต่าง ๆ เช่น GPIO, SPI, I2C และ UART

2. เชลล์ (Shell)

เชลล์เป็นโปรแกรมที่ทำหน้าที่เป็นส่วนติดต่อระหว่างผู้ใช้กับระบบปฏิบัติการ โดยผู้ใช้สามารถป้อนคำสั่ง (Command) เพื่อควบคุมระบบ เช่น การจัดการไฟล์ การติดตั้งซอฟต์แวร์ หรือการตั้งค่าระบบ ใน Ubuntu Server จะใช้ Bash (Bourne Again Shell) เป็นเชลล์หลัก

2. โครงสร้างระบบแฟ้ม (Filesystem Hierarchy)

ระบบปฏิบัติการลินุกซ์ใช้มาตรฐานโครงสร้างไดเรกทอรีตาม FHS (Filesystem Hierarchy Standard) ซึ่งช่วยให้การจัดเก็บไฟล์มีระบบระเบียบ ตัวอย่างโครงสร้างหลักได้แก่

ไดเรกทอรี	หน้าที่
/	รากของระบบแฟ้มทั้งหมด
/bin	เก็บโปรแกรมคำสั่งพื้นฐาน เช่น ls, cp, rm
/boot	เก็บไฟล์สำหรับการเริ่มต้นระบบ เช่น Kernel และ Bootloader
/etc	เก็บไฟล์กำหนดค่าของระบบ
/home	พื้นที่เก็บข้อมูลของผู้ใช้แต่ละคน
/lib	เก็บไฟล์ไลบรารีที่จำเป็นสำหรับระบบ
/var	เก็บข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงบ่อย เช่น log และไฟล์ชั่วคราว

3. กระบวนการเริ่มต้นระบบ (Boot Process)

เมื่อเปิดเครื่อง Orange Pi กระบวนการบูตจะประกอบด้วยขั้นตอนหลักดังนี้

1. Bootloader (U-Boot) ทำหน้าที่โหลดเคอร์เนลจากพื้นที่จัดเก็บ เช่น microSD หรือ eMMC
2. Kernel Initialization เคอร์เนลจะเริ่มต้นโมดูลและไดรเวอร์ของฮาร์ดแวร์
3. Systemd Initialization ระบบ systemd จะเรียกใช้งานบริการ (Service) ต่าง ๆ เช่น Network, SSH, และ File System Mount
4. Login Shell ผู้ใช้เข้าสู่ระบบเพื่อใช้งานผ่านเทอร์มินัล

4. การจัดการผู้ใช้และสิทธิ์การเข้าถึง

Ubuntu เป็นระบบปฏิบัติการแบบหลายผู้ใช้ (Multi-user System) โดยมีผู้ดูแลระบบ (root) ที่มีสิทธิ์สูงสุด และผู้ใช้ทั่วไปที่สามารถใช้งานได้ขอบเขตจำกัด คำสั่ง sudo ใช้เพื่อมอบสิทธิ์ชั่วคราวให้ผู้ใช้สามารถดำเนินการในระดับผู้ดูแลระบบได้ นอกจากนี้ การกำหนดสิทธิ์ของไฟล์และไดเรกทอรีจะใช้รูปแบบ rwx (read, write, execute) เพื่อควบคุมการเข้าถึงของผู้ใช้และกลุ่ม

5. การจัดการเครือข่าย

Ubuntu Server ใช้ระบบจัดการเครือข่ายแบบ Netplan ซึ่งสามารถตั้งค่าได้ผ่านไฟล์ในไดเรกทอรี /etc/netplan/ เช่น การกำหนดให้รับ IP อัตโนมัติผ่าน DHCP หรือการตั้งค่า IP แบบคงที่ (Static IP) การตรวจสอบสถานะเครือข่ายสามารถทำได้โดยใช้คำสั่ง ดังนี้

```
ip addr show
ping 8.8.8.8
```

6. การจัดการซอฟต์แวร์ด้วย APT (Advanced Packaging Tool)

Ubuntu ใช้ระบบจัดการแพ็คเกจชื่อ APT เพื่ออำนวยความสะดวกในการติดตั้ง อัปเดต และถอนการติดตั้งซอฟต์แวร์ ตัวอย่างคำสั่งที่ใช้บ่อย ดังนี้

```
sudo apt update
sudo apt upgrade
sudo apt install <ชื่อแพ็คเกจ>
```

ระบบจะดึงแพ็คเกจจากคลังซอฟต์แวร์ (Repository) ที่ได้รับการตรวจสอบความปลอดภัยจาก Canonical

7. การจัดการบริการด้วย Systemd

systemd เป็นระบบบริหารจัดการบริการ (Service Manager) ที่ทำงานตั้งแต่กระบวนการเริ่มต้นจนถึงการหยุดระบบ ตัวอย่างคำสั่งพื้นฐานคือ

```
sudo systemctl status ssh
sudo systemctl start ssh
sudo systemctl enable ssh
```

คำสั่งเหล่านี้ใช้ในการตรวจสอบสถานะ เริ่มต้น และตั้งค่าให้บริการเริ่มอัตโนมัติเมื่อบูตระบบ

8. การเข้าถึงและควบคุมฮาร์ดแวร์

Ubuntu Server รองรับการเข้าถึงอุปกรณ์ต่อพ่วงต่าง ๆ เช่น

1. GPIO (General Purpose Input/Output) สำหรับการควบคุมสัญญาณดิจิทัล
2. I2C / SPI สำหรับการสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์ภายนอก
3. UART สำหรับการสื่อสารแบบอนุกรม

ผู้ใช้สามารถเข้าถึงอุปกรณ์เหล่านี้ผ่านไฟล์ภายใต้ /dev/ หรือใช้ไลบรารีเสริม เช่น libgpiod, i2c-tools, และ pyserial

9. การเชื่อมต่อแบบระยะไกล (SSH Access)

เพื่อความสะดวกในการควบคุมบอร์ดแบบไม่มีจอ ผู้ใช้สามารถเชื่อมต่อผ่านโปรโตคอล SSH โดยติดตั้งบริการด้วยคำสั่ง

```
sudo apt install openssh-server
sudo systemctl enable ssh
```

จากนั้นสามารถเข้าสู่ระบบจากคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นผ่านคำสั่ง

```
ssh orangeipi@<ip-address>
```

2.3.2 SketchUp



รูปที่ 2.11 สัญลักษณ์ SketchUp

SketchUp เป็นโปรแกรมช่วยออกแบบและสร้างแบบจำลองสามมิติ (3D Modeling) ที่ใช้งานง่ายและได้รับความนิยมสูงในวงการสถาปัตยกรรม วิศวกรรม และการออกแบบผลิตภัณฑ์ พัฒนาโดยบริษัท Trimble Inc. (เดิมเป็นของ Google Inc.) จากประเทศสหรัฐอเมริกา เปิดตัวครั้งแรกในปี ค.ศ. 2000 (พ.ศ. 2543) จุดเด่นของ SketchUp คือความเรียบง่ายในการใช้งาน แต่สามารถสร้างแบบจำลองที่ซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เหมาะทั้งสำหรับผู้เริ่มต้นและมีอาชีพ

โปรแกรมนี้ถูกออกแบบมาเพื่อให้ผู้ใช้สามารถ “วาด” และ “ปั้น” แบบจำลองในลักษณะ 3 มิติ ได้เหมือนการวาดด้วยมือบนกระดาษ แต่มีความแม่นยำทางเรขาคณิต รองรับงานออกแบบหลากหลายประเภท เช่น

สถาปัตยกรรม อาคารบ้านเรือน การตกแต่งภายใน วิศวกรรมโยธา และงานออกแบบผลิตภัณฑ์ (Product Design)

1. วัตถุประสงค์ของการใช้งาน SketchUp

1. เพื่อสร้างแบบจำลอง 3 มิติของอาคาร สิ่งก่อสร้าง หรือวัตถุได้อย่างรวดเร็วและเข้าใจง่าย
2. เพื่อช่วยในการนำเสนอผลงานเชิงภาพ (Visualization) ก่อนการผลิตจริง
3. เพื่อวิเคราะห์รูปทรง มิติ และพื้นที่ของแบบจำลองได้อย่างแม่นยำ
4. เพื่อแลกเปลี่ยนไฟล์งานกับซอฟต์แวร์ CAD อื่น เช่น AutoCAD หรือ Revit ผ่านไฟล์ .DWG, .DXF, .SKP
5. เพื่อเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลวัสดุ แสง และองค์ประกอบเสริมจาก 3D Warehouse

2. วิวัฒนาการของ SketchUp

1. SketchUp 1.0 (2000) – รุ่นแรก พัฒนาโดย @Last Software
2. SketchUp 5-6 (2005–2006) – ถูกซื้อกิจการโดย Google เพิ่มฟังก์ชัน Google Earth Integration
3. SketchUp 8 (2012) – ปรับปรุงการแสดงผลและระบบวัดระยะ
4. SketchUp Pro 2013-2020 – พัฒนาโดย Trimble Inc. เพิ่มเครื่องมือ LayOut, Style Builder, และ Dynamic Components
5. SketchUp 2023 เป็นต้นไป – รองรับระบบ Cloud, AI Modeling Assistant, และการทำงานร่วมกันแบบ Real-Time

3. คุณลักษณะเด่นของ SketchUp

1. การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ (3D Modeling)
 1. ใช้หลักการ Push/Pull เพื่อดึงหรือกดพื้นผิวให้กลายเป็นวัตถุสามมิติ
 2. มีเครื่องมือพื้นฐาน เช่น Line, Arc, Rectangle, Circle, Offset, Move, Rotate, Scale
 3. รองรับการสร้างแบบจำลองจากภาพวาด 2D หรือไฟล์ CAD เดิม
2. ระบบวัดและพิกัด (Measurement & Coordinate System)

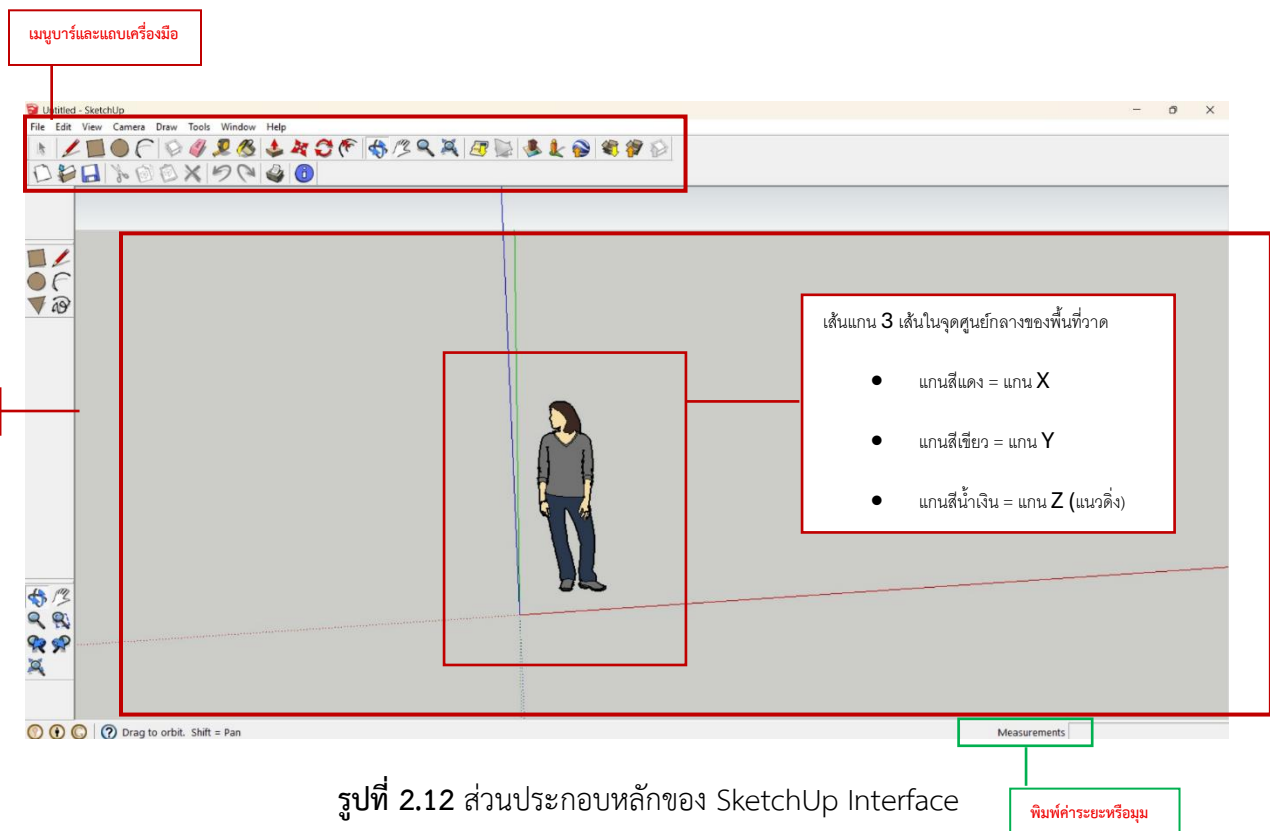
1. ใช้ระบบ Cartesian Coordinate (X, Y, Z)
2. แสดงเส้นแกนสี (แดง-เขียว-น้ำเงิน) เพื่อช่วยระบุตำแหน่งและทิศทางของวัตถุ
3. สามารถพิมพ์ค่าระยะ มุม และสัดส่วนได้โดยตรงเพื่อความแม่นยำ
3. ระบบกลุ่มและคอมโพเนนต์ (Group & Component System)
 1. ใช้สำหรับแยกส่วนของโมเดล ป้องกันไม่ให้วัตถุทับซ้อนกัน
 2. คอมโพเนนต์สามารถแก้ไขครั้งเดียวแล้วอัปเดตทุกจุดในโมเดลอัตโนมัติ
4. การจัดการเลเยอร์และแท็ก (Layer / Tag Management)
 1. แยกหมวดหมู่วัตถุตามระบบ เช่น โครงสร้าง ผนัง หลังคา เพอร์นิเจอร์
 2. สามารถซ่อน/แสดง หรือจัดการการมองเห็นของแต่ละส่วนได้อย่างอิสระ
5. การใส่ขนาดและคำอธิบาย (Dimension & Annotation)
 1. สามารถแสดงระยะ มุม พื้นที่ หรือปริมาตรได้
 2. ใส่ข้อความกำกับ จุดอ้างอิง หรือบันทึกโน้ตประกอบแบบได้ง่าย
6. การเรนเดอร์และจำลองภาพเสมือนจริง (Rendering & Visualization)
 1. รองรับการแสดงผลเงา แสง และพื้นผิว (Material)
 2. สามารถเชื่อมต่อปลั๊กอินเรนเดอร์ เช่น V-Ray, Enscape, Lumion เพื่อสร้างภาพสมจริง
 3. มีโหมด Walkthrough และ Section Cut สำหรับการนำเสนอ
7. การเชื่อมต่อกับ 3D Warehouse
 1. สามารถดาวน์โหลดโมเดลสำเร็จรูป เช่น เพอร์นิเจอร์ รถยนต์ ต้นไม้ จากคลังออนไลน์
 2. ผู้ใช้สามารถอัปโหลดและแชร์ผลงานของตนเองได้เช่นกัน
8. การทำงานแบบร่วมมือ (Collaboration)
 1. รองรับการบันทึกไฟล์บนระบบ Cloud เช่น Trimble Connect
 2. ผู้ใช้หลายคนสามารถเข้าถึงและตรวจสอบแบบเดียวกันได้

9. ระบบปลั๊กอินและส่วนขยาย (Extension System)

1. สามารถติดตั้งปลั๊กอินเพิ่มเติมจาก Extension Warehouse เช่น การวิเคราะห์แสง, การสร้างโครงสร้างไม้, หรือการเรนเดอร์ขั้นสูง
2. รองรับการเขียนสคริปต์ด้วย Ruby สำหรับงานอัตโนมัติ

4. ส่วนประกอบหลักของหน้าจอการทำงาน (SketchUp Interface)

1. Menu Bar / Toolbar รวมเครื่องมือพื้นฐาน เช่น Line, Push/Pull, Move, Orbit, Paint Bucket
2. Drawing Area พื้นที่สำหรับสร้างและจัดวางโมเดลสามมิติ
3. Measurements Box (Value Control Box) ใช้กรอกค่าระยะหรือมุมเพื่อกำหนดขนาดที่แม่นยำ
4. Status Bar แสดงคำแนะนำและข้อมูลของเครื่องมือที่กำลังใช้งาน
5. Entity Info / Tray Panel ใช้กำหนดคุณสมบัติของวัตถุ เช่น Layer, Material, Tag, หรือ Component3D Axis (Red, Green, Blue) เส้นแกนหลักแสดงทิศทางของระบบพิกัดในพื้นที่ทำงาน



2.3.3 Visual Studio Code (VS Code)



รูปที่ 2.13 สัญลักษณ์ Visual Studio Code

Visual Studio Code (VS Code) เป็นโปรแกรมแก้ไขโค้ดต้นฉบับ (Source Code Editor) ที่พัฒนาโดยบริษัท Microsoft มีจุดประสงค์เพื่อเป็นเครื่องมือที่เบา ใช้งานง่าย และสามารถปรับแต่งขยายความสามารถได้อย่างอิสระ โปรแกรมนี้จัดอยู่ในกลุ่มของซอฟต์แวร์แบบ โอเพนซอร์ส (Open Source) ซึ่งเปิดให้ผู้ใช้สามารถดาวน์โหลดไปใช้งานได้ฟรี และรองรับการทำงานบนระบบปฏิบัติการหลักทั้ง Windows, macOS, และ Linux Microsoft เปิดตัว Visual Studio Code ครั้งแรกในงาน Build Conference ปี ค.ศ. 2015 และเปิดให้ดาวน์โหลดใช้งานเวอร์ชันเสถียร (Stable Version) ครั้งแรกในปี ค.ศ. 2016

โปรแกรมนี้ถูกสร้างขึ้นบนเทคโนโลยี Electron Framework ซึ่งใช้ภาษา JavaScript, HTML, และ CSS ในการพัฒนา เพื่อให้สามารถรันเป็นโปรแกรมเดสก์ท็อปข้ามแพลตฟอร์มได้ นอกจากนี้ VS Code ยังใช้เอนจินหลักที่ชื่อว่า Monaco Editor ซึ่ง Microsoft พัฒนาเพื่อใช้ในเว็บแอปพลิเคชันและบริการออนไลน์ของตนเอง เช่น vscode.dev ภายในระยะเวลาไม่กี่ปีหลังเปิดตัว VS Code ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย และกลายเป็นเครื่องมือแก้ไขโค้ดที่ได้รับความนิยมอันดับหนึ่งของโลก จากการสำรวจของเว็บไซต์ Stack Overflow Developer Survey ต่อเนื่องหลายปีตั้งแต่ ค.ศ. 2018 เป็นต้นมา

1. วัตถุประสงค์และประโยชน์การใช้งาน

1. Visual Studio Code ถูกออกแบบมาเพื่อเป็นเครื่องมือสำหรับนักพัฒนาโปรแกรม (Programmer / Developer) โดยเฉพาะ โดยมีจุดประสงค์หลักคือ
2. ใช้เขียนและแก้ไขซอร์สโค้ดได้หลายภาษา
3. มีระบบ IntelliSense ช่วยแนะนำคำสั่งและโครงสร้างของภาษาโปรแกรม
4. มีระบบ Debugging สำหรับตรวจสอบและแก้ไขข้อผิดพลาดของโปรแกรม

5. มี Terminal ภายในโปรแกรม ทำให้สามารถรันคำสั่งหรือคอมไพล์ได้ทันที
6. รองรับการเชื่อมต่อกับ Git / GitHub สำหรับควบคุมเวอร์ชันของซอร์สโค้ด
7. รองรับการทำงานร่วมกับส่วนขยาย (Extensions) ที่เพิ่มฟังก์ชันการทำงานได้ไม่จำกัด เช่น ภาษาโปรแกรมใหม่ ๆ, อิมิ, ตัวจัดการโค้ดอัตโนมัติ ฯลฯ

