

การพัฒนาเครื่องตรวจวัดฝุ่นละอองสำหรับโรงงานผสมคอนกรีต

The Development of Dust Detector for Concrete Plant

เอกชัย ดีศิริ*¹ พศวีร์ ศรีโหมด¹

¹สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม akekachai.de@spu.ac.th*

pasawee.sr@spu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้พัฒนาเครื่องตรวจวัดฝุ่นละอองในโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ โดยใช้เซนเซอร์ PMS7003 ร่วมกับบอร์ด ESP32 เพื่อตรวจวัดค่า PM2.5 และ PM10 แบบเรียลไทม์ ข้อมูลถูกส่งไปยัง Firebase และแสดงผลผ่านเว็บไซต์แดชบอร์ด เมื่อค่าฝุ่นเกินเกณฑ์ และสามารถควบคุมปั๊มน้ำพ่นละอองอัตโนมัติ ผลการทดสอบในสถานที่จริงพบว่าสามารถลดค่าฝุ่น PM2.5 ในช่วงที่มากที่สุดลงได้ 148 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ PM10 ในช่วงที่มากที่สุดลงได้ 304 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

คำสำคัญ: ฝุ่นละออง, PM2.5, PM10, โรงงานคอนกรีต

Abstract

This paper presents the development of a real-time dust monitoring system for ready-mixed concrete plants. The system utilizes a PMS7003 sensor in conjunction with an ESP32 microcontroller to measure PM2.5 and PM10 particulate matter levels. The collected data is transmitted to Firebase and displayed on a web-based dashboard, enabling users to monitor air quality in real time. Additionally, the system can automatically activate a water mist spray pump to reduce airborne particulates. Field testing demonstrated the system's effectiveness, with a maximum reduction of 148 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in PM2.5 and 304 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in PM10 concentrations. The results indicate that the proposed system is suitable for industrial applications requiring continuous dust monitoring and automated mitigation

Keywords: Dust particles, PM2.5, PM10, Concrete plant

1. ข้อมูลทั่วไป

ในปัจจุบัน ปัญหามลพิษทางอากาศจากฝุ่นละออง โดยเฉพาะ PM2.5 และ PM10 ได้ทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้นในพื้นที่เขตเมืองและอุตสาหกรรม ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนและแรงงาน โดยเฉพาะโรคระบบทางเดินหายใจ เช่น หอบหืด ปอดอุดกั้นเรื้อรัง และโรคหัวใจ หนึ่งในแหล่งกำเนิดฝุ่นที่สำคัญ คือ โรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดเก็บ ขนส่ง และผสมวัตถุดิบต่าง ๆ เช่น ปูนซีเมนต์ หิน และทราย ทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองในปริมาณมาก

การพัฒนานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบต้นแบบสำหรับตรวจวัดฝุ่นละอองในอากาศที่สามารถใช้งานได้ง่ายในพื้นที่โรงงาน โดยนำเซนเซอร์ PMS7003 ซึ่งเป็นเซนเซอร์วัดฝุ่นแบบเลเซอร์ที่มีความละเอียดสูง มาประยุกต์ใช้งานร่วมกับบอร์ด ESP32 เพื่อวัดค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กแบบเรียลไทม์ และส่งข้อมูลเข้าสู่ Firebase Realtime Database ซึ่งสามารถนำข้อมูลไปแสดงผลผ่านเว็บไซต์ที่ออกแบบในรูปแบบแดชบอร์ด และระบบควบคุมอุปกรณ์พ่นละอองน้ำผ่านรีเลย์อัตโนมัติ

ระบบต้นแบบนี้นอกจากจะสามารถตรวจวัดค่าฝุ่นในระดับความละเอียดที่ยอมรับได้แล้ว ยังถูกออกแบบให้มีต้นทุนต่ำ ใช้งานง่าย และเหมาะสมกับการติดตั้งในสถานที่จริง จึงเป็นทางเลือกที่มีศักยภาพสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็ก รวมถึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในบริบทอื่นที่มีความเสี่ยงด้านฝุ่นละอองเช่น พื้นที่ก่อสร้าง พื้นที่จราจรหนาแน่น หรือชุมชนเมืองที่มีค่าฝุ่นเกินมาตรฐาน

2. เอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับฝุ่นละออง

ฝุ่นละอองในอากาศ หมายถึง อนุภาคของแข็งที่มีขนาดตั้งแต่ 0.01 ถึง 200 ไมครอน แบ่งตามขนาดได้เป็นฝุ่นหยาบ (PM10) และฝุ่นละเอียด (PM2.5) ซึ่งสามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้ง่าย โดยเฉพาะในโรงงานคอนกรีตซึ่งมีกระบวนการขนถ่ายวัสดุ เช่น หิน ปูน ทราย ที่เป็นแหล่งกำเนิดฝุ่นหลัก ผลกระทบจากฝุ่นไม่เพียงส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์ แต่ยังส่งผลต่อเครื่องจักร การมองเห็น และสิ่งแวดล้อมโดยรอบอีกด้วย

ค่าดัชนีคุณภาพอากาศ (Air Quality Index: AQI) เป็นระบบรายงานคุณภาพอากาศที่ได้รับการออกแบบให้สามารถสื่อสารข้อมูลแก่ประชาชนได้อย่างเข้าใจง่าย โดยแสดงสถานการณ์มลพิษทางอากาศในรูปแบบตัวเลขและระดับสี ซึ่งช่วยให้ประชาชนสามารถประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพและวางแผนการดำเนินกิจกรรมในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม พิจารณาจากค่าความเข้มข้นของมลพิษหลักในอากาศ ได้แก่ ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5), ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10), ก๊าซโอโซน (O_3), ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2), คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) โดยค่าที่วัดได้จะถูกคำนวณและแปลงเป็นดัชนี

AQI	ความหมาย	สีที่ใช้	คำอธิบาย
0 – 25	ดีมาก	Blue	เหมาะสำหรับกิจกรรมกลางแจ้งและการท่องเที่ยว
26 – 50	ดี	Green	ทำกิจกรรมกลางแจ้งและท่องเที่ยวได้ตามปกติ
51 – 100	ปานกลาง	Yellow	ทำกิจกรรมกลางแจ้งได้ หากมีอาการควรหลีกเลี่ยง
101 – 200	มีผลกระทบต่อสุขภาพ	Orange	ควรเฝ้าระวังสุขภาพ หากมีอาการผิดปกติของกิจกรรมกลางแจ้งหรือใช้อุปกรณ์ป้องกัน
200 ขึ้นไป	อันตราย	Red	หลีกเลี่ยงกิจกรรมกลางแจ้ง หากจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ป้องกันและพบแพทย์

2.2 การควบคุมฝุ่นละอองและเทคโนโลยีการตรวจจับ

การควบคุมฝุ่นในโรงงานอุตสาหกรรมสามารถทำได้ทั้งเชิงวิศวกรรมและเชิงระบบ เช่น การติดตั้งระบบฉีดน้ำ (Water Spray) บริเวณจุดที่มีฝุ่นฟุ้งกระจาย และการจัดพื้นที่บริเวณโรงงานให้ลดการสะสมฝุ่น นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาเทคโนโลยีตรวจจับฝุ่นด้วยเซนเซอร์ เช่น PMS7003 ซึ่งใช้หลักการเลเซอร์กระจายแสง (light scattering) เพื่อวัดระดับความเข้มข้นของอนุภาคในอากาศ และสามารถประมวลผลด้วยบอร์ดควบคุม เช่น ESP32