2. โครงสร้างและส่วนประกอบหลักของโปรแกรม

1. Activity Bar แถบด้านซ้ายที่ใช้สลับโหมดการทำงาน เช่น Explorer, Search, Source Control, Run & Debug, Extensions
2. Side Bar แสดงรายการไฟล์ โครงสร้างโปรเจกต์ หรือหน้าต่างของส่วนขยาย
3. Editor Area พื้นที่ตรงกลางสำหรับเขียนและแก้ไขโค้ด
4. Terminal Panel ส่วนด้านล่างที่สามารถใช้รันคำสั่งหรือดูผลลัพธ์ของโปรแกรม
5. Status Bar แถบล่างแสดงสถานะไฟล์ เช่น ภาษา, การเข้ารหัส (Encoding), สาขา (Branch) ของ Git
6. Command Palette (Ctrl + Shift + P) ศูนย์รวมคำสั่งทั้งหมด สามารถค้นหาและรันคำสั่งได้โดยไม่ต้องใช้เมนู

3. ความสามารถของ Visual Studio Code

1. รองรับหลายภาษาโปรแกรม เช่น Python, C, C++, C#, Java, JavaScript, TypeScript, PHP, HTML, CSS, Go, Rust, Arduino และอื่น ๆ
2. พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันได้เต็มรูปแบบ โดยมีส่วนขยายเช่น Live Server, Prettier, ESLint
3. รองรับงานด้าน IoT และ Embedded System เช่น ใช้พัฒนา ESP32 ผ่าน ESP-IDF หรือ PlatformIO
4. รองรับฐานข้อมูลและงาน Backend เช่น Node.js, Express, MongoDB, MySQL
5. รองรับการพัฒนา AI และ Data Science ผ่านส่วนขยาย Python และ Jupyter Notebook
6. สนับสนุนระบบควบคุมเวอร์ชัน (Version Control System) ด้วย Git ที่มีมาในตัวโปรแกรม
7. สามารถทำงานแบบ Remote Development ผ่าน SSH, Docker, หรือ WSL

2.3.4 ESP-IDF Terminal



รูปที่ 2.14 สัญลักษณ์ ESP-IDF

ESP-IDF (Espressif IoT Development Framework) คือชุดเครื่องมือพัฒนา (Framework) ที่สร้างขึ้นโดยบริษัท Espressif Systems สำหรับใช้ในการพัฒนาโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล ESP32, ESP32-S2, ESP32-C3 และรุ่นอื่น ๆ ภายใต้แบรนด์เดียวกัน ESP-IDF ทำหน้าที่เป็น Software Development Kit (SDK) ที่รวมเครื่องมือพัฒนาไว้ครบวงจร ประกอบด้วยคอมไพเลอร์ ไลบรารี ระบบ Build และคำสั่งสำหรับการอัปโหลดโปรแกรมและตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ โดยผู้พัฒนาสามารถสร้างโปรเจกต์ได้ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงขั้นตอนทดสอบจริงบนบอร์ด ESP32 ESP-IDF ถูกออกแบบให้มีโครงสร้างเป็นโมดูล (Modular Structure) เพื่อให้สามารถเลือกใช้เฉพาะส่วนที่ต้องการ เช่น การเชื่อมต่อ Wi-Fi, Bluetooth, FreeRTOS, GPIO, หรือ ADC ได้อย่างยืดหยุ่นและมีประสิทธิภาพสูง

1. โครงสร้างและองค์ประกอบของ ESP-IDF

1. Toolchain ชุดคอมไพเลอร์และยูทิลิตี้ เช่น xtensa-esp32-elf-gcc สำหรับแปลงซอร์สโค้ดให้เป็นไฟล์ไบนารีที่รันบนชิป ESP32 ได้
2. IDF Libraries ไลบรารีหลักของระบบ เช่น Wi-Fi, Bluetooth, FreeRTOS, SPI, I²C, ADC, GPIO, และไดรเวอร์อื่น ๆ
3. Build System ใช้ CMake และ Ninja ในการจัดการโครงสร้างโปรเจกต์และการคอมไพล์
4. Python Scripts ใช้สั่งงานผ่านคำสั่งเช่น idf.py build, idf.py flash, idf.py monitor
5. Examples ตัวอย่างโค้ดและโปรเจกต์สำเร็จรูปที่ Espressif จัดเตรียมไว้สำหรับฝึกใช้งาน

ESP-IDF Terminal คือหน้าต่าง Command-Line Interface (CLI) ที่ถูกติดตั้งมาพร้อมกับ ESP-IDF บนระบบปฏิบัติการ Windows โดยออกแบบมาเพื่อให้ผู้พัฒนาสามารถเรียกใช้งานคำสั่งของ ESP-IDF ได้โดยตรงในสภาพแวดล้อมที่ติดตั้งมาพร้อมใช้งาน โดยทั่วไป ESP-IDF Terminal จะอยู่ในเส้นทาง Start → Espressif → ESP-IDF PowerShell / Command Prompt

ESP-IDF Terminal มีหน้าที่หลักคือเตรียมสภาพแวดล้อม (Environment Variables) ที่จำเป็นสำหรับการทำงานของ ESP-IDF โดยอัตโนมัติ เช่น

1. \$IDF_PATH ระบุเส้นทางที่ติดตั้ง ESP-IDF
2. \$PATH เพิ่มเส้นทางของ Toolchain และ Python Environment ให้พร้อมใช้งาน

ด้วยการตั้งค่าเหล่านี้ ผู้พัฒนาสามารถเริ่มใช้คำสั่ง idf.py ได้ทันทีโดยไม่ต้องตั้งค่าด้วยตนเอง

2.4 อุปกรณ์เซนเซอร์ที่ใช้ในการทำโครงงาน

2.4.1 Pressure Transducer Sensor

Pressure Transducer Sensor 5 V 0–1.2 MPa เป็นเซนเซอร์วัดความดันของของไหล (Liquid & Gas) ที่นิยมใช้งานอุตสาหกรรมและ IoT ขนาดเล็ก เช่น

ระบบตรวจวัดแรงดันน้ำในท่อ, แรงดันอากาศในระบบปั๊มลม, แรงดันน้ำมันเชื้อเพลิง, หรือ Oil Hydraulic System ต่าง ๆ

ตัวเซนเซอร์มีโครงสร้างโลหะแข็งแรงทนแรงดัน ทำงานด้วยไฟ DC 5 V และส่งสัญญาณออกเป็นแรงดัน Analog 0.5 – 4.5 V ตามค่าความดันที่ตรวจวัดได้ (Linear output) ซึ่งเหมาะกับการใช้งานร่วมกับ Arduino, ESP32, Orange Pi หรือ ไมโครคอนโทรลเลอร์อื่น ๆ ได้โดยตรง



รูปที่ 2.15 Pressure Transducer Sensor

1. ส่วนประกอบหลัก (Sensor Components)

1. หัววัด (Pressure Sensing Head)

1. ส่วนนี้คือ Diaphragm หรือ เมมเบรนโลหะที่เปลี่ยนแรงดันของของไหลเป็นการเปลี่ยนค่าความต้านทานไฟฟ้า ภายในประกอบด้วย strain gauge แบบ Wheatstone Bridge
2. ครอบด้วยปลอกสแตนเลส 304/316 ป้องกันการกัดกร่อน เหมาะกับน้ำ อากาศ หรือน้ำมัน
3. ภายในมี op-amp และวงจร temperature compensation เพื่อแปลงสัญญาณ mV จากเซนเซอร์ ให้เป็น แรงดัน 0.5–4.5 V ซึ่งอ่านด้วย ADC ได้ง่าย

2. ขั้วต่อ Connector และ สายไฟ 3 เส้น

- แดง = VCC (5 V DC)
- ดำ = GND
- เหลือง = Signal Analog Output (0.5 – 4.5 V)

3. เกสียวต่อท่อ (Thread Port)

- เป็นเกสียว NPT 1/8 นิ้ว (บางรุ่น NPT 1/4) ใช้ต่อกับท่อแรงดัน หรือ manifold ได้โดยตรง

4. โครงสร้างภายนอก

- สแตนเลสทั้งตัว กันน้ำ กันฝุ่นระดับ IP65–IP67 (แล้วแต่รุ่นผู้ผลิต)

3. หลักการทำงาน

เมื่อของไหล exert แรงดันบน diaphragm โลหะ → โครงสร้าง strain gauge ภายในจะเปลี่ยนค่าความต้านทาน การเปลี่ยนแปลงนั้นจะถูกแปลงเป็นแรงดันไฟ millivolt โดย Wheatstone Bridge วงจรภายในขยายสัญญาณให้เป็น 0.5–4.5 V แบบ linear เพื่อให้สามารถอ่านด้วย ADC ได้ตรงและแม่นยำ

ค่าที่อ่านได้สามารถคำนวณเป็นแรงดันจริงด้วยสูตร

$$P = \frac{(V_{out} - 0.5)}{4.0} \times P_{max}$$

โดยที่

P = แรงดันที่วัดได้ (MPa)

V_{out} = แรงดันเอาต์พุตจากเซ็นเซอร์ (V)

P_{max} = 1.2 MPa (ค่าช่วงสูงสุดของรุ่นนี้)

4. การต่อใช้งาน

1. สีสาย ความหมาย ต่อเข้าบอร์ด
2. แดง VCC (5 V DC Power) ขา 5 V ของ ESP32/Arduino/Orange Pi
3. ดำ GND (Ground) ต่อกราวด์เดียวกันกับบอร์ดหลัก
4. เหลือง Signal Analog Output 0.5–4.5 V ต่อเข้าขา ADC ของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.4.2 pH Sensor

Gravity Analog pH Sensor/Meter Kit V2 (SKU: SEN0161-V2)

ประเภท ชุดวัด pH (sensor + board) สำหรับงานทดลอง, IoT, ระบบตรวจสอบคุณภาพน้ำ

จุดเด่น รองรับแรงดันจ่ายจาก 3.3 V ถึง 5.5 V ทำให้ใช้กับบอร์ดอย่าง Arduino, Raspberry Pi



รูปที่ 2.16 Gravity Analog pH Sensor

1. ส่วนประกอบ

1. Board ชุดแปลงสัญญาณ (Signal Conversion Board) ที่มีวงจรขยาย / กรองสัญญาณออกเป็นแรงดันอะนาล็อก
2. Probe (pH electrode) แบบ BNC connector ที่ต่อกับ board ได้โดยตรง
3. สาย “Gravity” (3-pin PH2.0 interface) สำหรับต่อกับบอร์ดควบคุม (ในชุดบางรุ่น) มี buffer solutions (เช่น pH 4.0 และ 7.0) สำหรับ calibrate

2. การใช้งาน

1. ต่อ probe เข้ากับ BNC connector ของ board แล้วต่อสาย 3-pin ไปยังบอร์ดควบคุม (เช่น Arduino)
2. ก่อนวัดจริง แนะนำให้ Calibrate สองจุด (standard buffer solution pH 4.0 และ 7.0) เพื่อความแม่นยำ
3. หลังใช้ ควรล้าง probe ด้วยน้ำกลั่นหรือน้ำดี แล้วเช็ดให้แห้ง เพื่อหลีกเลี่ยงการปนเปื้อนและความแม่นยำลดลง
4. หลีกเลี่ยงการวางบอร์ดแปลงสัญญาณในสถานที่ที่เปียกชื้นหรือมีคอนเดนเสท เพราะอาจทำให้ความต้านทานเปลี่ยน ไปยัง ผลอ่านค่าเสีย

2.4.3 TDS & Flow Combo Sensor (YF-S201)

TDS & Flow Sensor Module เป็นชุดเซนเซอร์ตรวจวัดคุณภาพน้ำแบบดิจิทัลที่รวมเซนเซอร์สองชนิดไว้ในโมดูลเดียว ดังนี้

1. TDS Sensor – สำหรับวัดค่าความนำไฟฟ้าของน้ำ เพื่อนำมาคำนวณเป็นค่าปริมาณของแข็งละลายในน้ำ (Total Dissolved Solids; TDS) ซึ่งบ่งบอกถึงความสะดวกหรือคุณภาพของน้ำ โดยค่าที่สูงหมายถึงมีสิ่งเจือปนหรือแร่ธาตุมาก
2. Flow Sensor (รุ่น YF-S201) – สำหรับวัดอัตราการไหลของน้ำในท่อ โดยใช้หลักการ Hall Effect ซึ่งจะสร้างสัญญาณพัลส์ไฟฟ้าออกมาตามความเร็วของการหมุนของใบพัดที่อยู่ภายใน

เซนเซอร์ชนิดนี้นิยมใช้งานในระบบ Internet of Things (IoT) ที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบคุณภาพน้ำ เช่น เครื่องกรองน้ำอัจฉริยะ (Smart Water Filter), เครื่องกักน้ำอัตโนมัติ (Smart Dispenser) และระบบตรวจสอบคุณภาพน้ำแบบเรียลไทม์ (Smart Water Quality System) เนื่องจากสามารถตรวจวัดได้ทั้ง ปริมาณน้ำที่ไหลผ่าน (Flow Rate) และ ค่าความสะดวกของน้ำ (TDS) พร้อมกันในโมดูลเดียว



รูปที่ 2.17 TDS & Flow Combo Sensor (YF-S201)

1. ส่วนประกอบของ TDS & Flow Sensor

1. Flow Sensor (YF-S201)

1. ใบพัด (Rotor / Turbine Wheel) หมุนตามความเร็วของการไหลของน้ำ โดยทำหน้าที่แปลงพลังงานการไหลให้กลายเป็นการหมุนเชิงกล
2. แม่เหล็ก (Magnet) ติดอยู่บนใบพัด เมื่อหมุนจะสร้างฟลักซ์แม่เหล็กตัดผ่านเซนเซอร์ Hall ที่อยู่ภายใน
3. Hall Effect Sensor ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์แม่เหล็ก และสร้างสัญญาณพัลส์ดิจิทัล(Digital Pulse Signal) ออกมา
4. ตัวเรือน (Housing) ผลิตจากวัสดุพลาสติกชนิด PA66 หรือ POM ซึ่งมีความแข็งแรงและทนแรงดันน้ำสูง พร้อมข้อต่อแบบ Quick Connect ขนาด 1/2 นิ้ว หรือ 1/4 นิ้ว
5. สายสัญญาณ 3 เส้น แดง (VCC 5V), ดำ (GND), เหลือง (Signal) สำหรับเชื่อมต่อกับบอร์ดควบคุม

2. TDS Sensor Module

1. หัววัด TDS Probe เป็นอิเล็กโทรดคู่ ทำจากโลหะ สแตนเลส 316L ซึ่งทนการกัดกร่อนและให้ค่าการนำไฟฟ้าที่แม่นยำ
2. บอร์ดแปลงสัญญาณ (Signal Conversion Board) ทำหน้าที่ขยายและกรองสัญญาณจากหัววัด เพื่อให้ได้สัญญาณแรงดันแบบอนาล็อก (0-2 V)
3. ระบบป้องกันแรงดันย้อนกลับ (Galvanic Isolation) ป้องกันแรงดันไฟจากบอร์ดหลักย้อนกลับมาทำลายหัววัด TDS
4. สายสัญญาณ 3 เส้น แดง (5V), ดำ (GND), เหลือง (Analog OUT) สำหรับเชื่อมต่อกับขา ADC ของไมโครคอนโทรลเลอร์

2. หลักการทำงาน Flow Sensor (YF-S201)

เมื่อของเหลวไหลผ่านใบพัดภายในตัวเซนเซอร์ ใบพัดจะหมุนตามความเร็วของการไหล แม่เหล็กที่ติดอยู่บนใบพัดจะหมุนตัดกับสนามของเซนเซอร์ Hall ทำให้เกิดสัญญาณพัลส์ไฟฟ้า ไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น ESP32 หรือ Arduino จะนับจำนวนพัลส์ต่อวินาที เพื่อคำนวณอัตราการไหล (Q) ของน้ำ

ตามสมการดังนี้

$$Q(L/min) = \frac{Pulse\ Frequency(Hz)}{7.5}$$

โดยที่ค่าพัลส์ 7.5 Hz จะเท่ากับอัตราการไหลประมาณ 1 ลิตร/นาที

3. หลักการทำงาน TDS Sensor

หัววัด TDS จะปล่อยกระแสไฟฟ้าอ่อน ๆ เข้าสู่ nướcที่ต้องการตรวจวัด เพื่อวัดค่าความนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity: EC) เมื่อในน้ำมีสารละลายหรือสิ่งเจือปนมาก ความต้านทานจะลดลงและค่าการนำไฟฟ้าจะสูงขึ้น ระบบจะคำนวณค่าความนำไฟฟ้า (EC) แล้วแปลงเป็นค่าปริมาณของแข็งละลายน้ำ (TDS)

ตามสมการ ดังนี้

$$TDS(ppm) = K \times EC(\mu S/cm)$$

โดยที่ K คือค่าคงที่ของหัววัด (Calibration Constant) มีค่าประมาณ 0.5

4. การต่อใช้งานอุปกรณ์

เซนเซอร์	สีสาย	ความหมาย	การต่อกับบอร์ดควบคุม
Flow Sensor	แดง	VCC 5 V	ขา 5 V
	ดำ	GND	GND ร่วมกับบอร์ด
	เหลือง	Signal Digital Out	ขา Interrupt/ดิจิทัลดิจิทัล input (D2 หรือ GPIO 22 ของ ESP32)
TDS Sensor	แดง	VCC 5 V	ขา 5 V
	ดำ	GND	GND ร่วมกัน
	เหลือง	Analog Out (0–2 V)	ขา ADC (เช่น GPIO 34 หรือ ADC1_CH6 ของ ESP32)

2.5 แนวคิดเกี่ยวกับระบบเครื่องกรองน้ำ

2.5.1 ความหมายของเครื่องกรองน้ำ

เครื่องกรองน้ำ คืออุปกรณ์ที่มีหน้าที่ช่วยในการกรอง ดักจับ และขจัดสารปนเปื้อนที่ปนมากับน้ำที่เราใช้อุปโภคและบริโภค โดยเครื่องกรองน้ำจะมีระบบการกรองเป็นชั้น ๆ เพื่อกรองแยกสารปนเปื้อนออกในแต่ละชั้นตามคุณสมบัติของไส้กรองแต่ละชั้น ก่อนจะได้น้ำที่มีความสะอาดบริสุทธิ์จนเราสามารถใช้อุปโภคบริโภคได้ ซึ่งเครื่องกรองน้ำโดยทั่วไปแล้วมีเริ่มตั้งแต่ 3 ขั้นตอน ไปจนถึง 6 ขั้นตอน ขึ้นอยู่กับรุ่นและแบรนด์ที่จำหน่าย

1. หลักการทำงานของเครื่องกรองน้ำ

โดยทั่วไปเครื่องกรองน้ำจะมีความทำงาน แบบเป็นลำดับขั้นตอน (Stage Filtration System) เพื่อแยกสิ่งปนเปื้อนที่มีขนาดแตกต่างกันออกจากน้ำ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนหลักดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 : การกรองหยาบ (Pre-Filtration / Sediment Filtration)

1. หน้าที่ กำจัดสิ่งสกปรกขนาดใหญ่ เช่น ทราย ฝุ่น โคลน ตะกอน และสนิมเหล็ก
2. อุปกรณ์ที่ใช้ ไส้กรองตะกอน (Sediment Filter) ผลิตจากเส้นใยโพลีโพรพิลีน (PP) หรือเส้นใยเซรามิก
3. ขนาดรูกรอง ประมาณ 5–10 ไมครอน
4. หลักการ เป็นการกรองเชิงกล (Mechanical Filtration) โดยให้น้ำไหลผ่านวัสดุที่มีรูพรุน ทำให้สิ่งแปลกปลอมขนาดใหญ่ถูกดักไว้ก่อนเข้าสู่ขั้นตอนถัดไป

ขั้นตอนที่ 2 : การดูดซับด้วยคาร์บอน (Activated Carbon Filtration)

1. หน้าที่ ดูดซับสารอินทรีย์ คลอรีน กลิ่น สี และรสที่ไม่พึงประสงค์
2. วัสดุกรอง ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) ที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสสูงมาก (800–1200 m²/g)
3. หลักการ ใช้กระบวนการดูดซับทางฟิสิกส์ (Physical Adsorption) โดยแรง Van der Waals และบางส่วนเกิดการดูดซับทางเคมี (Chemical Adsorption)

ขั้นตอนที่ 3 : การกรองละเอียดระดับไมโครหรือโมเลกุล

เป็นขั้นตอนสำคัญที่สุดของเครื่องกรองน้ำในปัจจุบัน โดยอาศัยหลักการของ การกรองผ่านเมมเบรน (Membrane Filtration)

2. ยกตัวอย่างหลักการทำงานของ RO

เป็นการกรองแบบ “ออสโมซิสย้อนกลับ” (Reverse Osmosis) โดยใช้น้ำแรงดันสูงดันผ่านเมมเบรนกึ่งซึมผ่าน (Semi-permeable Membrane) ที่ยอมให้น้ำบริสุทธิ์ผ่าน แต่กักเก็บไอออนและสิ่งปนเปื้อนอื่นไว้

ขั้นตอนที่ 4 : การฆ่าเชื้อโรค (Disinfection)

1. หน้าที่: ทำลายเชื้อจุลชีพที่อาจหลงเหลือ เช่น แบคทีเรีย ไวรัส โปรโตซัว
2. วิธีที่นิยมใช้
 - รังสีอัลตราไวโอเลต (UV Sterilization): ใช้รังสี UV-C ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ทำลายดีเอ็นเอของจุลชีพ
 - โอโซน (O_3): มีฤทธิ์ออกซิไดซ์สูงกว่าคลอรีน สามารถฆ่าเชื้อและดับกลิ่นได้
 - คลอรีน: นิยมในระบบประปาใหญ่แต่ไม่ใช้ในเครื่องกรองครัวเรือนมากนัก

ขั้นตอนที่ 5 : การปรับสภาพและเพิ่มแร่ธาตุ (Post-Treatment)

1. หน้าที่ ปรับรสชาติและเพิ่มสมดุลแร่ธาตุ (เช่น Ca^{2+} , Mg^{2+}) เพื่อให้รสชาตินุ่มนวล
2. อุปกรณ์ที่ใช้ ใส่กรองแร่ (Mineral Filter) หรือ Alkaline Filter
3. หลักการ เติมไอออนแร่ธาตุในปริมาณเหมาะสม และปรับ pH ให้เป็นกลางหรือด่างเล็กน้อย (pH 7.5–8.5)

2.5.2 ประเภทของระบบเครื่องกรองน้ำ

1. เครื่องกรองน้ำระบบ UF (Ultra Filtration System)



รูปที่ 2.18 เครื่องกรองน้ำระบบ UF

1.1 หน้าที่การทำงาน

1. กรองตะกอนละเอียด, สิ่งแขวนลอย, ฝุ่น, ตะกอนจากน้ำประปาหรือน้ำบาดาล
2. กำจัดแบคทีเรียและโคลิฟอร์มบางชนิด, โปรโตซัวขนาดใหญ่ และคอลลอยด์
3. ช่วยให้ระบบน้ำสะอาดขึ้นก่อนเข้าสู่ระบบกรองละเอียด เช่น RO หรือ NF
4. รักษาแร่ธาตุที่ละลายในน้ำ (เช่น แคลเซียม, แมกนีเซียม, โพแทสเซียม) ซึ่งมีประโยชน์ต่อร่างกาย
5. เหมาะสำหรับการใช้ในบ้าน, โรงแรม, โรงเรียน หรือโรงงานอาหารและเครื่องดื่ม

1.2 หลักการทำงานการกรอง

1. ใช้เมมเบรนแบบ Hollow Fiber หรือ Flat Sheet UF Membrane ที่มีรูพรุน 0.01–0.1 ไมครอน
2. การกรองใช้หลักการ Size Exclusion: น้ำสามารถไหลผ่านได้ แต่อนุภาค, แบคทีเรีย, คอลลอยด์ ที่มีขนาดใหญ่กว่ารูพรุนจะถูกดักจับ
3. เมมเบรนบางชนิดมีโครงสร้าง multi-layer ช่วยเพิ่มความสามารถในการกรองและลดการอุดตัน

4. แรงดันใช้งานต่ำ (0.2–0.6 MPa) ไม่จำเป็นต้องใช้พลังงานสูงเหมือน RO
5. ป้องกันการเสียหายเมมเบรนโดยใช้ Pre-filter (Sediment + Carbon)

1.3 วิธีการกรอง

1. น้ำดิบผ่าน Sediment Filter ดักจับตะกอนและอนุภาคขนาดใหญ่
2. น้ำผ่าน Carbon Filter ลดคลอรีนและสารอินทรีย์ที่อาจทำลาย UF Membrane
3. น้ำเข้าสู่ UF Membrane น้ำสะอาด (Permeate) ไหลออก ส่วน Retentate จะถูกทิ้งหรือรีไซเคิล
4. มีการล้างไส้กรอง (Backwash) และ CIP (Cleaning-in-Place) เพื่อลดการอุดตัน
5. ระบบสามารถติดตั้งแบบต่อเนื่องหรือแบบ Flow-through ขึ้นกับการใช้งาน

เครื่องกรองน้ำเหมาะกับการใช้งาน ดังต่อไปนี้

1. บ้านที่ใช้น้ำประปา, น้ำบาดาลที่มีคุณภาพปานกลาง
2. สถานประกอบการ เช่น โรงแรม, ร้านอาหาร ที่ต้องการน้ำสะอาดแต่ไม่ต้องการ RO
3. ผู้ที่ต้องการระบบประหยัดพลังงานและดูแลง่าย

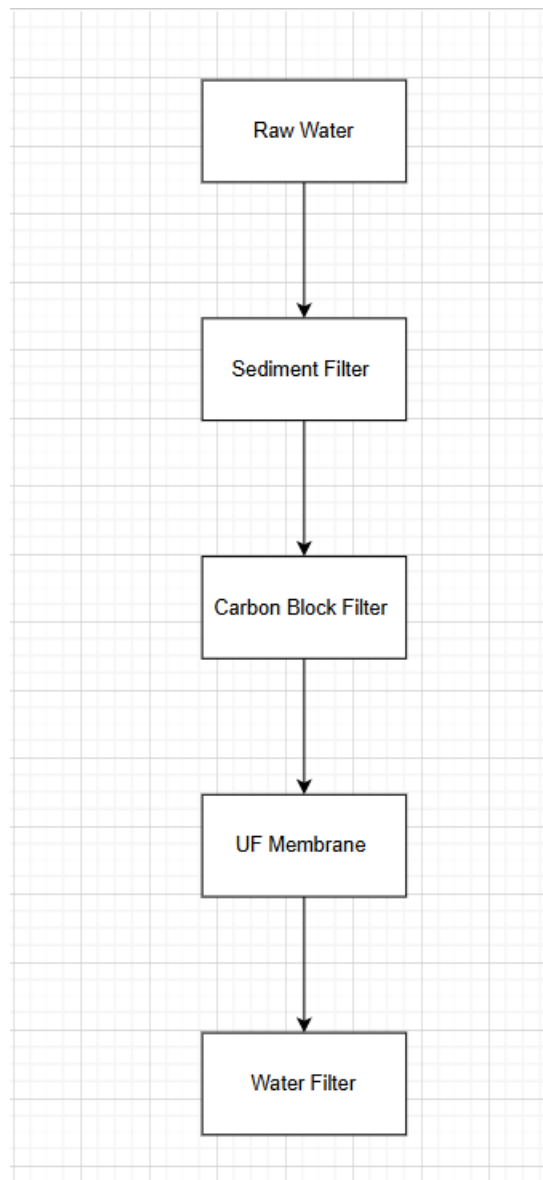
ข้อดีการใช้เครื่องกรองน้ำระบบ UF

1. กรองแบคทีเรียและสิ่งแขวนลอยได้แม่นยำ
2. รักษาแร่ธาตุสำคัญในน้ำไว้
3. ใช้แรงดันต่ำ, ไม่ต้องใช้ไฟฟ้ามาก
4. ดูแลและเปลี่ยนไส้ได้ง่าย
5. มีอายุใช้งานไส้กรองประมาณ 12–24 เดือน (ขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำดิบ)

ข้อบกพร่องการใช้เครื่องกรองน้ำระบบ UF

1. ไม่สามารถกำจัดสารละลาย, เกลือ, โลหะหนัก หรือไวรัสขนาดเล็ก
2. เมมเบรนอาจอุดตันง่าย หากน้ำดิบมีตะกอนสูงหรือคลอรีนมาก
3. ต้องบำรุงรักษา (Backwash, CIP) หากละเลยจะทำให้ประสิทธิภาพลด

1.4 Flowchart การทำงานเครื่องกรองน้ำระบบ UF



รูปที่ 2.19 Flowchart การทำงานเครื่องกรองน้ำระบบ UF

2.5.3 เครื่องกรองน้ำระบบ RO (Reverse Osmosis)



รูปที่ 2.20 เครื่องกรองน้ำระบบ RO

1. หน้าที่การทำงาน

1. กรองโลหะหนักบางชนิด เช่น Pb^{2+} , Cu^{2+} , Cr^{3+} , Cd^{2+}
2. ลดความกระด้างของน้ำ (Ca^{2+} , Mg^{2+})
3. กรองสารอินทรีย์บางชนิด, กลิ่น, สี และแบคทีเรียบางชนิด
4. ใช้สำหรับน้ำประปาที่มีคุณภาพไม่สูงมาก แต่ต้องการน้ำสะอาดกว่าการใช้ UF
5. ช่วยลดการเกิดคราบหินปูนในเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น กาต้มน้ำ, เครื่องซักผ้า

2. หลักการทำงานการกรอง

1. ใช้ NF Membrane รูพรุนขนาด ประมาณ 0.001 ไมครอน
2. ใช้หลัก Size Exclusion และ Charge Exclusion (การผลักประจุ)
3. กรองไอออนที่มีประจุบวกหรือประจุลบบางชนิด แต่ปล่อยให้ไอออนที่เป็นประโยชน์บางส่วนผ่าน
4. แรงดันใช้งานประมาณ 0.4–1.2 MPa
5. NF เป็นเทคโนโลยีระหว่าง UF และ RO — กรองละเอียดกว่า UF แต่ไม่ละเอียดเท่า RO

3. วิธีการกรอง

1. Pre-treatment: Sediment + Carbon Filter เพื่อลดตะกอน, คลอรีน, สารอินทรีย์
2. น้ำดิบเข้าสู่ NF Membrane Module → น้ำสะอาด (Permeate) ไหลออก, ส่วน concentrate มีสารละลายถูกทิ้ง
3. บางระบบมี Post Carbon Filter เพื่อปรับรสชาติและฆ่าเชื้อเพิ่มเติม
4. การล้างไส้กรอง (Backwash / Cleaning) จำเป็นตามรอบการใช้งาน

เครื่องกรองน้ำเหมาะกับการใช้งาน ดังต่อไปนี้

1. บ้านหรืออาคารที่ใช้น้ำประปาหรือน้ำบาดาลมีความกระด้างหรือสารละลายสูง
2. ร้านอาหาร, คาเฟ่ หรือโรงงานอาหาร ต้องการน้ำสะอาดแต่ยังคงแร่ธาตุไว้บางส่วน
3. เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการน้ำดื่มคุณภาพสูงกว่า UF

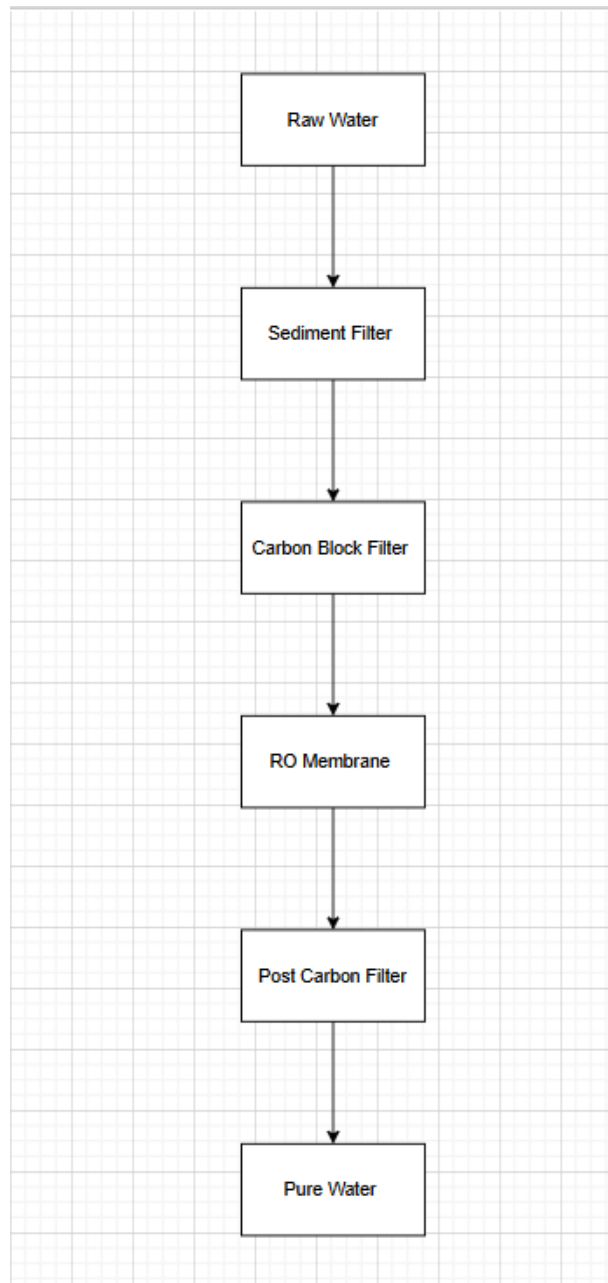
ข้อดีการใช้เครื่องกรองน้ำระบบ RO

1. กรองละเอียดกว่า UF
2. ลดความกระด้างและโลหะหนักบางชนิด
3. รักษาแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์บางส่วนไว้
4. ใช้แรงดันหรือพลังงานน้อยกว่า RO

ข้อบกพร่องการใช้เครื่องกรองน้ำระบบ RO

1. ราคาสูงกว่า UF
2. ไม่สามารถกำจัดเกลือและสารละลายได้ทั้งหมด
3. ต้องบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ

4. Flowchart การทำงานเครื่องกรองน้ำระบบ RO



รูปที่ 2.21 Flowchart การทำงานเครื่องกรองน้ำระบบ RO

2.5.4 เครื่องกรองน้ำระบบ Nano (NF – Nanofiltration)



รูปที่ 2.22 เครื่องกรองน้ำระบบ Nano

1. หน้าที่การทำงาน

1. กรองสารละลายเกลือ, โลหะหนัก, ไวรัส, แบคทีเรีย, สารเคมีปนเปื้อน
2. ผลิตน้ำบริสุทธิ์สูงสุด (Ultrapure Water)
3. ใช้ทั้งในครัวเรือน, ห้องแลป, อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม, หรือแหล่งน้ำคุณภาพต่ำ

2. หลักการทำงานการกรอง

1. ใช้ RO Membrane แบบ Semi-permeable ที่มีรู 0.0001 ไมครอน
2. ใช้หลัก Solution-Diffusion + Size/Charge Exclusion
3. น้ำถูกดันด้วยแรงดันสูงเพื่อ “ข้าม” แรงดันออสโมซิสธรรมชาติ
4. กรองเกลือและสารละลายทั้งหมดออกจากน้ำ
5. ต้องมี Pre-treatment (Sediment + Carbon) เพื่อป้องกัน fouling และคลอรีนทำลายเมมเบรน

3. วิธีการกรอง

1. Pre-treatment: Sediment + Carbon Filter
2. น้ำดิบเข้าสู่ RO Membrane Module → Permeate (น้ำสะอาด) ไหลออก, Concentrate (น้ำทิ้ง) ถูกกำจัด
3. Post-treatment: Carbon Filter / UV เพื่อปรับรสชาติและฆ่าเชื้อเพิ่มเติม
4. การล้างไส้กรอง (Backwash / CIP) จำเป็นตามรอบ
5. บางระบบติดตั้ง Pressure Pump เพื่อเพิ่มแรงดันน้ำเข้าหากน้ำดิบแรงดันต่ำ

เครื่องกรองน้ำเหมาะกับการใช้งาน ดังต่อไปนี้

1. บ้านหรือสถานที่ต้องการน้ำดื่มบริสุทธิ์สูงสุด
2. น้ำบาดาลหรือแหล่งน้ำที่มีเกลือ/โลหะหนักสูง
3. ห้องแลปหรืออุตสาหกรรมต้องการน้ำ ultrapure

ข้อดีการใช้เครื่องกรองน้ำ ระบบ Nano

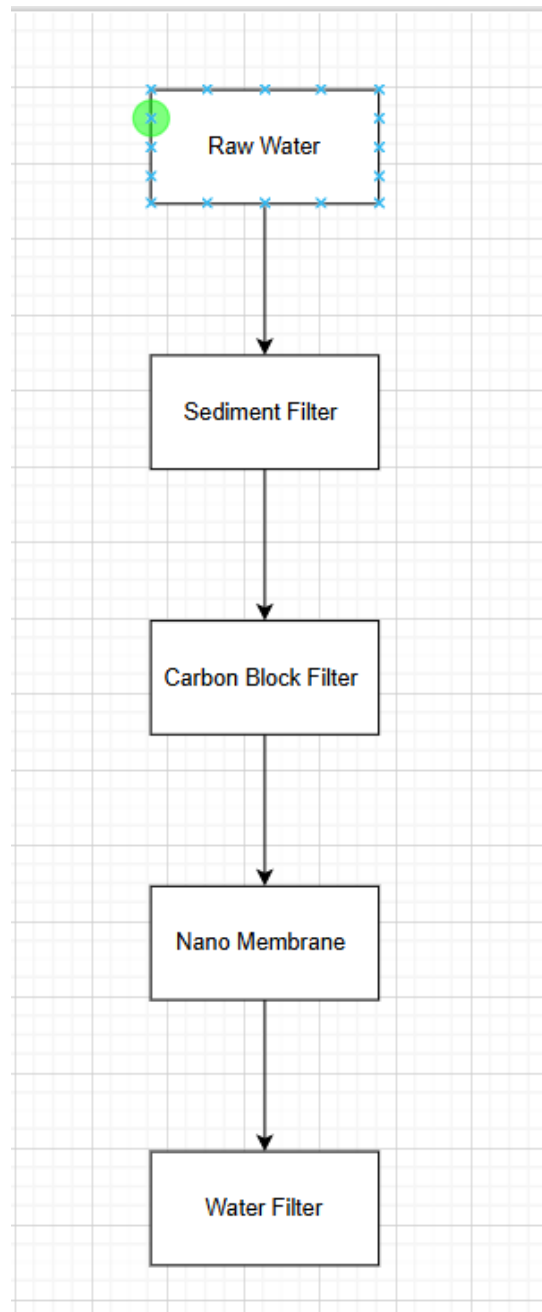
1. กรองได้ละเอียดที่สุด — ลด TDS, ไอออน, โลหะหนัก, จุลินทรีย์
2. เหมาะกับน้ำดื่มและงานที่ต้องการความบริสุทธิ์สูง
3. กำจัดสารพิษและโลหะหนักได้หมด

ข้อบกพร่องการใช้เครื่องกรองน้ำ ระบบ Nano

1. ใช้แรงดันสูงและพลังงานมาก
2. มีน้ำทิ้ง (Waste Water) 30–60%
3. แร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ถูกกรองออกไปหมด

4. ระบบราคาแพง, ดูแลยาก, ต้องเปลี่ยนไส้และล้างระบบสม่ำเสมอ

4. Flowchart การทำงานเครื่องกรองน้ำ ระบบ Nano



รูปที่ 2.23 Flowchart การทำงานเครื่องกรองน้ำระบบ Nano

2.5.5 เครื่องกรองน้ำ 2 ขั้นตอน (ไส้ PP + Carbon)



รูปที่ 2.24 เครื่องกรองน้ำ 2 ขั้นตอน

1. หน้าที่การทำงาน

1. กรองตะกอน, ฝุ่น, สนิม, ทราเย และสิ่งสกปรกขนาดใหญ่จากน้ำ
2. ลดคลอรีน, กลิ่นไม่พึงประสงค์ และรสชาติไม่ดีของน้ำ
3. เป็นระบบกรองน้ำเบื้องต้น เหมาะสำหรับน้ำประปาที่คุณภาพดี แต่ต้องการปรับปรุงรสชาติและความใส