2.3 เทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์

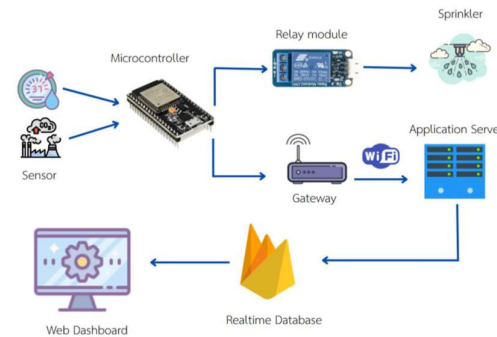
NodeMCU ESP32 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ประสิทธิภาพสูงที่ได้รับการพัฒนาเพื่อรองรับงานด้าน Internet of Things (IoT) โดยเฉพาะ เนื่องจากมีจุดเด่นด้านการประมวลผล ความเร็วในการเชื่อมต่อ และการใช้งานที่ยืดหยุ่น บอร์ดนี้ใช้ชิป ESP32 จาก Espressif Systems ซึ่งทำงานด้วยสถาปัตยกรรม Dual-core Xtensa LX6 ความเร็วสูงถึง 240 MHz และมีหน่วยความจำทั้งแบบ SRAM และ Flash memory เพียงพอสำหรับการประมวลผลข้อมูลในระดับ Edge Device ESP32 รองรับการทำงานเชื่อมต่อไร้สายแบบ Wi-Fi มาตรฐาน IEEE 802.11 b/g/n และ Bluetooth 4.2 (BLE) พร้อมอินเทอร์เฟซดิจิทัลต่าง ๆ เช่น UART, I2C, SPI, ADC และ PWM สำหรับควบคุมอุปกรณ์ภายนอก บอร์ดยังรองรับการเขียนโปรแกรมผ่าน Arduino IDE, MicroPython และ PlatformIO ซึ่งเอื้อต่อการใช้งานทั้งในเชิงพัฒนาและภาคการศึกษา ในโครงการนี้ NodeMCU ESP32 ถูกเลือกมาใช้เป็นหน่วยประมวลผลหลักของระบบตรวจวัดฝุ่นละออง โดยเชื่อมต่อกับเซนเซอร์ PMS7003 และส่งข้อมูลผ่าน Firebase Realtime Database ผ่านโปรโตคอล HTTPS ซึ่งเหมาะสมกับงานที่ต้องการความแม่นยำสูงและส่งข้อมูลแบบเรียลไทม์ ทั้งนี้ ESP32 ยังสามารถควบคุมอุปกรณ์ภายนอก เช่น รีเลย์ สำหรับเปิด-ปิดระบบพ่นละอองน้ำอัตโนมัติได้อีกด้วย

2.4 การจัดการข้อมูลแบบเรียลไทม์

ระบบตรวจวัดฝุ่นที่มีประสิทธิภาพจำเป็นต้องสามารถส่งและแสดงผลข้อมูลได้แบบเรียลไทม์ หนึ่งในเทคโนโลยีที่นิยมใช้คือ Firebase

Realtime Database ซึ่งเป็นฐานข้อมูลแบบ NoSQL ที่สามารถจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบ JSON Tree และรองรับการสื่อสารแบบสองทางได้ทันที ทำให้สามารถแสดงผลผ่าน Web Application และเชื่อมต่อบริการแจ้งเตือนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

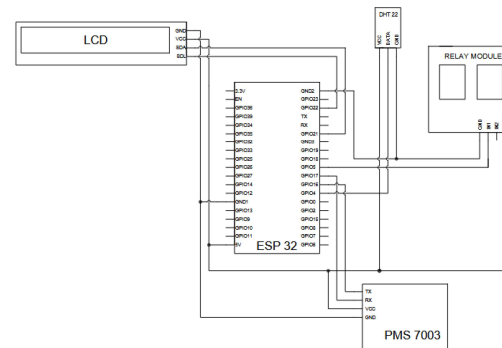
3. ออกแบบการกำระบบตรวจวัดฝุ่นและควบคุมฝุ่นละออง