2. หลักการทำงานการกรอง

1. PP Filter (Polypropylene / Sediment Filter)
 - ใช้หลัก Mechanical Filtration (การกรองเชิงกายภาพ)
 - เส้นใย PP เรียงเป็นชั้นแน่น (Depth Filtration)
 - รูพรุนประมาณ 1-5 ไมครอน
 - ดักจับตะกอนขนาดใหญ่ถึงขนาดกลาง

2. Carbon Filter (Activated Carbon / Carbon Block)

- ใช้หลัก Adsorption (การดูดซับสารเคมี)
- Activated Carbon มีรูพรุนขนาด Micro, Meso, Macro
- ดูดซับคลอรีน, สารอินทรีย์, กลิ่น, และสีของน้ำ

3. วิธีการกรอง

1. น้ำดิบเข้าสู่ PP Filter → ดักจับฝุ่น, ตะกอน, สนิม, ทราย
2. น้ำไหลผ่าน Carbon Filter → ดูดซับสารเคมี, คลอรีน, กลิ่น, และปรับรสชาติ
3. น้ำที่ได้สามารถดื่มหรือใช้ได้ทันที
4. ไส้กรอง PP และ Carbon ต้องเปลี่ยนตามรอบ (PP ทุก 3-6 เดือน, Carbon ทุก 6-12 เดือน)

เครื่องกรองน้ำเหมาะกับการใช้งาน ดังต่อไปนี้

1. บ้านหรือหอพักที่ใช้น้ำประปาคุณภาพดีอยู่แล้ว
2. ผู้ที่ต้องการน้ำสะอาดขึ้น แต่ไม่ต้องการลงทุนสูง
3. เหมาะสำหรับการใช้งานทั่วไป เช่น ดื่ม, ทำอาหาร, อาบน้ำ

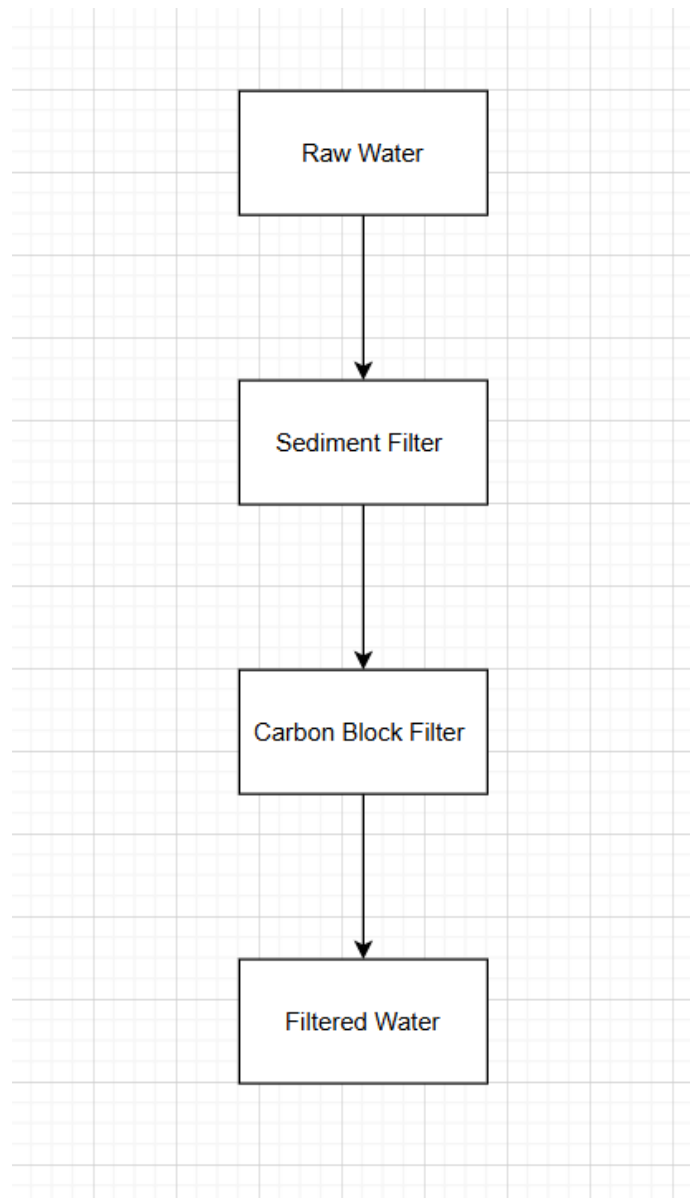
ข้อดีการใช้เครื่องกรองน้ำ 2 ขั้นตอน

1. ใช้แรงดันน้ำปกติ ไม่ต้องใช้ไฟฟ้า
2. ดูแลไม่ซับซ้อน เพียงเปลี่ยนไส้กรองตามรอบ
3. ปรับปรุงรสชาติและความใส่น้ำได้ดี

ข้อบกพร่องการใช้เครื่องกรองน้ำ 2 ขั้นตอน

1. ไม่สามารถกำจัดแบคทีเรีย, ไวรัส หรือโลหะหนักได้
2. เหมาะสำหรับน้ำประปาที่สะอาดอยู่แล้วเท่านั้น
3. ไม่เหมาะกับน้ำสกปรกสูงหรือน้ำบาดาล

4. Flowchart การทำงานเครื่องกรองน้ำ 2 ขั้นตอน



รูปที่ 2.25 Flowchart การทำงานเครื่องกรองน้ำระบบ Nano

2.5.6 เครื่องกรองน้ำ 3 ขั้นตอน (PP + Carbon + UF/NF/Resin)



รูปที่ 2.26 เครื่องกรองน้ำ 3 ขั้นตอน

1. หน้าที่การทำงาน

1. กรองตะกอนและฝุ่นละเอียด
2. ลดคลอรีน, กลิ่น, สี และสารอินทรีย์
3. ลดความกระด้างของน้ำ (Hardness) ผ่าน Resin หรือ UF/NF เพื่อกรองแบคทีเรียบางชนิด
4. ใช้สำหรับบ้าน, ร้านอาหาร, ห้องทดลอง, หรือโปรเจกต์ IoT ที่ต้องการน้ำสะอาดหลายตัวแปร เช่น TDS, pH, Turbidity

2. หลักการทำงานการกรอง

1. PP Filter (ขั้นแรก)

- กรองตะกอนและสิ่งสกปรกขนาดใหญ่
- เส้นใย PP เรียงตัวเป็นชั้นแน่น ดักจับฝุ่น, ทราเย, สนิม

2. Carbon Filter (ขั้นที่สอง)

- Adsorption เพื่อกำจัดคลอรีน, สารอินทรีย์, กลิ่น, สี, และรสไม่พึงประสงค์

3. UF/NF/Resin/Post Carbon (ขั้นที่สาม)

- UF Membrane: กรองแบคทีเรีย, โปรโตซัว, และตะกอนละเอียด
- NF Membrane: ลดโลหะหนักบางชนิด, ลดความกระด้าง, กรองไวรัสบางชนิด
- Resin Filter: แลกเปลี่ยนไอออนเพื่อลดความกระด้างของน้ำ
- Post Carbon (T33): ปรับรสชาติและกลิ่นน้ำอีกครั้ง

3. วิธีการกรอง

ขั้นตอนที่ 1: การกรองตะกอน (Sediment Filtration)

เริ่มจาก น้ำดิบ (Raw Water) จะไหลเข้าสู่ ใ้กรอง PP Filter (Polypropylene Filter) ซึ่งทำหน้าที่ดักจับ ตะกอนขนาดใหญ่ เช่น ดิน ทราย และสนิมเหล็ก ใ้กรองชนิดนี้จะช่วยให้น้ำใสขึ้น และลดสิ่งสกปรกก่อนเข้าสู่กระบวนการกรองละเอียดในขั้นต่อไป

ขั้นตอนที่ 2: การดูดซับสารเคมีและกลิ่น (Carbon Filtration)

น้ำที่ผ่านการกรองตะกอนแล้ว จะเข้าสู่ ใ้กรองคาร์บอน (Carbon Filter) ซึ่งมีคุณสมบัติในการ ดูดซับ คลอรีน สารอินทรีย์ สี และกลิ่นไม่พึงประสงค์ จากน้ำ โดยคาร์บอนมีรูพรุนจำนวนมาก ทำให้สามารถดักจับ สารเคมีและสิ่งปนเปื้อนได้ดี ส่งผลให้น้ำที่ได้มีสีใสและไม่มีกลิ่น

ขั้นตอนที่ 3: การกรองละเอียดและปรับคุณภาพน้ำ (Fine Filtration & Post Treatment)

ในขั้นตอนสุดท้าย น้ำจะผ่านเข้าสู่ ใ้กรองละเอียด เช่น UF, NF หรือ Resin Filter เพื่อกำจัด แบคทีเรีย ตะกอนละเอียด และลดความกระด้างของน้ำ จากนั้นจะผ่าน Post Carbon Filter เพื่อ ปรับรสชาติและกลิ่นของน้ำให้ดีขึ้น จนได้น้ำสะอาดพร้อมใช้งาน

เครื่องกรองน้ำเหมาะกับการใช้งาน ดังต่อไปนี้

1. บ้านทั่วไป, ห้องทดลอง, ห้องเรียน, ร้านอาหาร
2. ผู้ที่ต้องการน้ำสะอาดและปลอดภัย แต่ไม่ต้องการระบบ RO
3. เหมาะสำหรับโปรเจก IoT ที่ต้องวัดคุณภาพน้ำหลายตัวแปร

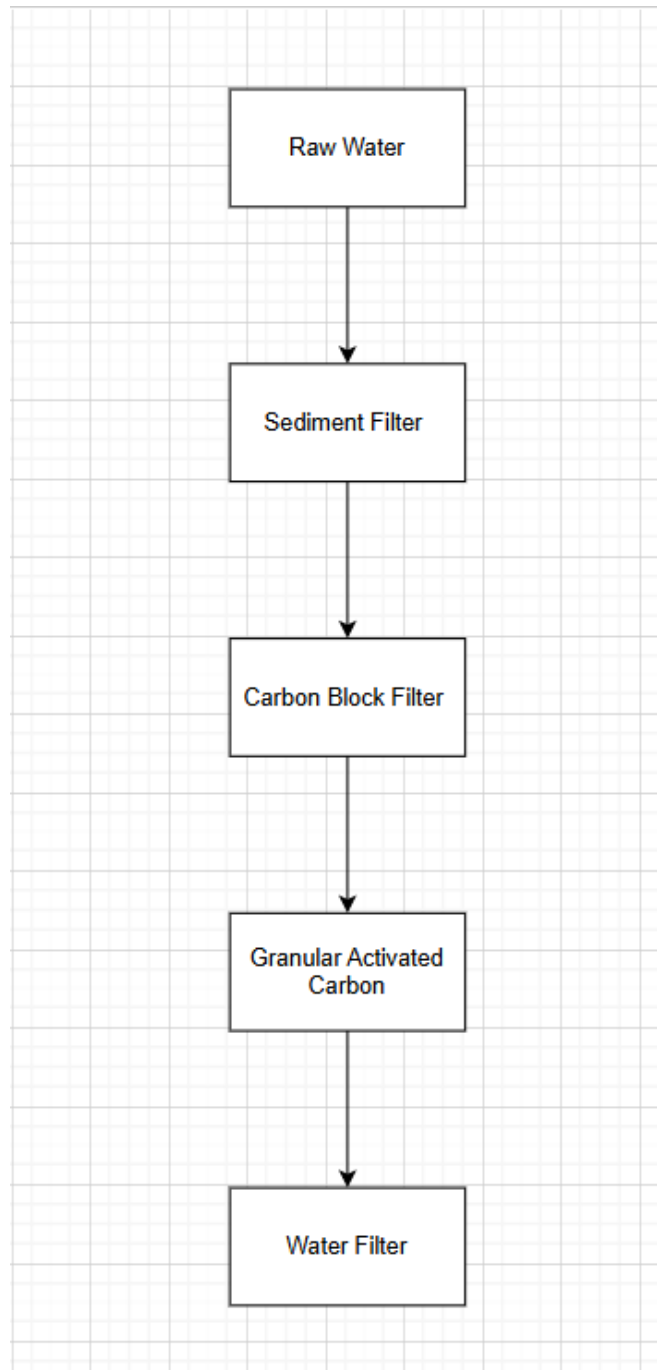
ข้อดีการใช้เครื่องกรองน้ำ 3 ขั้นตอน

1. กรองได้ละเอียดมากกว่า 2 ขั้นตอน
2. ลดความกระด้างและปรับรสชาติได้ดี
3. สามารถติดตั้งเซนเซอร์ตรวจวัดคุณภาพน้ำได้ง่าย
4. ราคาปานกลาง, ดูแลง่าย
5. ใช้แรงดันน้ำปกติ, ไม่ต้องไฟฟ้ามา

ข้อบกพร่องการใช้เครื่องกรองน้ำ 3 ขั้นตอน

1. ไม่สามารถกรองโลหะหนักและไวรัสทุกชนิดได้เหมือน RO
2. อายุไส้กรองสั้นกว่าระบบ RO/NF
3. ต้องเปลี่ยนไส้กรองทุก 6-12 เดือน ตามคุณภาพน้ำ

4. Flowchart การทำงานเครื่องกรองน้ำ 3 ขั้นตอน



รูปที่ 2.27 Flowchart การทำงานเครื่องกรองน้ำ 3 ขั้นตอน

2.6 แนวคิดเกี่ยวกับไส้กรองน้ำ

2.6.1 ความหมายของไส้กรองน้ำ

ไส้กรองน้ำ (Water Filter Cartridge) เป็นส่วนประกอบหลักของเครื่องกรองน้ำ ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการดักจับหรือดูดซับสารปนเปื้อนออกจากน้ำ มีหลายชนิด โดยแต่ละชนิดจะมี กลไกการกรอง (Filtration Mechanism) แตกต่างกัน เช่น การดักจับเชิงกล การดูดซับทางเคมี หรือการแลกเปลี่ยนประจุ

2.6.2 ประเภทของไส้กรองน้ำ

2.6.2.1 Sediment Filter (ไส้กรองหยาบ)



รูปที่ 2.28 ไส้กรองแบบ Sediment Filter

1. หน้าที่การทำงาน

ไส้กรองหยาบถูกออกแบบมาเพื่อดักจับและกรองสิ่งสกปรกเชิงกายภาพขนาดใหญ่ที่อยู่ในน้ำ เช่น ฝุ่น ดิน โคลน ทราาย สนิมเหล็ก และตะกอนแขวนลอยอื่น ๆ ก่อนที่น้ำจะเข้าสู่ระบบกรองที่ละเอียดขึ้น จุดประสงค์คือ ป้องกันไม่ให้สิ่งเหล่านี้ไปอุดตันหรือก่อปัญหาให้กับไส้กรองหรืออุปกรณ์กรองขั้นถัดไป

2. หลักการทำงานการกรอง

ใช้หลักการ การกรองเชิงกล (mechanical filtration) ผ่านเส้นใยโพลีโพรพิลีน (Polypropylene, PP) ซึ่งผลิตโดยกระบวนการ melt-blown หรือ spun-bond ที่ทำให้เส้นใยมีโครงสร้างเป็นชั้น ๆ (depth filtration) และมีรูพรุน (pore) ขนาดประมาณ 1–5 ไมครอน (สำหรับใช้งานกรองละเอียดขึ้น) รูพรุนเหล่านี้จะทำหน้าที่เหมือน “กรองน้ำ” โดยให้น้ำไหลผ่าน แต่ดักจับอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่ารูพรุนไว้ รูปร่างแบบลำดับชั้น (gradient density) โดยชั้นนอกจะหยาบกว่า ชั้นในจะละเอียดกว่า ซึ่งช่วยให้จับอนุภาคหลายขนาดได้ดีขึ้น โดยที่ชั้นนอกจับทรายหรือโคลนใหญ่ ชั้นกลางจับฝุ่นละเอียด ชั้นในจับตะกอนระดับไมครอน

3. โครงสร้างไส้กรองแบบ Sediment Filter (ไส้กรองหยาบ)

โครงสร้าง 3 ชั้นหลัก

1. ชั้นนอก (Outer Layer): ดักจับสิ่งสกปรกขนาดใหญ่ เช่น ทราย ดิน
2. ชั้นกลาง (Middle Layer): ดักจับฝุ่นและตะกอนละเอียด
3. ชั้นใน (Inner Core): กรองตะกอนระดับไมครอน

4. วิธีการกรอง

น้ำเข้าไส้กรองจากด้านนอกหรือด้านบน (ขึ้นกับการติดตั้ง) แล้วไหลผ่านเส้นใย PP ที่เรียงซ้อนกันเป็นชั้น ทำให้อนุภาคแขวนลอยถูกดักจับตามชั้นที่ต่างกัน เมื่อเวลาผ่านไปตะกอนจะสะสมในเนื้อไส้กรองจนถึงจุดที่อาจทำให้แรงดันตก (pressure drop) หรือไส้กรองเริ่มอุดตัน ซึ่งเมื่อนั้นควรเปลี่ยนไส้กรองเพื่อให้ระบบยังคงประสิทธิภาพดี

ข้อดีการกรองแบบไส้กรองหยาบ

- กรองอนุภาคแขวนลอยขนาดใหญ่ได้ดี เช่น ดิน ทราย สนิม ตะกอน ซึ่งช่วยลดภาระให้กับไส้กรองชั้นถัดไป
- ตัวไส้กรองไม่ซับซ้อน ไม่มีสารเคมี ไม่ใช่ไฟฟ้า ดูแลรักษาง่าย

- มีความทนทานค่อนข้างดีต่อแรงดันน้ำ ถ้าเลือกวัสดุ PP คุณภาพสูง
- ช่วยยืดอายุการใช้งานของระบบกรองทั้งหมด (เช่น Carbon, UF) เพราะ “กรองชั้นแรก” มีประสิทธิภาพ

ข้อบกพร่องการกรองแบบไส้กรองหยาบ

- ไม่สามารถกำจัดสารเคมีได้ เช่น คลอรีน โลหะหนัก หรือสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำ
- ไม่สามารถกรองจุลชีพ (แบคทีเรีย ไวรัส) ได้
- เมื่อใช้งานไปนานจะเกิดการอุดตัน ทำให้แรงดันตกหรือลดอัตราการไหล — ต้องเปลี่ยนไส้กรองเป็นระยะ (เช่น ทุก 3-6 เดือน ขึ้นกับคุณภาพน้ำ)

2.6.2.2 Carbon Filter



รูปที่ 2.29 ไส้กรองแบบ Carbon Filter

1. หน้าที่การทำงาน

ไส้กรองคาร์บอนถูกออกแบบมาเพื่อลดกลิ่น สี คลอรีนตกค้าง และสารอินทรีย์ (organic compounds) ที่ละลายไว้ในน้ำ ซึ่งมักทำให้น้ำมีกลิ่นหรือรสไม่พึงประสงค์ รวมถึงอาจมีสารเคมีตกค้างที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ

2. หลักการทำงานการกรอง

ใช้หลัก การดูดซับ (adsorption) ผ่านวัสดุถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) ซึ่งถูกผลิตโดยการเผาวัสดุธรรมชาติ (เช่น กะลามะพร้าว ถ่านไม้ ถ่านหิน) ที่อุณหภูมิสูง ภายใต้สภาวะควบคุม ทำให้เกิดโครงสร้างรูพรุนขนาดเล็กจำนวนมาก (มีพื้นที่ผิวจำเพาะสูงมาก บางงานวิจัยพบ $> 1000 \text{ m}^2/\text{g}$)

โมเลกุลของสารเคมี เช่น คลอรีน สารอินทรีย์ กลิ่น สี หรือไฮโดรคาร์บอน จะถูกดูดซับไว้บนผิวของถ่าน โดยผ่านการเคลื่อนที่ไปยังรูพรุนและจับอยู่กับพื้นผิว ทั้งนี้ขึ้นกับขนาดรู pore size, พื้นที่ผิว, ระยะเวลาสัมผัส (contact time) และสารที่ต้องการกำจัด

3. โครงสร้างไส้กรองแบบ Carbon Filter

โครงสร้างรูพรุนแบ่งเป็น 3 ระดับ:

1. Macropores ($>50 \text{ nm}$): ช่องนำทางของโมเลกุลน้ำ
2. Mesopores ($2-50 \text{ nm}$): ดูดซับสารอินทรีย์ขนาดกลาง
3. Micropores ($<2 \text{ nm}$): ดูดซับโมเลกุลขนาดเล็ก เช่น คลอรีน

4. วิธีการกรอง

น้ำจะถูกส่งผ่านชั้นของถ่านกัมมันต์ (GAC หรือ Carbon Block) โดยเมื่อผ่านนั้น โมเลกุลของสารปนเปื้อนจะเข้าไปในรูพรุนของถ่านและถูกยึดอยู่ พื้นผิวของถ่านจะมี functional groups และ micropores ที่ทำหน้าที่ยึดจับโมเลกุลด้วยแรงฟิสิกส์/เคมี เมื่อใช้งานไปนาน capacity ของถ่านจะลดลง (อิ่มตัว) ต้องเปลี่ยนหรือรีเจนเนอเรตในกรณีอุตสาหกรรม

ข้อดีการกรองแบบ Carbon Filter

- สามารถลดคลอรีน สารอินทรีย์ กลิ่น และสี ทำให้น้ำมีรสชาติดีขึ้น
- เป็นเทคโนโลยีที่ไม่ใช้สารเคมีเพิ่มเติม (passive) และดูแลรักษาง่าย

- สามารถเลือกชนิดถ่านที่เหมาะสมกับงาน เช่น กรองสารเคมีเฉพาะ กรดเฉพาะ หรือแม้กระทั่งโลหะบางชนิด ในกรณีที่เติมสารพิเศษ

ข้อบกพร่องการกรองแบบ Carbon Filter

- เมื่อความจุ (capacity) ของถ่านเต็มแล้ว ประสิทธิภาพจะลดลงอย่างมาก (breakthrough)
- ไม่สามารถกรองจุลชีพ (ผู้ใช้ทั่วไป) ได้โดยตรง
- ต้องเปลี่ยนไส้กรองเป็นระยะ (บ้าน: 6–12 เดือน หรือไวกว่า ถ้าคุณภาพน้ำแย่)

5. ประเภทของ Carbon Filter

1. GAC (Granular Activated Carbon): เม็ดหยาบ ระบายน้ำได้เร็ว
2. CTO (Carbon Block): อัดแน่นกว่า ดูดซับได้มากกว่า
3. Post Carbon (T33): ใช้ปรับกลิ่นและรสในขั้นสุดท้าย

2.6.2.3 Resin Filter



รูปที่ 2.30 ไส้กรองแบบ Resin Filter

1. หน้าที่การทำงาน

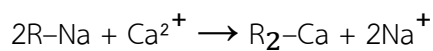
ใช้สำหรับลดความกระด้างของน้ำ (hardness) โดยเฉพาะไอออนแคลเซียม (Ca^{2+}) และแมกนีเซียม (Mg^{2+}) ซึ่งเป็นสาเหตุของคราบหินปูน (scale) ในเครื่องใช้ไฟฟ้า ท่อน้ำ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ทำให้อายุการใช้งาน ยาวขึ้นและลดปัญหาคราบ

2. หลักการทำงานของกรรอง

ไส้กรองเรซินทำงานด้วยหลักการ Ion Exchange (แลกเปลี่ยนประจุ)

- ภายในเม็ดเรซินมีหมู่ประจุลบ ($-\text{SO}_3^-$ หรือ $-\text{COO}^-$)
- หมู่ประจุเหล่านี้จับกับไอออนบวก เช่น Na^+ หรือ H^+ ไว้ก่อน
- เมื่อน้ำที่มี Ca^{2+} และ Mg^{2+} ไหลผ่าน เม็ดเรซินจะ “แลกเปลี่ยน” ไอออน
- โดยจับ $\text{Ca}^{2+} / \text{Mg}^{2+}$ เอาไว้ และปล่อย Na^+ / H^+ ออกแทน
- ส่งผลให้น้ำที่ผ่านออกมามีความกระด้างลดลง

สมการตัวอย่าง



3. วิธีการกรรอง

ที่มี $\text{Ca}^{2+} / \text{Mg}^{2+}$ ไหลผ่านเม็ดเรซินที่อยู่ถึงกรรอง เรซินจะจับไอออนนั้นไว้และปล่อย Na^+ หรือ H^+ แทน เมื่อเรซินอิ่มตัว (จับไอออนไม่ได้อีก) ก็ต้องทำกระบวนการ regeneration ด้วยสารละลาย NaCl (น้ำเกลือ) เพื่อคืนสภาพการทำงาน การ regenerate จะทำให้ Na^+ ที่ถูกแลกไปถูกแทนที่กลับ และ $\text{Ca}^{2+} / \text{Mg}^{2+}$ ถูกชะล้างออกไป

ข้อดีการกรองแบบ Resin Filter

- ลดความกระด้างของน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยลดคราบหินปูนในกาต้มน้ำหรือเครื่องใช้ไฟฟ้า
- ช่วยให้การใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า น้ำร้อน ท่อน้ำมีอายุยาวขึ้น
- เมื่อออกแบบดี ระบบก็ไม่ซับซ้อนมาก

ข้อบกพร่องการกรองแบบ Resin Filter

- ไม่ได้กรองสารเคมีหรือจุลชีพ เพียงแต่ “แลกเปลี่ยนไอออน”
- ต้องมีการบำรุงรักษา (regeneration) เมื่อเรซินอิ่มตัว
- อายุการใช้งานอาจสั้นกว่าส่วนอื่นหากน้ำมีสารแขวนลอยหรือสารอินทรีย์สูง เพราะจะไป “foul” เรซินได้

2.6.2.4 Ceramic Filter



รูปที่ 2.31 ไส้กรองแบบ Ceramic Filter

1. หน้าที่การทำงาน

ไส้กรองเซรามิกมีหน้าที่หลักคือ กรองสิ่งสกปรกขนาดเล็กมากในน้ำ เช่น ตะกอนขนาดเล็ก แบคทีเรีย โปรโตซัว สปอร์ และจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย ถูกใช้เป็นขั้นตอนกรองละเอียดสุดท้ายในระบบกรองน้ำภายในบ้าน เพื่อให้ได้ “สะอาดและปลอดภัยต่อการดื่ม” โดยไม่ต้องผ่านไฟฟ้าหรือสารเคมีใด ๆ เซรามิกยังช่วย “กรองเชิงกายภาพ (Physical Filtration)” ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะวัสดุทำจากเนื้อดินเผาละเอียด (porous ceramic) ที่มีรูพรุนขนาดเล็กมาก จึงสามารถกรองสิ่งแปลกปลอมที่เล็กกว่ามองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

2. หลักการทำงานการกรอง

ไส้กรองเซรามิกทำงานโดยหลักการ “การกรองเชิงกล + การดูดซับบางส่วน” (Mechanical + Adsorption)

- วัสดุทำจาก ดินขาวหรือซิลิกา (Diatomaceous Earth / Kaolin) เผาที่อุณหภูมิสูงกว่า 1000°C
- เกิดโครงสร้างที่มี “รูพรุนขนาดไมโคร” ประมาณ 0.1–0.5 ไมครอน (μm) ซึ่งเล็กกว่าแบคทีเรียส่วนใหญ่ (E. coli, Salmonella ~0.5–1 μm)
- เมื่อน้ำไหลผ่าน รูพรุนเล็กเหล่านี้จะทำหน้าที่เหมือน “ตะแกรงระดับจุลภาค” กักสิ่งสกปรกไว้ที่ผิวด้านนอกหรือตามรูภายใน
- เซรามิกบางชนิด เคลือบด้วยเงิน (Silver-impregnated ceramic) เพื่อยับยั้งการเติบโตของแบคทีเรียบนผิวกรอง ทำให้ใช้งานได้ปลอดภัยและยาวนานขึ้น
- กลไกเสริมบางแบบใช้ แรงดูดซับไฟฟ้าสถิต (Electrostatic adsorption) เพื่อช่วยจับอนุภาคหรือแบคทีเรียขนาดเล็กที่เล็ดรอดรูกรอง

3. วิธีการกรอง

ขั้นตอนการกรองมีดังนี้

1. น้ำดิบ จะถูกหลงในส่วนบนของกระบอกกรอง (หรือแท่งกรอง)
2. น้ำไหลลงผ่าน ชั้นไส้กรองเซรามิก ซึ่งมีรูพรุนขนาดเล็กมาก
3. สิ่งสกปรก เช่น ดิน, ตะกอน, แบคทีเรีย จะถูก “กัก” ไว้ที่ผิวด้านนอกของไส้กรอง
4. น้ำที่ผ่านรูพรุนจะไหลออกทางด้านใน เป็นน้ำสะอาด

5. เมื่อไส้กรองเริ่มอุดตัน สามารถถอดออกมา “ขัดล้างเบา ๆ ด้วยแปรงหรือฟองน้ำสะอาด” เพื่อให้กลับมาใช้งานได้อีก (ไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนบ่อย)

หมายเหตุ

การขัดล้างช่วยเปิดรูพรุนที่อุดตัน และควรล้างด้วยน้ำสะอาด ไม่ใช้น้ำสบู่หรือสารเคมี

ควรต้มหรือฆ่าเชื้อน้ำเป็นบางครั้งหากใช้ในพื้นที่เสี่ยงเชื้อไวรัสหรือสารเคมีละลาย

ข้อดีการกรองแบบ Ceramic Filter

- สามารถกรองแบคทีเรียและจุลชีพส่วนใหญ่ได้โดยไม่ใช้ไฟฟ้า
- วัสดุธรรมชาติ ปลอดภัยต่อสุขภาพ
- ใช้งานง่าย และสามารถ “ทำความสะอาดเพื่อนำกลับมาใช้ซ้ำ” ได้หลายครั้ง
- ไม่ใช้สารเคมี ไม่ก่อของเสียอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม
- อายุการใช้งานยาว (6 เดือน – 2 ปี ขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำและการดูแล)
- รุ่นที่เคลือบเงิน (Silver-Doped) มีคุณสมบัติยับยั้งการเติบโตของเชื้อโรคเพิ่มเติม

จุดบกพร่องการกรองแบบ Ceramic Filter

- ไม่สามารถกำจัดสารเคมีหรือโลหะหนักที่ละลายในน้ำ (เช่น ตะกั่ว เหล็ก สารหนู) ได้ ต้องใช้ร่วมกับคาร์บอนหรือเรซิน
- หากไม่ดูแลหรือขัดล้างเป็นระยะ อาจเกิดการอุดตันและลดอัตราการไหลของน้ำ
- ไม่สามารถกรองไวรัสได้ทั้งหมด เนื่องจากไวรัสมีขนาดเล็กกว่า $0.05\ \mu\text{m}$
- ต้องระวังการแตกหรือร้าวของเนื้อเซรามิก เพราะจะทำให้ประสิทธิภาพกรองลดลงหรือเชื้อโรคเล็ดรอดได้

2.7 ประเภทเครื่องกรองน้ำที่เลือกใช้ในงาน

การทำโครงการ ระบบตรวจสอบคุณภาพเครื่องกรองน้ำ โดย iot design เลือกใช้

เครื่องกรองน้ำ 3 ขั้นตอน (PP + Carbon + UF/NF/Resin)

เหตุผลที่ใช้ การกรองละเอียดและครอบคลุมทุกประเภทของสิ่งปนเปื้อน

- PP Filter (Sediment / Polypropylene):

- กรองฝุ่น, ตะกอน, ทราย, สนิม และอนุภาคขนาดใหญ่
- ป้องกันการอุดตันของไส้กรองขั้นต่อไป
- ผลต่อ Flow Sensor: น้ำสะอาดไหลสม่ำเสมอ อ่านค่าอัตราการไหลแม่นยำ
- ผลต่อ Pressure Sensor: ลดความผันผวนแรงดันที่เกิดจากตะกอน ค่าแรงดันคงที่

- Carbon Filter (Activated Carbon):

- ดูดซับสารเคมี, คลอรีน, สี และกลิ่น
- ผลต่อ pH Sensor: ลดความแปรปรวนของค่า pH
- ผลต่อ TDS Sensor: กรองสารอินทรีย์บางส่วน ค่า TDS สะท้อนแร่ธาตุหลัก

- UF / NF / Resin Filter:

- UF: กรองแบคทีเรีย, โปรโตซัว, ตะกอนละเอียด, คอลลอยด์
- NF: กรองไวรัสบางชนิด, โลหะหนักบางส่วน, คงแร่ธาตุจำเป็นบางชนิด
- Resin: ลดความกระด้างของน้ำ แลก Ca^{2+} , Mg^{2+} เป็น Na^+
- ผลต่อ TDS Sensor: กรองสิ่งละลายที่ไม่จำเป็น ค่า TDS สะท้อนคุณภาพน้ำแท้จริง
- ผลต่อ pH Sensor: ลดความผันผวนจากความกระด้างและสารละลาย
- ผลต่อ Flow & Pressure Sensor: น้ำผ่านไส้กรองละเอียดยังไหลได้ดี ค่าเซนเซอร์เสถียร

เหมาะสมกับการต่อเซ็นเซอร์หลายตัว

- pH Sensor: น้ำมีความเสถียร ลดผลกระทบจากคลอรีนและสารเคมี
- TDS Sensor: กรองเฉพาะตะกอนและสารอินทรีย์บางส่วน อ่านค่าจริงของแร่ธาตุและความกระด้าง
- Flow Sensor: น้ำสะอาดไหลสม่ำเสมอ อ่านค่าอัตราการไหลแม่นยำ
- Pressure Sensor: ลดการผันผวนแรงดันจากตะกอน ค่าแรงดันเสถียร

เหตุผลที่ไม่เลือกใช้เครื่องกรองน้ำประเภทอื่น

1. เครื่องกรองน้ำ 2 ขั้นตอน (PP + Carbon)

- กรองละเอียดไม่พอ ไม่ลดความกระด้าง, โลหะหนัก หรือแบคทีเรีย
- TDS Sensor: ค่าที่อ่านอาจสูงเกินจริง
- pH Sensor: แปรปรวนจากคลอรีนและสารอินทรีย์ยังมีอยู่
- Flow & Pressure Sensor: ตะกอนขนาดเล็กอาจสะสม ค่าอ่านอาจไม่เสถียร

2. UF System (Ultrafiltration)

- กรองแบคทีเรียและตะกอนได้ดี แต่ ไม่กำจัดสารเคมีหรือโลหะหนัก TDS/pH Sensor อ่านค่าไม่แม่นยำ
- Flow & Pressure Sensor: UF membrane ต้องการแรงดันสูงเล็กน้อย ถ้าแรงดันน้ำไม่เสถียร ค่าเซนเซอร์อาจแปรปรวน
- ความซับซ้อนสูงกว่า 3 ขั้นตอน (ต้องติดตั้ง PP + Carbon ล่วงหน้า)

3. Nano Filtration (NF)

- กรองไวรัสและโลหะหนักบางชนิด ดีเกินความต้องการของโปรเจค
- TDS Sensor: น้ำที่ได้ค่า TDS ต่ำมาก อาจไม่สะท้อนคุณภาพน้ำทั่วไป
- ต้องใช้แรงดันน้ำสูง ต้องติดตั้งปั๊ม ชั้บซ้อน
- การดูแลรักษายากกว่า 3 ขั้นตอน

4. RO System (Reverse Osmosis)

- กรองละเอียดมาก น้ำบริสุทธิ์เกือบ 100%
- TDS Sensor: อ่านค่าแทบเป็นศูนย์ ไม่สะท้อนคุณภาพน้ำปกติ
- ต้องใช้แรงดันสูงและไฟฟ้า ระบบซับซ้อนและเสียงต่อเซนเซอร์
- น้ำทิ้งมาก ต้องออกแบบ Flow Sensor ให้รับมือ

เหมาะสำหรับงานวิจัยหรืองานอุตสาหกรรม ไม่เหมาะกับโปรเจคทดลอง IoT

บทที่ 3

ออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

3.1 กล่าวนำ

บทนี้นำเสนอขั้นตอนและกระบวนการออกแบบระบบตรวจสอบคุณภาพเครื่องกรองน้ำโดยใช้แพลตฟอร์ม IoT Design ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการบริหารจัดการและแสดงผลข้อมูลจากอุปกรณ์ IoT แบบครบวงจร โครงการนี้นี้มุ่งเน้นให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบคุณภาพน้ำในเครื่องกรองได้แบบเรียลไทม์ ผ่านการออกแบบแดชบอร์ด การสร้างโมเดลระบบ การเขียนโปรแกรมควบคุมและทดสอบเซนเซอร์ รวมถึงการใช้งานแพลตฟอร์ม IoT Design เพื่อเชื่อมโยงข้อมูลจากเซนเซอร์เข้าสู่ระบบได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ ภายในบทนี้จะประกอบด้วยรายละเอียดขั้นตอนสำคัญของการดำเนินงาน ดังนี้

3.2 การติดตั้งระบบปฏิบัติการ Ubuntu บนบอร์ด Orange Pi Zero 3

3.2.1 การเตรียมอุปกรณ์และซอฟต์แวร์ที่ใช้

ก่อนดำเนินการติดตั้งระบบปฏิบัติการ Ubuntu ลงบนบอร์ด Orange Pi Zero 3 จำเป็นต้องเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือดังต่อไปนี้

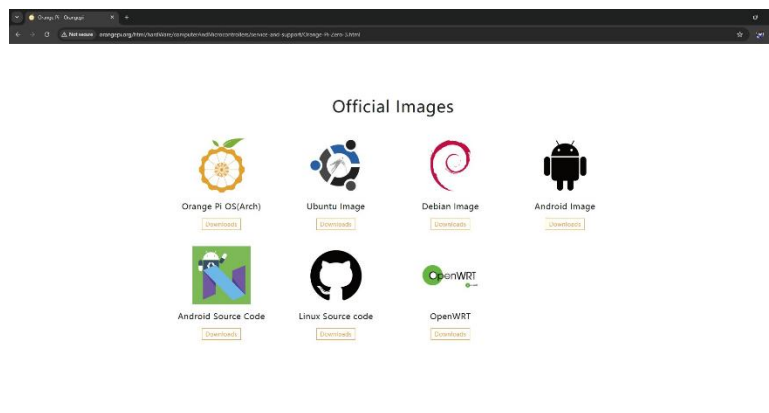
- บอร์ด Orange Pi Zero 3
- คอมพิวเตอร์สำหรับดาวน์โหลดและแฟลชระบบปฏิบัติการ
- SD Card ความจุขั้นต่ำ 16 GB
- สาย USB Type-C สำหรับจ่ายไฟและเชื่อมต่อข้อมูล
- สาย Mini HDMI to HDMI สำหรับต่อภาพออกจอแสดงผล
- โปรแกรม Balena Etcher สำหรับแฟลช Image ลง SD Card

3.2.2 ขั้นตอนการติดตั้งระบบ Ubuntu

3.2.2.1 เข้าสู่เว็บไซต์ทางการของ Orange Pi

เปิดเว็บเบราว์เซอร์และเข้าไปที่

<https://www.orangepi.org/html/hardWare/computerAndMicrocontrollers/service-and-support/Orange-Pi-Zero-3.html>



รูปที่ 32 เข้าสู่เว็บไซต์ทางการของ Orange Pi

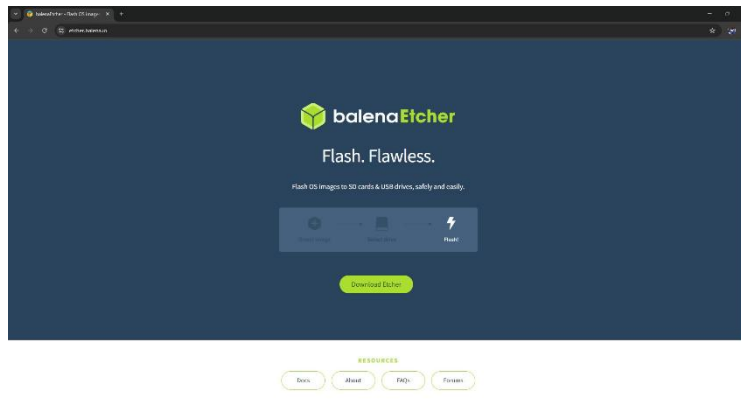
ภายในหน้าเว็บจะปรากฏ Official Images สำหรับระบบปฏิบัติการที่รองรับบอร์ด Orange Pi Zero 3 เช่น Ubuntu, Debian, Android และ Armbian