รูปที่ 1 โครงสร้างระบบโดยรวม

ระบบต้นแบบถูกออกแบบให้สามารถตรวจวัดและควบคุมฝุ่นละอองในอากาศประเภท PM2.5 และ PM10 แบบเรียลไทม์ โดยเน้นการใช้งานในสถานที่จริง เช่น โรงงานอุตสาหกรรมหรือพื้นที่เปิดโล่งที่มีความเสี่ยงต่อฝุ่นละอองสูง ระบบประกอบด้วยชุดเซนเซอร์วัดฝุ่น PMS7003 ซึ่งเชื่อมต่อกับบอร์ด NodeMCU ESP32 ทำหน้าที่อ่านค่าและส่งข้อมูลผ่าน Wi-Fi ไปยัง Firebase Realtime Database และแสดงผลผ่านเว็บไซต์แดชบอร์ดที่ออกแบบเฉพาะ เมื่อค่าฝุ่นเกินเกณฑ์ที่กำหนด การทำระบบตรวจวัดฝุ่นและควบคุมฝุ่นละอองอุปกรณ์หลักประกอบต่างๆ ดังนี้

1. เซนเซอร์ตรวจวัดฝุ่น PMS7003 ทำงานโดยใช้หลักการกระเจิงแสงเลเซอร์เพื่อตรวจจับอนุภาคฝุ่นในอากาศ โดยวัดความเข้มแสงที่กระทบอนุภาคแล้วแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้า เพื่อคำนวณค่าฝุ่น
2. เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ DHT22 วัดอุณหภูมิด้วยเทอร์มิสเตอร์ และวัดความชื้นด้วยเซนเซอร์ความชื้นแบบ capacitive โดยจะประมวลผลค่าภายในเซนเซอร์ แล้วส่งข้อมูลแบบดิจิทัลผ่านสายสัญญาณเพียงเส้นเดียวไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 2 การต่อวงจรของระบบเครื่องตรวจวัดฝุ่นละออง

3. Microcontroller เพื่อควบคุมการประมวลผลและสื่อสารข้อมูลจากเซนเซอร์ โดยมีจุดเด่นด้านประสิทธิภาพสูง รองรับ Wi-Fi ในตัว สามารถควบคุมอุปกรณ์ปลายทาง เช่น รีเลย์



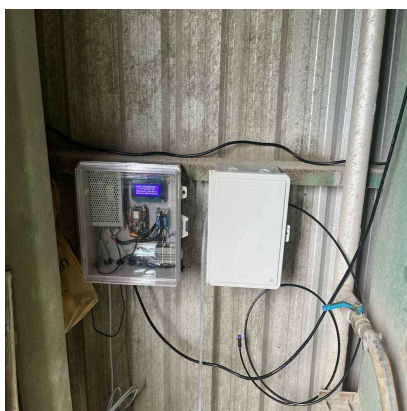
รูปที่ 3 เครื่องตรวจวัดฝุ่นละออง

4. Relay Module เป็นอุปกรณ์ควบคุมการเปิด-ปิดวงจรไฟฟ้ากระแสสูง ด้วยสัญญาณไฟฟ้ากระแสต่ำจากไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้หลักการของขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า

5. หน้าจอแสดงผล LCD รับข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านอินเทอร์เฟซผ่าน I2C แล้วแสดงผลเป็นข้อความหรือค่าตัวเลข เช่น ค่าฝุ่น PM2.5 หรืออุณหภูมิ

4. การทดสอบระบบในพื้นที่โรงงานผสมคอนกรีต

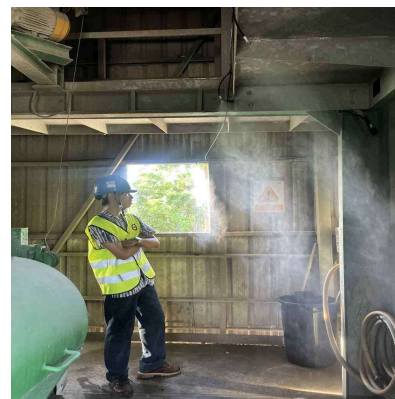
4.1 การติดตั้งเครื่องตรวจวัดฝุ่นละอองบริเวณเครื่องผสมคอนกรีต



รูปที่ 4 ติดตั้งกล่องควบคุมการทำงานและอุปกรณ์หัวพ่นละอองน้ำบริเวณใกล้เครื่องผสมคอนกรีต