เลือก Ubuntu Image เพื่อทำการดาวน์โหลดไฟล์ระบบปฏิบัติการเพื่อนำไปแฟลชลง SD Card

3.2.2.2 ดาวน์โหลดและติดตั้งโปรแกรม Balena Etcher

เข้าสู่เว็บไซต์อย่างเป็นทางการของโปรแกรมที่ลิงก์

<https://etcher.balena.io/>



รูปที่ 33 หน้าหลัก Balena Etcher

โปรแกรม Balena Etcher ใช้สำหรับ แฟลชไฟล์ Image (.img หรือ .iso) ลงบน SD Card ได้อย่างรวดเร็วและปลอดภัย

หลังจากติดตั้งเสร็จ ให้เปิดโปรแกรมขึ้นมา จะปรากฏหน้าต่างหลักที่ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนสำคัญ:

1. Flash from file เลือกไฟล์ Image ของ Ubuntu ที่ดาวน์โหลดมา
2. Select target เลือก SD Card ที่ต้องการแฟลช
3. Flash! เริ่มกระบวนการแฟลชไฟล์ลง SD Card

3.2.2.3 การเตรียมไฟล์ระบบปฏิบัติการ

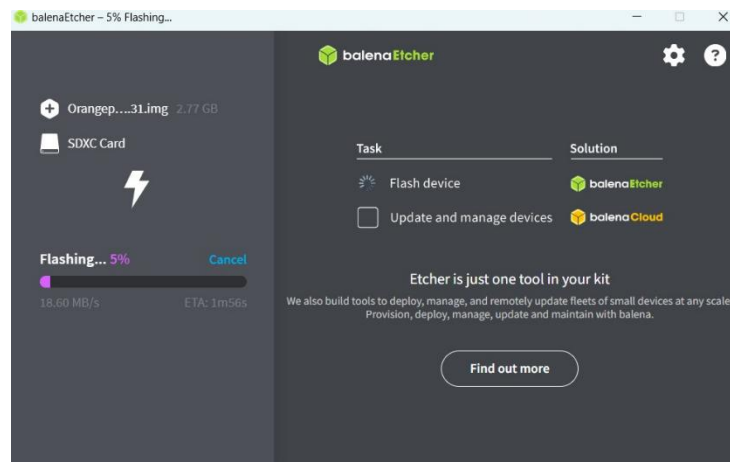
เมื่อดาวน์โหลดไฟล์ Ubuntu เสร็จสิ้น จะได้ไฟล์บีบอัด ดังนี้

ให้ทำการ แดกไฟล์ (Extract) ด้วยโปรแกรม WinRAR หรือ 7-Zip เพื่อให้ได้ไฟล์ .img สำหรับนำไปใช้งาน



3.2.2.4 ขั้นตอนการ Flash Image ลง SD Card

เปิดโปรแกรม Balena Etcher จากนั้นเลือกไฟล์ .img ที่ได้ทำการแตกออกมา แล้วกด “Flash” ระหว่างกระบวนการจะมีแถบสถานะการทำงาน (Progress bar) แสดงผลแบบเปอร์เซ็นต์ เมื่อเสร็จสิ้นจะมีความแจ้งว่า “Flash Complete” ขั้นตอนนี้คือการติดตั้งระบบ Ubuntu ลงบน SD Card สำเร็จ พร้อมนำไปใช้งานกับบอร์ด Orange Pi Zero 3

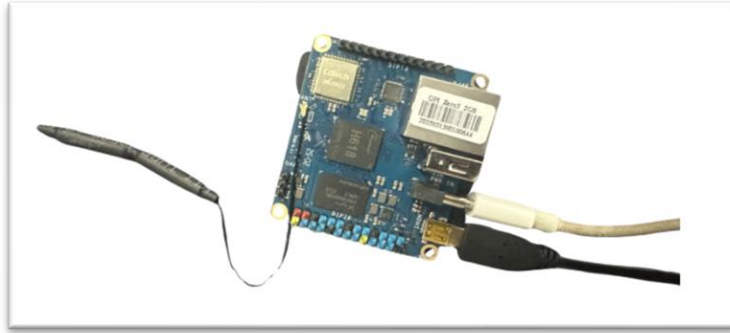


รูปที่ 34 ขั้นตอนการ Flash Image ลง SD Card

3.2.3 การเชื่อมต่อและทดสอบระบบ

3.2.3.1 การเชื่อมต่อบอร์ด Orange Pi Zero 3 เข้ากับอุปกรณ์

นำ SD Card ที่แฟลชแล้วใส่ในบอร์ด Orange Pi Zero 3 จากนั้นเชื่อมต่อสาย USB Type-C เพื่อจ่ายไฟ และต่อสาย Mini HDMI to HDMI เข้ากับจอภาพเพื่อดูผลการบูตระบบ



รูปที่ 35 ขั้นตอนการ การต่อ SD Card ใส่ในบอร์ด Orange Pi Zero 3

เมื่อบอร์ดเริ่มทำงาน จะปรากฏ โลโก้ Orange Pi บนหน้าจอ ซึ่งแสดงว่าระบบ Ubuntu เริ่มทำงานเรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 36 หน้าจอแสดง โลโก้ Orange Pi

3.2.3.2 การเข้าถึงระบบผ่าน Terminal และ SSH

หลังจากเข้าสู่หน้า Terminal ของระบบ Ubuntu บน Orange Pi แล้ว ให้ดำเนินการตั้งค่าเปิดใช้งาน SSH เพื่อควบคุมบอร์ดผ่านเครือข่าย

คำสั่งเปิดใช้งาน SSH คือ

```
sudo systemctl enable ssh  
sudo systemctl start ssh
```

ตรวจสอบ IP Address ของบอร์ดโดยใช้คำสั่ง

```
ip a
```

เช่น IP ที่ได้รับอาจเป็น 192.168.100.137

จากนั้นสามารถเชื่อมต่อผ่านคอมพิวเตอร์ในเครือข่ายเดียวกัน โดยใช้คำสั่งบนเครื่อง Host

```
ssh orangepi@192.168.100.137
```

3.2.4 ผลการติดตั้งและทดสอบระบบ

เมื่อเข้าสู่ระบบสำเร็จจะเห็นหน้าคำสั่งแสดงความต้อนรับ ดังนี้

```
Welcome to Orange Pi Zero 3 Ubuntu Server
```

3.3 ใช้งานแพลตฟอร์ม IoT Design และ การออกแบบ Dashboard

3.3.1 การ Sign in เข้าใช้งาน IoT Design

Sign in

Username *

admin

Password *

SIGN IN

[Forgot password?](#) [Registration](#)

รูปที่ 37 การ Sign in เข้าใช้งาน IoT Design

3.3.2 การตั้งค่า Modal (Modal Configuration)

บันทึกเซนเซอร์ XY-MD02 ให้โปรแกรม IoT Design รู้จัก

Model

Edit model

SAVE

name XY-MD02

Connector MODBUS-Serial

Remark

temp

label	function	address	datatype	factor	compensate	unit
temp	4	1	16U (16bit-Unsigned)	0.1	0	°C

func 0

addr 0

☐ Write

hum

label	function	address	datatype	factor	compensate	unit
hum	4	2	16U (16bit-Unsigned)	0.1	0	%

func 0

addr 0

☐ Write

SHUTDOWN

รูปที่ 38 การการตั้งค่า Modal

3.3.3 การ Add Device

เพิ่มคุณสมบัติของอุปกรณ์

- Model: เลือกโมเดลที่สร้างไว้ก่อนหน้านี้
- IP Address / Port Name
- Device Name: ชื่ออุปกรณ์
- Remark: หมายเหตุหรือคำอธิบาย

The screenshot shows the 'Edit Device' interface in the KMITUS system. The top navigation bar includes 'INFOS', 'DEVICES', 'USERS', and 'DASHBOARD'. The left sidebar shows 'Settings' with options for Site, User, Model, Theme, and Mini menu. The main form area is titled 'Edit Device' and contains the following fields:

- deviceID: 1
- node: 0
- connection: MODBUS-Serial
- Model: XY-MD02
- Address/port name: /dev/ttyUSB0,9600,none,8,1
- deviceName: XY-MD02
- Remark: (empty)
- API-Code: (empty)

Below the form, there are checkboxes for 'Stop', 'Record' (checked), 'Sync', and 'API'. A table below shows two data points:

Device Name	Value	Record	Sync	API
temp	28.400000000000002	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
hum	68.9	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

รูปที่ 39 การ Add Device

3.3.4 การสร้างผู้ใช้ เป็นการกำหนดสิทธิ์การเข้าถึงระบบ

- กรอกข้อมูลผู้ใช้ ได้แก่
- ชื่อผู้ใช้ (Username)
- อีเมล (Email)
- ระดับสิทธิ์ (User Level): super-user, user, operator, viewer
- รหัสผ่าน (Password)

บันทึก (Save)

Site - KM0c2a01de95b0

←

× Create User SAVE

userName
user-name4

fullName
user-fullname4

Groups

Site
KM0c2a01de95b0 • WaterFilterQualitySystem

email
user-name4@gmail.com

userLevel
super-user

userState
enable

☒ Change password

Password
....

Confirm
....

รูปที่ 40 การสร้างผู้ใช้

☐ Total : 3

☐ blue
• Site - (KM0c2a01de95b0)

☐ jirasin
• Site - (KM0c2a01de95b0)

☐ Pao
• Site - (KM0c2a01de95b0)

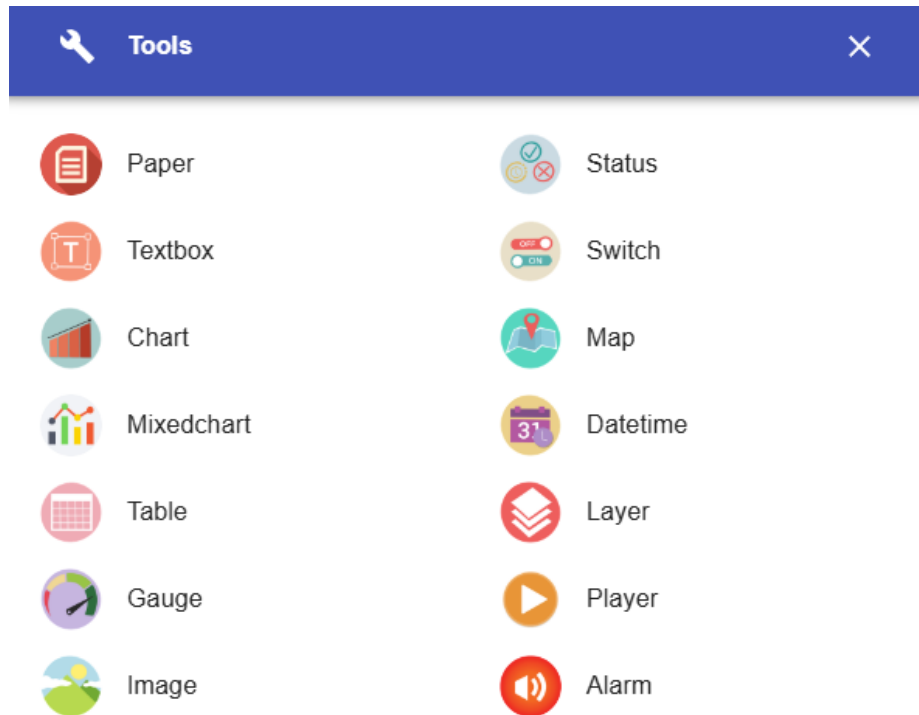
รูปที่ 41 การสร้างผู้ใช้ 3 ผู้ใช้งาน

3.3.5 เครื่องมือใช้สร้าง Dashboard

กำหนดคุณสมบัติของหน้าแดชบอร์ด Title, Margin, Width, Height, Grid Size, Number Layer

และกด Confirm และทำการ Save

การสร้าง Dashboard จะใช้ Tools ในการสร้าง เมื่อกด Tools จะปรากฏเครื่องมือต่างๆ ดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 42 เครื่องมือที่ใช้สร้าง Dashboard

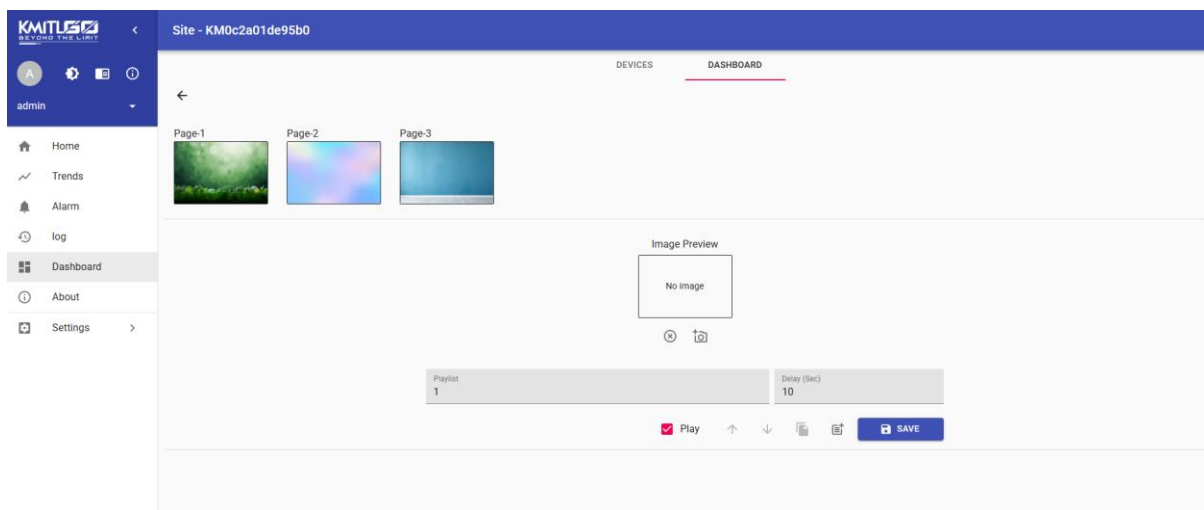
เครื่องมือต่างๆมีรายละเอียดดังนี้

- Textbox: สร้าง frame, Label, Alert, button, ฯลฯ
- Chart: สร้าง graph ได้แก่ line, bar, area, pie chart
- Table: สร้างตารางแบบ time series
- Gauge: สร้างเกจ
- Image: import รูปภาพ และ Gif
- Status: แจ้งเตือนในรูปแบบ LED หรือสีเหลี่ยม
- Switch: สวิตช์ปิด/เปิด


- Map: เชื่อมกับแผนที่
- Datetime: เชื่อม textbox, chart, table เพื่อดูข้อมูลย้อนหลัง
- Layer: สำหรับเปลี่ยน layer
- Player: สำหรับต่อเชื่อมกับกล้อง IP camera
- Alarm: สำหรับสร้างปฏิทินการแจ้งเตือน

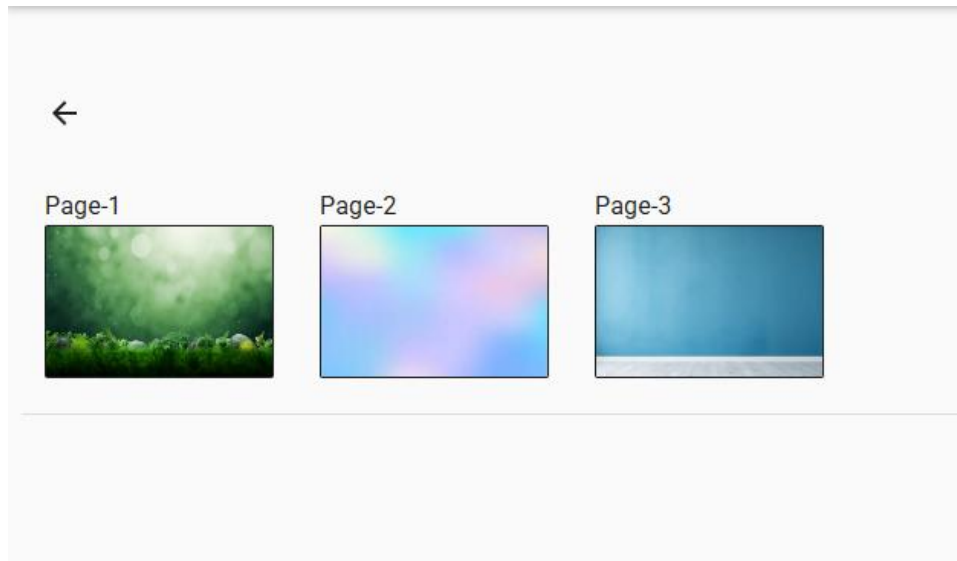
3.3.6 การสร้าง Dashboard

1. เริ่มสร้าง Dashboard ให้เลือก Setting ด้านขวามือ เพื่อเข้าสู่การตั้งค่าแล้วเลือกเมนู Dashboard



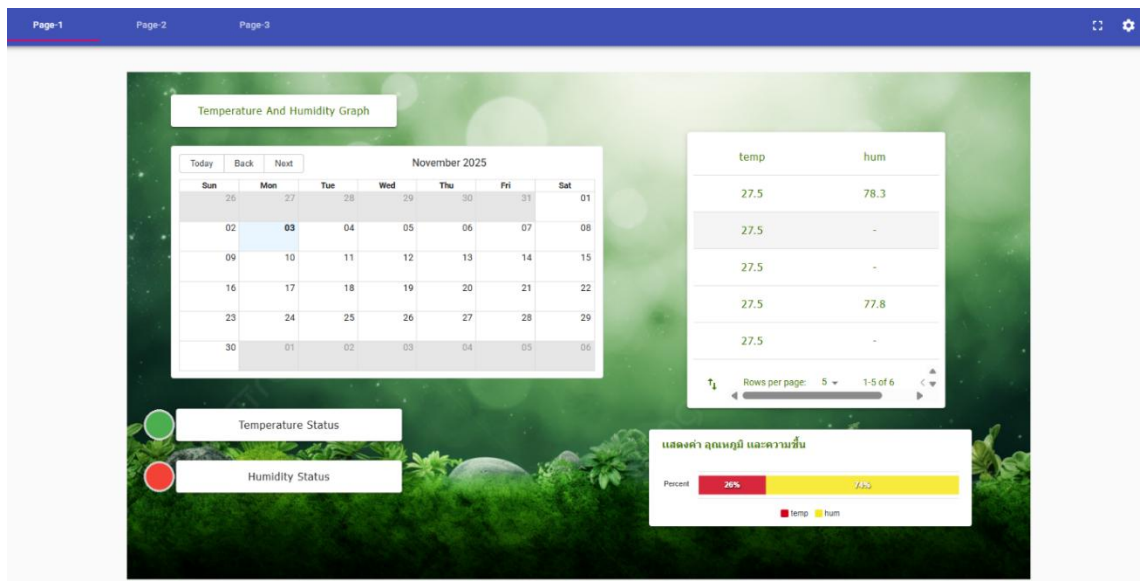
รูปที่ 43 เริ่มสร้าง Dashboard

2. กด New  สร้าง Dashboard สามารถตั้งชื่อหน้า ระยะเวลา ขอบ จำนวน Layer ขนาดกรอบ กริดแนวนอน และกริดแนวตั้ง