การติดตั้งระบบตรวจวัดฝุ่นละออง PM 2.5, PM 10 ในโรงงานผสมคอนกรีตเริ่มจากการตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์ทั้งหมด เช่น Node MCU ESP32, เซนเซอร์ PMS7003, DHT22, ปั๊มน้ำ และแหล่งจ่ายไฟ

จากนั้นทำการประกอบวงจรบนโครงสร้างที่ออกแบบไว้และติดตั้งในตำแหน่งที่เหมาะสมภายในโรงงานผสมคอนกรีตเพื่อให้สามารถวัดค่าฝุ่นและสภาพอากาศ



รูปที่ 5 ทดสอบการทำงานอุปกรณ์หัวพ่นละอองน้ำเมื่อค่าฝุ่นเกินเกณฑ์ที่กำหนด

4.2 การทดสอบสถานการณ์ฝุ่นบริเวณเครื่องผสมคอนกรีต

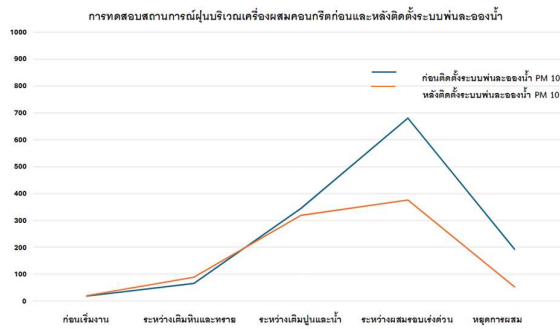
เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบตรวจวัดและควบคุมฝุ่นที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบในบริเวณจริงของเครื่องผสมคอนกรีต ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองปริมาณมาก โดยมุ่งเน้นการเก็บข้อมูลค่าฝุ่น PM2.5 และ PM10 ทั้งในช่วงก่อนและหลังเปิดใช้งานระบบพ่นละอองน้ำอัตโนมัติ เพื่อวิเคราะห์ความสามารถของระบบในการลดระดับฝุ่นละอองในสภาพแวดล้อมจริง

ตารางที่ 2 การทดสอบสถานการณ์ฝุ่นบริเวณเครื่องผสมคอนกรีต

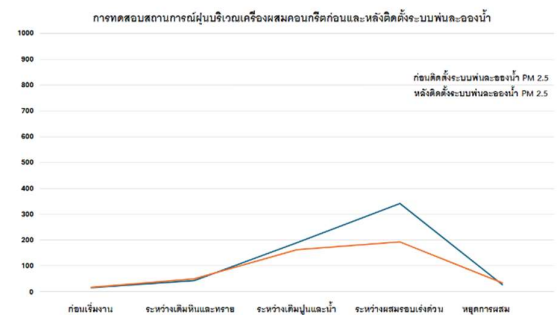
ครั้งที่	ช่วงเวลา	ลักษณะ	PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ระบบเปิดปั๊มน้ำ	สถานะการทำงาน
1	ก่อนเริ่มงาน	พื้นที่ว่าง ไม่มีคนงาน	15 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	18 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ไม่เปิด	ปกติ
2	ระหว่างเติมหินและทราย	กำลังเทวัสดุลงเครื่องผสม	43 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	65 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ไม่เปิด	ปกติ
3	ระหว่างเติมปูนและน้ำ	เครื่องผสมกำลังทำงาน	190 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	345 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	เปิด	ปกติ
4	ระหว่างผสมรอบเร่งด่วน	เครื่องผสมกำลังทำงานต่อเนื่อง	341 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	680 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	เปิด	ปกติ
5	หยุดการผสม	เครื่องผสมหยุดการทำงาน	27 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	42 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ไม่เปิด	ปกติ

ตารางที่ 3 การทดสอบสถานการณ์ฝุ่นบริเวณเครื่องผสมคอนกรีต

ครั้งที่	ช่วงเวลา	ลักษณะ	PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ระบบเปิดปั๊มน้ำ	สถานะการทำงาน	สถานะการทำงาน
1	ก่อนเริ่มงาน	พื้นที่ว่าง ไม่มีคนงาน	17 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	20 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ไม่เปิด	ปกติ	ค่าฝุ่นต่ำกว่าเกณฑ์
2	ระหว่างเติมหินและทราย	กำลังเทวัสดุลงเครื่องผสม	50 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	88 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ไม่เปิด	ปกติ	ฝุ่นกำลังเคลื่อนย้าย
3	ระหว่างเติมปูนและน้ำ	เครื่องผสมกำลังทำงาน	163 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	318 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	เปิด	ปกติ	เกิดฝุ่นจากปูนแห้ง
4	ระหว่างผสมรอบเร่งด่วน	เครื่องผสมกำลังทำงานต่อเนื่อง	193 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	376 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	เปิด	ปกติ	สภาพฝุ่นสูงต่อเนื่อง
5	หยุดการผสม	เครื่องผสมหยุดการทำงาน	34 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	53 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ไม่เปิด	ปกติ	ฝุ่นยังฟุ้งในอากาศ



รูปที่ 6 กราฟการทดสอบสถานการณ์ฝุ่นบริเวณเครื่องผสมคอนกรีตก่อนและหลังติดตั้งระบบฟ่นละอองน้ำ PM10



รูปที่ 7 กราฟการทดสอบสถานการณ์ฝุ่นบริเวณเครื่องผสมคอนกรีตก่อนและหลังติดตั้งระบบฟ่นละอองน้ำ PM2.5

การอินเทอร์เฟซสำหรับแสดงผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ ซึ่งได้รับการออกแบบให้สามารถเข้าถึงและแสดงผลข้อมูลจากระบบเซนเซอร์หรือฐานข้อมูลออนไลน์ ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจได้ง่าย โดยในระบบตรวจวัดฝุ่นละออง Web Dashboard ทำหน้าที่แสดงค่าฝุ่น อุณหภูมิ ความชื้น และสถานะของระบบฟ่นละอองน้ำแบบอัตโนมัติ ข้อมูลที่แสดงผลจะถูกดึงมาจาก Firebase Realtime Database ผ่านไลบรารี JavaScript และ Firebase SDK



รูปที่ 8 การส่งข้อมูลมาไว้บน Firebase

4.3 สรุปผลการทดสอบระบบ

จากการทดสอบระบบต้นแบบในสภาพแวดล้อมจริงภายในโรงงานผสมคอนกรีต พบว่า ระบบสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องและมีเสถียรภาพ โดยมีการตอบสนองที่รวดเร็วและถูกต้องต่อค่าฝุ่นที่ตรวจวัดทั้งค่าฝุ่น PM2.5 และ PM10 ซึ่งแสดงผลได้อย่างแม่นยำบนจอ LCD และหน้าเว็บแดชบอร์ดแบบเรียลไทม์ พร้อมบันทึกข้อมูลเข้าสู่ Firebase Realtime Database อย่างสม่ำเสมอและไม่เกิดข้อมูลสูญหาย ระบบควบคุมปั้มน้ำอัตโนมัติสามารถตอบสนองเมื่อค่าฝุ่นเกินเกณฑ์ที่กำหนด โดยทำการเปิดการทำงานของปั้มน้ำเพื่อฟ่นละอองอย่างแม่นยำ และหยุดทำงานเมื่อค่าฝุ่นลดลงต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ ส่งผลให้สามารถควบคุมระดับฝุ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดภาระการควบคุมด้วยตนเอง และเพิ่มความปลอดภัยในการทำงาน