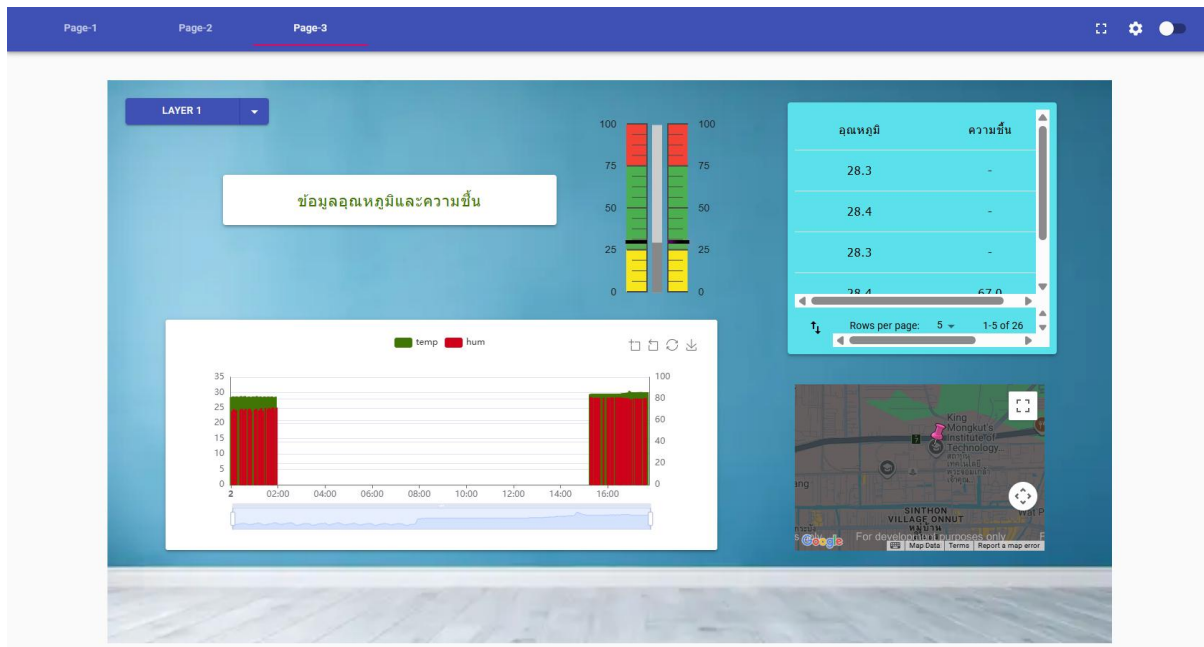


รูปที่ 44 เริ่มสร้าง Dashboard

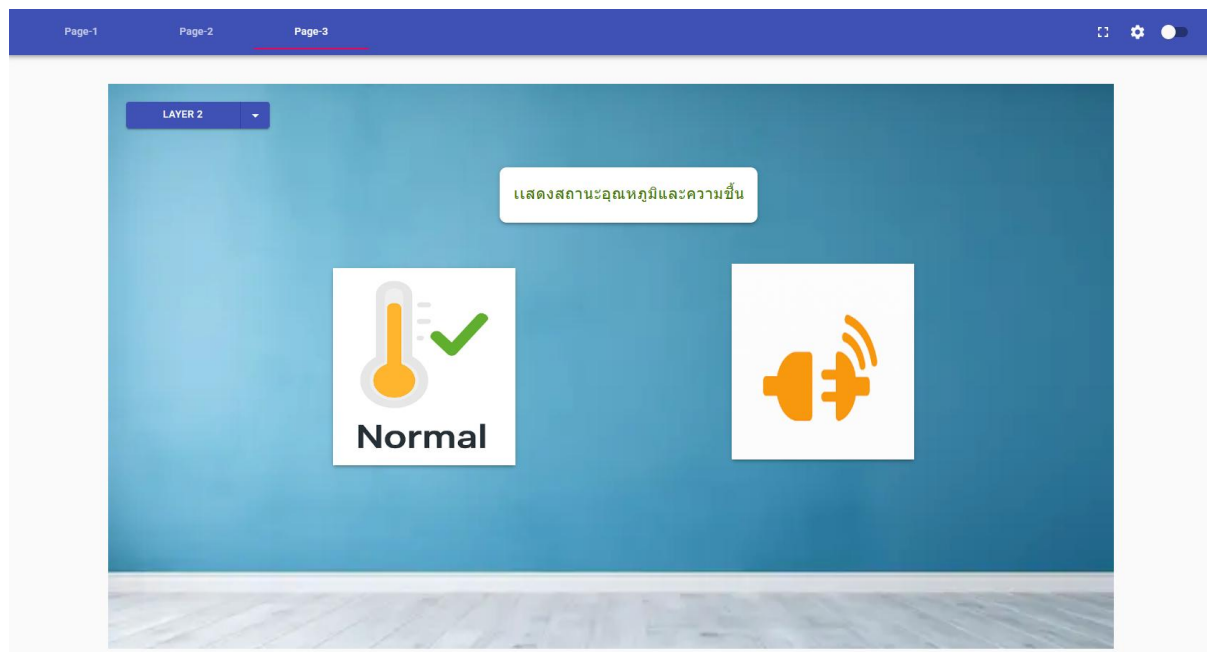
3. ผลการออกแบบ Dashboard



รูปที่ 45 ผลการออกแบบ Dashboard หน้า ที่ 1



รูปที่ 46 ผลการออกแบบ Dashboard หน้าที่ 2 Layer ที่ 1



รูปที่ 47 ผลการออกแบบ Dashboard หน้าที่ 2 Layer ที่ 2

3.4 การทดสอบ sensor

3.4.1 การทดสอบ TDS Sensor

1. วัตถุประสงค์การทดสอบ

เพื่อทดสอบความสามารถของเซนเซอร์ TDS ในการวัดค่าความนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity) ของน้ำประเภทต่าง ๆ และเปรียบเทียบค่าที่ได้กับมาตรฐานคุณภาพน้ำเบื้องต้น

3.4.2 อุปกรณ์ที่ใช้

ลำดับ	รายการอุปกรณ์	รายละเอียด
1	เซนเซอร์วัดค่า TDS (Total Dissolved Solids)	TDS Sensor
2	บอร์ดควบคุม	ESP32
3	ภาชนะเก็บตัวอย่างน้ำ	แก้วหรือขวดขนาด 250 mL
4	น้ำตัวอย่าง	น้ำกลั่น, น้ำกรอง, น้ำประปา
5	สาย USB และอุปกรณ์ต่อพ่วง	สำหรับเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

3.4.2.1 วิธีการทดสอบ

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมอุปกรณ์

ต่อสายเซนเซอร์ TDS เข้ากับบอร์ดตามคู่มือ

VCC → 3.3V / 5V

GND → GND

AOUT → ADCx (เช่น GPIO32 บน ESP32)

เปิด Serial Monitor ตรวจสอบค่าที่อ่านได้ (หน่วย mV หรือค่า TDS ppm)

ล้างหัวโพรบด้วยน้ำกลั่นก่อนเริ่ม เพื่อป้องกันการปนเปื้อนระหว่างตัวอย่าง

ขั้นตอนที่ 2 การเก็บตัวอย่างน้ำ

เตรียมน้ำตัวอย่างแต่ละประเภทไว้ในขวดแยกกัน โดยระบุฉลากชัดเจน

รหัสตัวอย่าง, ประเภทน้ำ, รายละเอียด

S1, น้ำกลั่น , น้ำกลั่นใช้วัดค่า tds ที่เข้าใกล้ 0 ppm

S2, น้ำกรอง , น้ำกรองใช้วัดค่า tds ที่มีค่า 30-50 ppm

S3, น้ำประปา , น้ำกรองใช้วัดค่า tds ที่มีค่า 180-200 ppm

ขั้นตอนที่ 3 การวัดค่าจากเซนเซอร์

จุ่มหัวโพรบ TDS ลงในตัวอย่างน้ำประมาณ 5 cm (ให้หัววัดจมสนิท)

รอให้ค่าบน Serial Monitor คงที่ (ประมาณ 10-15 วินาที)

บันทึกค่าที่อ่านได้ 3 ครั้งต่อหนึ่งตัวอย่าง แล้วหาค่าเฉลี่ย

ทำซ้ำกับตัวอย่างน้ำแต่ละประเภท

บันทึกอุณหภูมิน้ำแต่ละตัวอย่างเพื่อนำไปคำนวณค่าชดเชยอุณหภูมิ

3.4.2.2 ตัวอย่างผลการทดสอบ

อยู่ระหว่างการแก้ปัญหา เนื่องจาก ADC ของ ESP32 มีปัญหาในการรับค่า 0-3.3 V

3.4.2.3 การวิเคราะห์ผล

- น้ำกลั่นมีค่าต่ำที่สุด (< 5 ppm) แสดงถึงการไม่มีสารละลายเจือปน
- น้ำกรองมีค่าปานกลาง (ประมาณ 30-50 ppm) แสดงว่ามีแร่ธาตุเหลืออยู่เล็กน้อย

- น้ำประปามีค่า TDS สูงที่สุด (~180–200 ppm) สอดคล้องกับมาตรฐานน้ำประปาทั่วไป (WHO กำหนดให้ TDS ไม่เกิน 500 ppm)

ผลการทดสอบยืนยันว่าเซนเซอร์สามารถแยกความแตกต่างของน้ำแต่ละประเภทได้ชัดเจน

3.4.2 การทดสอบ pH Sensor

1. วัตถุประสงค์การทดสอบ

เพื่อทดสอบความแม่นยำ (Accuracy) และความเสถียร (Stability) ของ pH Sensor โดยใช้สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน (Buffer Solution) ที่มีค่า pH เป็นที่ทราบแน่ชัด ได้แก่ pH 4.00, pH 7.00 และ pH 9.00

3.4.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้

ลำดับ	รายการอุปกรณ์	รายละเอียด
1	เซนเซอร์วัดค่า pH	pH Sensor
2	บอร์ดควบคุม	ESP32
3	ภาชนะเก็บตัวอย่างสารละลาย	แก้วหรือขวดขนาด 250 mL
4	สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน	สารละลายที่มีค่า pH 4.0 , 7.0 , 9.0
5	สาย USB และอุปกรณ์ต่อพ่วง	สำหรับเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

3.4.2.2 ขั้นตอนการต่อวงจร

ขั้นตอนที่ 1 การต่อวงจร

เชื่อมต่อสายเซนเซอร์กับบอร์ดควบคุม :

VCC → 5V

GND → GND

AOUT → GPIO33 (หรือช่อง ADC อื่น)

เปิดโปรแกรม Serial Monitor เพื่อดูค่าที่อ่านได้แบบเรียลไทม์

ขั้นตอนที่ 2 การปรับเทียบเซนเซอร์ (Calibration)

เตรียม น้ำยาบัฟเฟอร์ pH 7.00 ในขวด

จุ่มหัวโพรบลงในน้ำยา

รอให้ค่าคงที่ แล้วตั้งค่าให้แสดงผลเป็น pH = 7.00 (ค่ากลาง)

ล้างหัวโพรบด้วยน้ำกลั่น

ทำซ้ำกับ น้ำยาบัฟเฟอร์ pH 4.00 และ pH 9.00 เพื่อสร้างสมการเชิงเส้นระหว่างแรงดันไฟฟ้า (mV) กับค่า pH จริง

โปรแกรมจะคำนวณค่า Slope (ความชัน) และ Offset เพื่อใช้ในสมการ

$$pH = Slope \times Voltage + Offset$$

ตัวอย่างเช่น:

ที่ pH 4.00 มีค่า Voltage ≈ 2.70 V

ที่ pH 7.00 มีค่า Voltage ≈ 2.00 V

ที่ pH 9.00 มีค่า Voltage ≈ 1.65 V

ขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบค่าหลังปรับเทียบ (Verification)

หลังจาก Calibrate แล้ว

ให้จุ่มโพรบกลับไปในน้ำยาแต่ละค่าอีกครั้งเพื่อทดสอบว่าเซนเซอร์อ่านได้ใกล้เคียงค่าจริงหรือไม่

ทำซ้ำ 3 ครั้งต่อแต่ละน้ำยา

บันทึกค่า pH ที่แสดงผลจากเซนเซอร์ และเปรียบเทียบกับค่าจริงของน้ำยามาตรฐาน

3.4.2.3 ตัวอย่างผลการทดสอบ

Voltage (mV)	pH = 9	Voltage (mV)	pH = 7	Voltage (mV)	pH = 4
114.996	8.8 pH	149.729	6.94 pH	199.773	4.25 pH
110.322	9.05 pH	147.875	7.03 pH	209.363	3.74 pH
109.194	9.11 pH	148.762	6.99 pH	201.143	4.18 pH
109.758	9.08 pH	151.582	6.84 pH	203.158	4.07 pH
111.128	9.01 pH	153.033	6.76 pH	198.322	4.33 pH
109.597	9.09 pH	149.084	6.97 pH	200.015	4.24 pH
109.919	9.07 pH	148.923	6.98 pH	207.831	3.82 pH
123.733	8.33 pH	148.278	7.01 pH	196.147	4.45 pH
109.678	9.08 pH	148.037	7.03 pH	200.418	4.22 pH

3.4.2.4 การวิเคราะห์ผล

- ค่า pH ที่วัดได้มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเพียง ± 0.05 หน่วย

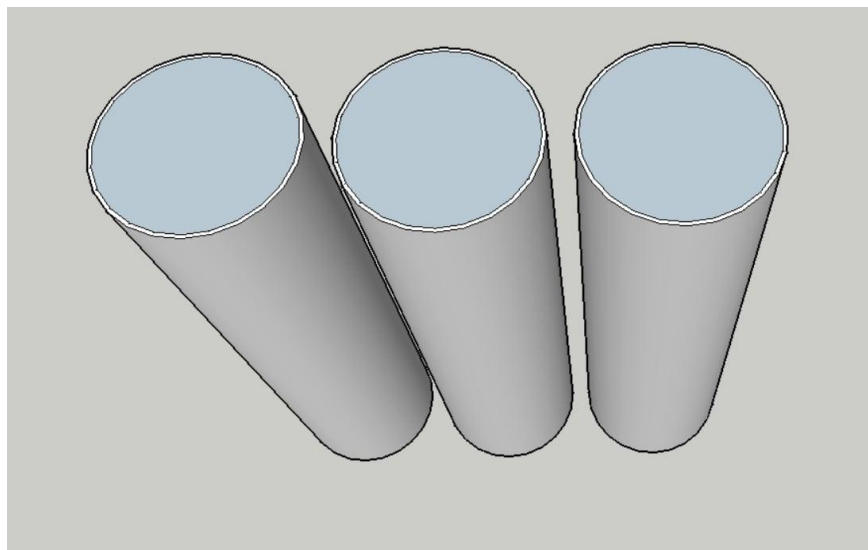
ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ตามมาตรฐานการสอบเทียบเซนเซอร์ (± 0.1 pH)

- ค่าความชันของกราฟแรงดัน-pH อยู่ในช่วงที่เหมาะสม (ประมาณ -59 mV/pH ที่ 25°C) แสดงว่าเซนเซอร์ทำงานถูกต้อง
- ค่าแรงดันไฟฟ้าลดลงตามค่าความเป็นด่างที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับหลักการทำงานของอิเล็กโทรดวัดค่า pH

ผลการทดสอบยืนยันว่าเซนเซอร์ผ่านการปรับเทียบและสามารถใช้งานวัดจริงกับน้ำประเภทอื่นได้อย่างแม่นยำ

3.5 การออกแบบโมเดล

3.5.1 การออกแบบไส้กรองสามชนิด



รูปที่ 48 การออกแบบไส้กรองสามชนิด

1. การขึ้นรูปกระบอกกรองต้นแบบ

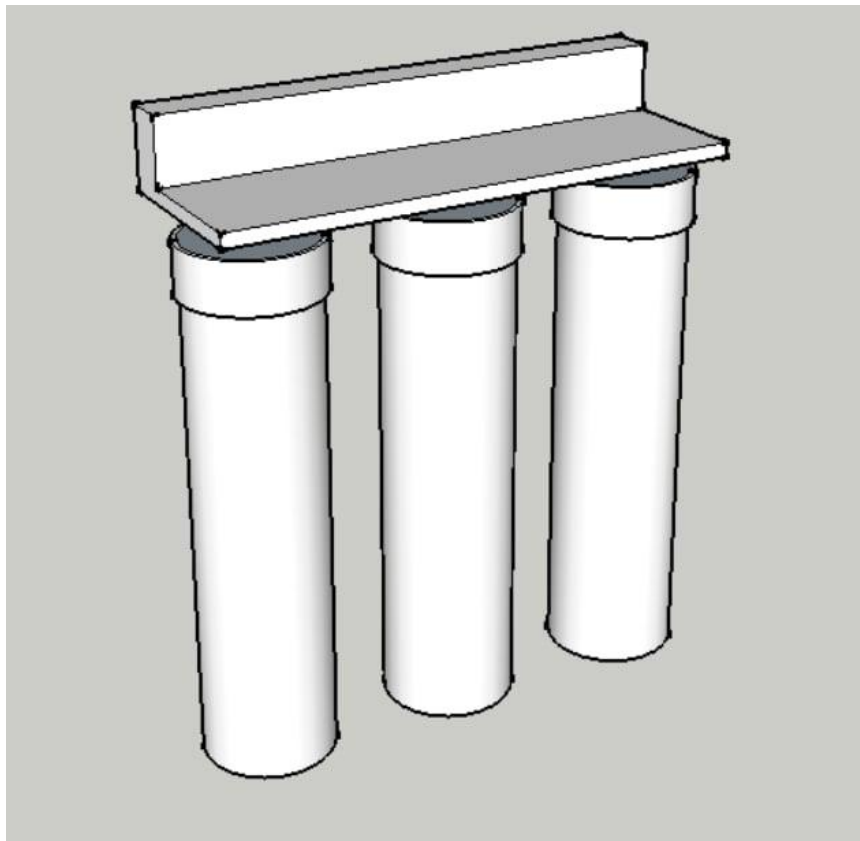
- การกำหนดฐาน: เริ่มจากการวาดวงกลมฐาน (Base Profile) บนระนาบพื้น (Ground Plane) โดยใช้คำสั่ง Circle
- การกำหนดมิติ: กำหนด รัศมี ของวงกลมให้เท่ากับ 31.75mm ตามข้อกำหนดด้านการออกแบบ

- การดึงขึ้นรูป: ใช้คำสั่ง Push/Pull ดึงวงกลมฐานขึ้นในแนวตั้ง โดยกำหนด ความสูง ให้เท่ากับ
- 254 mm เพื่อให้ได้กระบอกทรงกรวยกระบอกต้นแบบที่สมบูรณ์

2. การทำสำเนาและการจัดเรียง

- เมื่อสร้างกระบอกทรงต้นแบบเสร็จสิ้น ได้มีการใช้ฟังก์ชัน การทำสำเนา (Copy)
- ทำการสำเนาแบบจำลองทรงกระบอกนั้นอีกจำนวนสองชิ้น (รวมเป็นสามชิ้น)
- จัดเรียงให้ 'วาง อยู่' ใน แนว ระนาบ เดียว กัน โดยรักษาระยะห่างที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งในโครงยึด

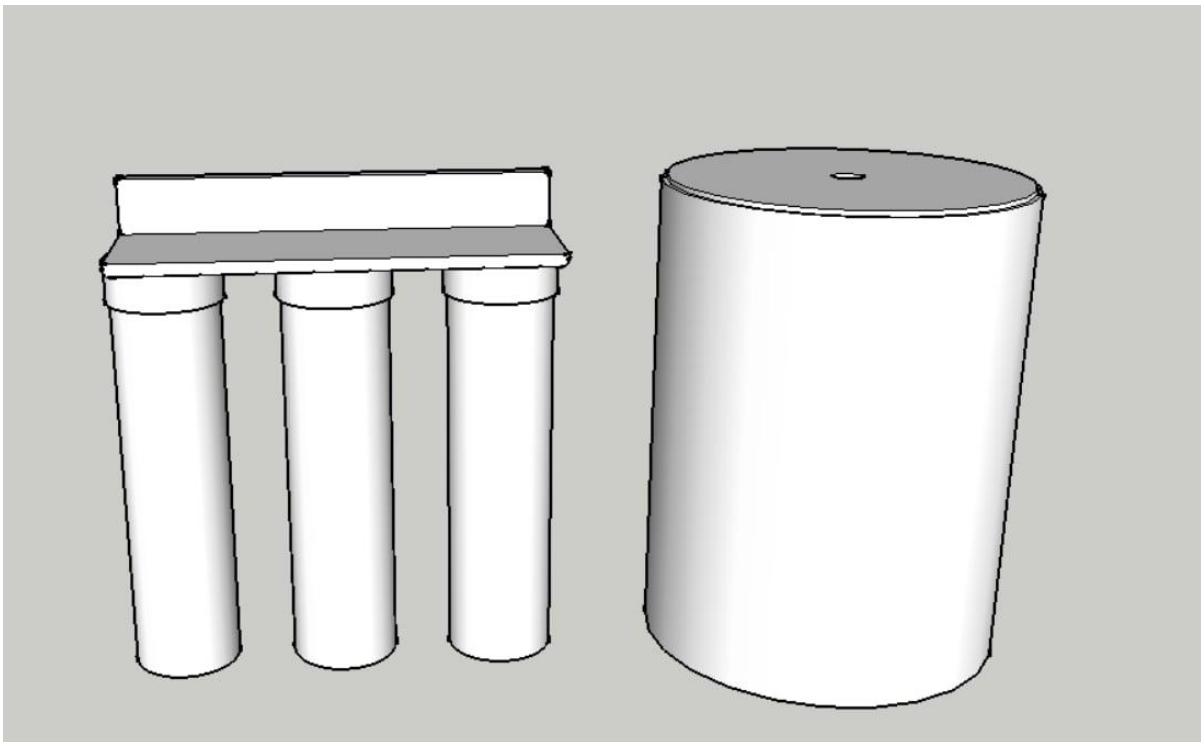
3.5.2 การออกแบบที่ยึดกับเครื่องกรองน้ำ



รูปที่ 49 การออกแบบที่ยึดกับเครื่องกรองน้ำ

1. **การขึ้นรูปฐานหลัก** เริ่มจากการวาดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าสองมิติบนระนาบ XY และใช้คำสั่ง Push/Pull เพื่อขึ้นรูปให้เป็นแผ่นฐานที่มีความหนาตามที่กำหนดก่อนจะขึ้นรูปส่วนตั้งฉากด้านหลัง (Vertical Flange)
2. **การกำหนดตำแหน่งรูยัด**
ตำแหน่งศูนย์กลางของรูเจาะทั้งหมดตามข้อกำหนดด้านการจัดวาง (Layout) โดยประกอบด้วยรูยัดแผ่นติดตั้งด้านบนสองรู และรูยัดสำหรับท่อทรงกระบอก (Filter Cylinders)
3. **การสร้างรูเจาะ:** ใช้เครื่องมือ Circle เพื่อวาดวงกลมในตำแหน่งที่กำหนด จากนั้นใช้คำสั่ง Push/Pull เพื่อทำการเจาะรู (Cut/Subtract) ให้ทะลุขึ้นส่วนตามความหนาของแผ่นฐาน
4. **การเก็บรายละเอียด:** ดำเนินการลบมุม (Fillet) หรือการปรับมุมโค้ง (Rounding) ที่ขอบของชิ้นส่วน เพื่อให้ได้รูปทรงที่สมบูรณ์และสอดคล้องกับการใช้งานจริง

3.5.3 การออกแบบหม้อพักน้ำ



รูปที่ 50 การออกแบบหม้อพักน้ำ

1. การกำหนดฐานและรัศมี

- ขั้นแรกคือการวาดฐานของถังบนระนาบการทำงาน โดยใช้เครื่องมือ Circle
- รัศมีของวงกลมฐานถูกกำหนดจากค่าเส้นผ่านศูนย์กลาง 220.0mm (22 ซม.) โดยการหารครึ่ง ทำให้ได้รัศมีที่ 110.0mm

2. การขึ้นรูปความสูง

- จากนั้น ใช้คำสั่ง Push/Pull เพื่อดึงวงกลมฐานขึ้นตามแนวตั้ง
- การดึงขึ้น (Extrusion) นี้มีความสูงเท่ากับ 290.0mm (29 ซม.)
ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแบบจำลองสองมิติให้กลายเป็นรูปทรงกระบอกสามมิติที่สมบูรณ์ตามขนาดที่ต้องการ

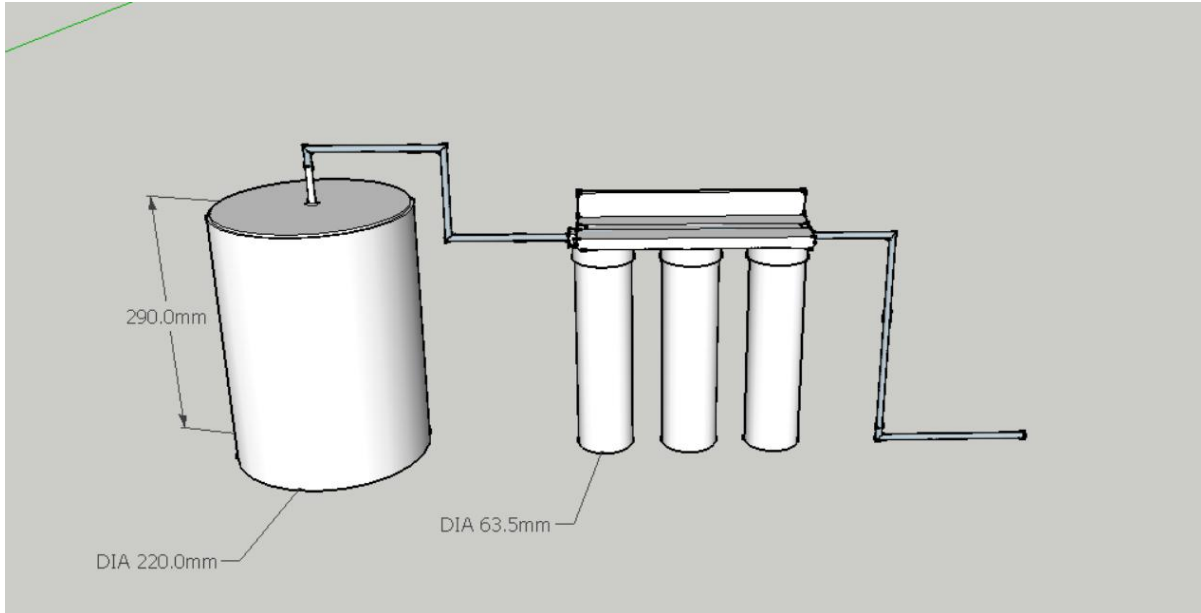
3. การประมาณค่าความจุ

- ค่าความจุโดยประมาณที่ 8 ลิตร สอดคล้องกับขนาดที่สร้างขึ้น
ซึ่งเป็นผลมาจากการคำนวณปริมาตรภายในของทรงกระบอก
- โดยทั่วไป ความจุที่ใช้งานจริงอาจมีความแตกต่างจากปริมาตรทางทฤษฎีเล็กน้อย
เนื่องจากความหนาของวัสดุและขอบเขตการบรรจุ

4. การเก็บรายละเอียดส่วนเชื่อมต่อ

- มีการเพิ่มองค์ประกอบทรงกระบอกขนาดเล็กบนผิวหน้าด้านบน
เพื่อเป็นตัวแทนของท่อหรือวาล์วเชื่อมต่อ ซึ่งบ่งชี้ถึงจุดที่ของเหลวเข้าหรือออกจากถัง

3.5.4 การออกแบบและการเชื่อมต่อท่อ



รูปที่ 51 การออกแบบและการเชื่อมต่อท่อ

1. การกำหนดแนวเส้นทาง (Path Definition)

- เริ่มต้นจากการกำหนดแนวเส้นทางซึ่งเป็นชุดของเส้นที่เชื่อมต่อจุดศูนย์กลางของกระบอกกรองแต่ละใบ โดยกำหนดให้เส้นทางอยู่ในระนาบที่เหมาะสมสำหรับการเชื่อมต่อ

2. การกำหนดวงกลมหน้าตัด (Profile Definition)

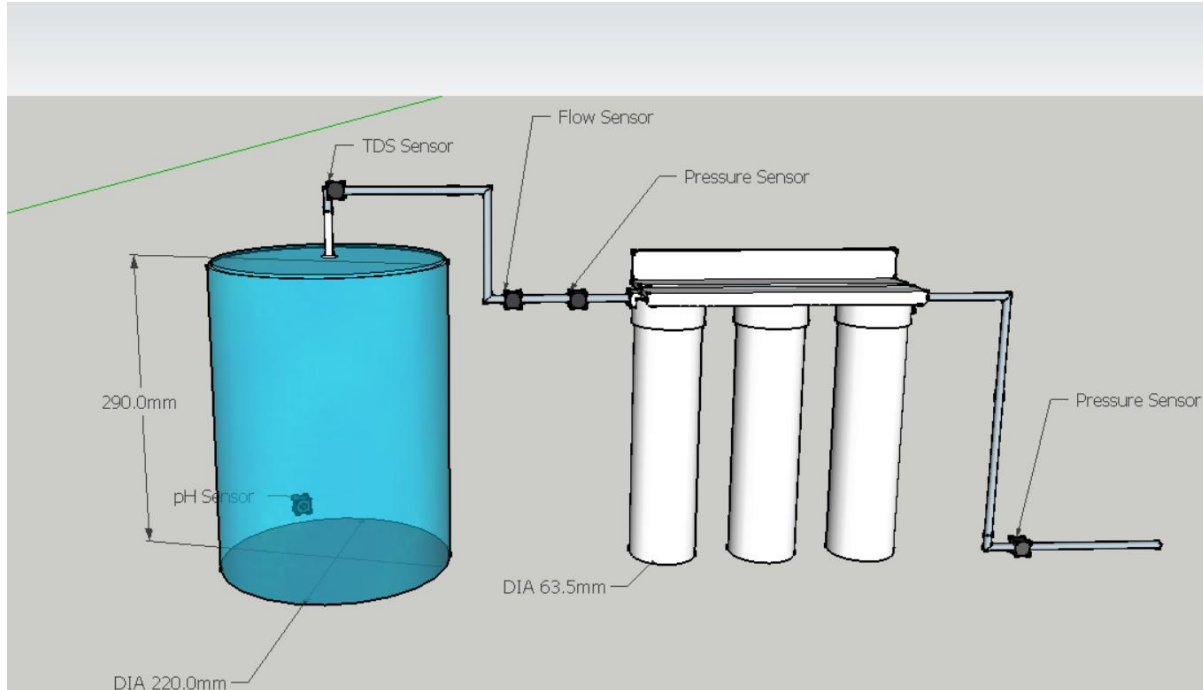
- สร้างวงกลมหน้าตัด บนระนาบที่ตั้งฉากกับจุดเริ่มต้นของแนวเส้นทาง
- รัศมีของวงกลมหน้าตัดนี้ถูกกำหนดให้มีค่า 3.25mm เพื่อให้สอดคล้องกับขนาดของท่อตามข้อกำหนดด้านการออกแบบ

3. การขึ้นรูปท่อ

- ใช้คำสั่ง Follow Me โดยการเลือกวงกลมหน้าตัดเป็นส่วนที่ต้องการดึง
- จากนั้นคลิกที่แนวเส้นทางที่กำหนดไว้คำสั่งจะทำการดึงวงกลมหน้าตัดให้เกิดเป็นผิวทรง

กระบอกตลอดความยาวของแนวเส้นทางทั้งหมด

3.5.5 การเพิ่มเซนเซอร์ตรวจวัด 4 ชนิด



รูปที่ 52 การเพิ่มเซนเซอร์ตรวจวัด 4 ชนิด

1. องค์ประกอบ

1. **Flow Sensor:** ตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำติดตั้งที่ท่อทางออกหลัก ภายหลังการกรองชั้นที่

2. **Pressure Sensor:** ตรวจวัดแรงดันในระบบ

- ชั้นที่ 1: ติดตั้งที่ท่อขาเข้าสู่ระบบการกรอง (Inlet)
- ชั้นที่ 2: ติดตั้งที่ท่อขาออก ภายหลังการกรองชั้นที่ 3 (Outlet)

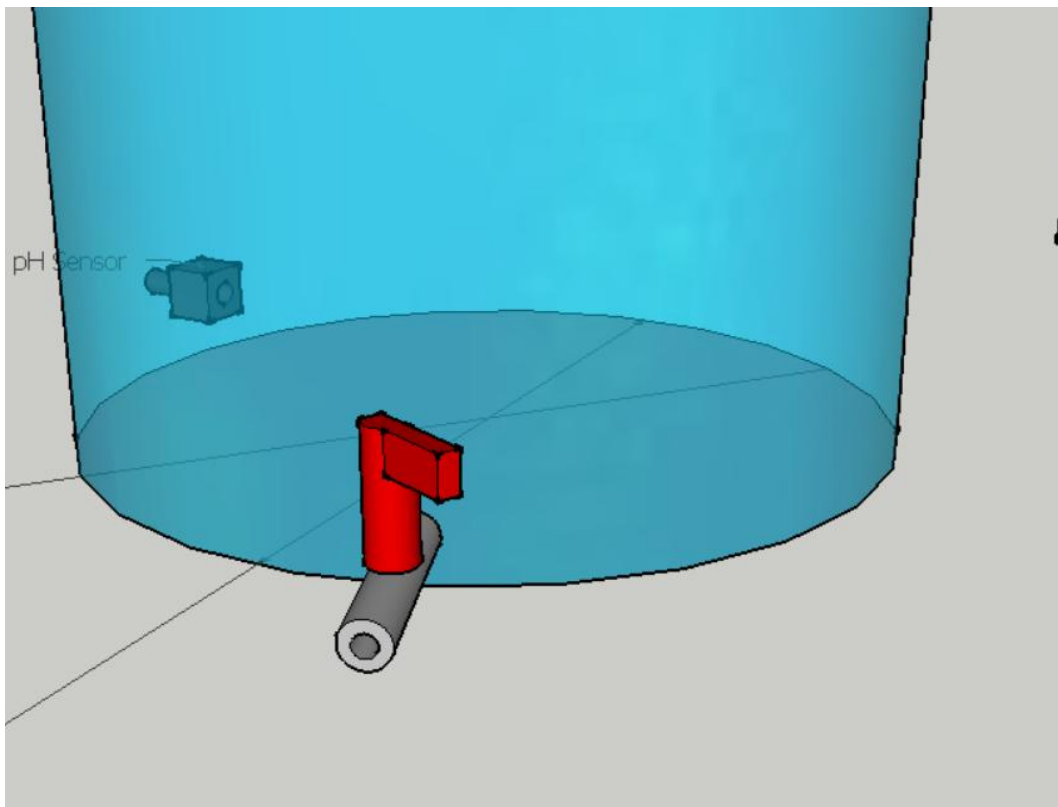
3. **pH Sensor:**

ตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่างติดตั้งแบบจุ่ม (Submersible) ภายในแบบจำลองถังพักน้ำ เพื่อวัดคุณสมบัติของน้ำที่ผ่านการกรองแล้ว

4.TDS Sensor:

ตรวจวัดค่าความบริสุทธิ์ของน้ำ (Total Dissolved Solids)ติดตั้งบนท่อส่งน้ำขาออก ก่อนเข้าสู่ถังพักน้ำ ซึ่งเป็นจุดที่สามารถวัดคุณภาพน้ำสุดท้ายได้

3.5.6 การเพิ่มก๊อกเปิด - ปิดน้ำ



รูปที่ 53 การเพิ่มก๊อกเปิด - ปิดน้ำ

1. การขึ้นรูปองค์ประกอบหลัก

- แบบจำลองถูกสร้างขึ้นจากรูปทรงเรขาคณิตพื้นฐานหลายส่วน เช่น ลูกบาศก์และทรงกระบอก เพื่อแสดงถึงลักษณะของ ตัวเรือนวาล์ว (Valve Body) และ มือจับ (Handle)
- ตัวเรือนวาล์ว (แสดงด้วยสีแดงในภาพ) ถูกสร้างให้เป็นรูปทรงลูกบาศก์หรือทรงกระบอกสั้น และถูกจัดวางให้เชื่อมต่อกับท่อระบายน้ำที่ฐานถัง

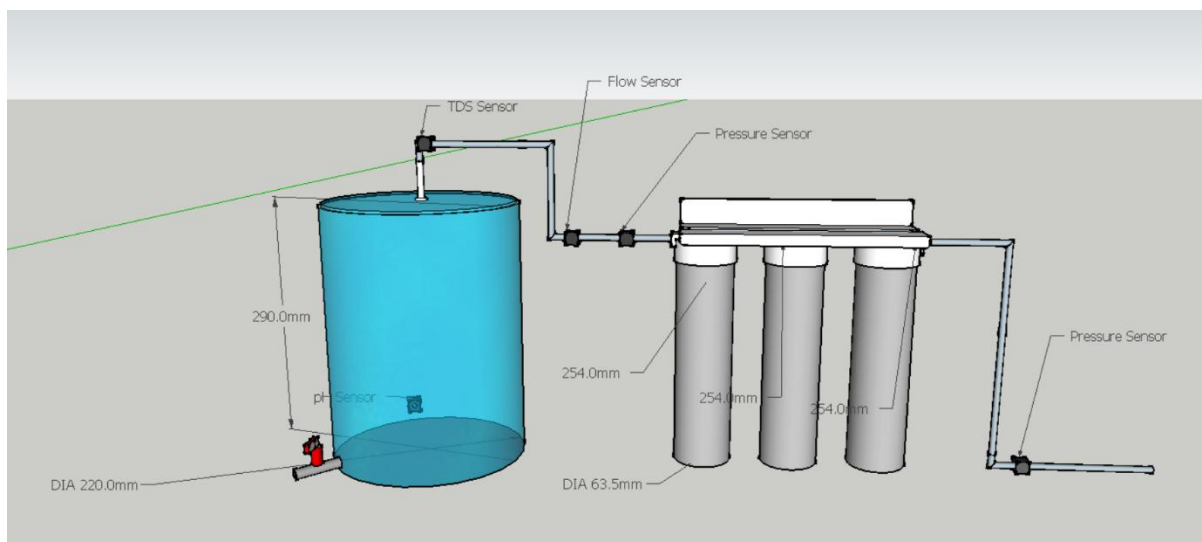
2. การจำลองท่อเชื่อมต่อ

- แบบจำลองท่อทรงกระบอกถูกสร้างขึ้นเพื่อจำลองการเชื่อมต่อทางกลของวาล์วเข้ากับท่อส่งน้ำหลัก โดยแสดงให้เห็นการไหลออกของน้ำที่ถูกควบคุมโดยวาล์ว

3. การแสดงหน้าที่ควบคุม

- องค์ประกอบของมือจับ (ส่วนสีแดงที่ยื่นออกมา) ถูกสร้างขึ้นเพื่อบ่งชี้ถึงหน้าที่ในการเปิด-ปิด (On/Off) การไหลของน้ำออกจากถังพักซึ่งเป็นการจำลองฟังก์ชันการควบคุมของวาล์วบอล (Ball Valve) ในระบบจริง

3.5.7 ภาพรวมการประกอบแบบจำลองระบบทั้งหมด



รูปที่ 54 ภาพรวมการประกอบแบบจำลองระบบทั้งหมด

ประกอบหลักต่าง ๆ ดังนี้:

1. ชุดกรองและโครงยึด

1. ประกอบด้วยกระบอกกรองทรงกระบอกจำนวนสามชิ้น (ความสูง 254.0mm, เส้นผ่านศูนย์กลาง 63.5mm)

2. ซึ่งได้รับการจัดวางอย่างเป็นระเบียบภายในโครงยึดหลัก (Mounting Bracket) และมีการจำลองท่อเชื่อมต่อระหว่างกระบอกกรองทั้งสามเพื่อแสดงทิศทางการไหลของน้ำ

2. ถังพักน้ำ

1. มีการสร้างแบบจำลองถังทรงกระบอก (ความสูง 290.0mm, เส้นผ่านศูนย์กลาง 220.0mm)
2. สำหรับเป็นถังเก็บน้ำสะอาดที่ผ่านกระบวนการกรองแล้ว
3. พร้อมทั้งติดตั้ง ก๊อกเปิด-ปิดน้ำ (Ball Valve) บริเวณฐานเพื่อควบคุมการจ่ายน้ำออกจากถัง

3. การติดตั้งเซนเซอร์

มีการบูรณาการเซนเซอร์ตรวจวัดที่สำคัญสี่ชนิดเข้ากับระบบอย่างเป็นระบบเพื่อให้สามารถตรวจวัดคุณสมบัติได้

1. Pressure Sensor

ถูกติดตั้งที่ท่อทางเข้าและทางออกของชุดกรองเพื่อสังเกตการณ์การเปลี่ยนแปลงของแรงดัน

2. Flow Sensor และ TDS Sensor

ติดตั้งอยู่บนท่อหลักทางออกก่อนเข้าถังพัก เพื่อวัดอัตราการไหลและคุณภาพน้ำ

3. pH Sensor

ถูกจำลองการติดตั้งแบบจุ่มภายในถังพักน้ำ เพื่อวัดค่าความเป็น

กรด - ด่างของน้ำที่ผ่านการกรอง