5. สรุปผล อภิปรายผล

จากวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบตรวจวัดและควบคุมฝุ่นละอองในโรงงานผสมคอนกรีต โดยใช้เซนเซอร์ PMS7003 และบอร์ดควบคุม ESP32 เชื่อมต่อกับฐานข้อมูล Firebase Realtime Database เพื่อส่งข้อมูลแบบเรียลไทม์ พร้อมทั้งแสดงผลผ่านเว็บไซต์และหน้าจอ LCD รวมถึงควบคุมการทำงานของปั้มน้ำฟ่นละอองโดยอัตโนมัติตามค่าฝุ่นที่ตรวจวัดได้ ผลการทดสอบในสถานที่จริงพบว่าระบบสามารถตรวจวัดและรายงานค่าฝุ่น PM2.5 และ PM10 ได้อย่างต่อเนื่องและแม่นยำ การฟ่นละอองน้ำช่วยลดค่าฝุ่นได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะในช่วงที่เครื่องผสมคอนกรีตทำงานหนัก นอกจากนี้ การสื่อสารผ่าน Firebase และการควบคุมรีเลย์ทำงานได้อย่างเสถียรและตอบสนองได้รวดเร็ว อย่างไรก็ตาม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานจริง ควรมีการสำรองไฟฟ้าและสัญญาณอินเทอร์เน็ต เช่น การติดตั้ง UPS และ 4G Router รวมถึงการอบรมเจ้าหน้าที่ในการดูแลระบบ นอกจากนี้ ยังสามารถพัฒนาต่อยอดได้อีก เช่น การเพิ่มแอปพลิเคชันควบคุมผ่านมือถือ หรือระบบพยากรณ์ฝุ่นด้วยโมเดล Machine Learning เพื่อยกระดับการจัดการคุณภาพอากาศในพื้นที่อุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน

แม้ว่าระบบตรวจวัดและควบคุมฝุ่นละอองที่พัฒนาขึ้นจะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในสภาพแวดล้อมจริง แต่ยังมีข้อจำกัดที่ควรพิจารณา ได้แก่

การพึ่งพาพลังงานไฟฟ้าและเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เนื่องจากระบบอาศัยการทำงานต่อเนื่องจากไฟฟ้าและสัญญาณอินเทอร์เน็ต หากเกิดเหตุไฟฟ้าดับหรือสัญญาณอินเทอร์เน็ตขัดข้อง ระบบจะหยุดทำงานทันที ซึ่งอาจทำให้ไม่สามารถตรวจวัดฝุ่นหรือควบคุมการฟ่นละอองน้ำได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ดังนั้น ควรมีการติดตั้ง แหล่งจ่ายไฟสำรอง (UPS) และ เราเตอร์ 4G/5G เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน รวมทั้งต้นทุนการติดตั้งและบำรุงรักษา แม้ว่าต้นแบบที่พัฒนาขึ้นจะมีต้นทุนที่ต่ำกว่าอุปกรณ์เชิงพาณิชย์ แต่ยังคงจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ต้นทุนต่อจุดติดตั้ง (Cost per Installation Point) ร่วมด้วย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Noypitak, S., Maharachpong, N., & Rodjarkpai, Y. (2017). ผลของโปรแกรมส่งเสริมการป้องกันตนเองจากการได้รับมลพิษทางอากาศของหญิงตั้งครรภ์ในเขตควบคุมมลพิษ จังหวัดระยอง. วารสารสาธารณสุข มหาวิทยาลัยบูรพา, 12(1), 88-98. สืบค้น จาก <https://he02.tcithajjo.org/index.php/phjbuu/article/view/88981>
- [2] กรมควบคุมมลพิษ. (2561). โครงการงานศึกษาแหล่งกำเนิดและแนวทางการจัดการฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในพื้นที่กรุงเทพและปริมณฑล. สืบค้นจาก https://www.pcd.go.th/wp-content/uploads/2020/06/pcdnew-2020-06-05_02-34-12_147817.pdf
- [3] Espressif Systems. (2023). ESP32 Datasheet. Retrieved from https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en
- [4] W. Chaiyasomboon and W. Jirapanthong, "The Development of Calories Tracker Application on Mobile Device", JIST, vol. 14, no. 1, pp. 22-33, Jun. 2024.

ประวัติผู้เขียนบทความ



ชื่อ – สกุล เอกชัย ดีศิริ
เบอร์โทรศัพท์ 0868938877
E-mail akekachai.de@spu.ac.th
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ประวัติการทำงาน : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
งานวิจัยที่สนใจ: PLC Controller, Microcontroller, IIOT



ชื่อ – สกุล พศวีร์ ศรีโหมด
เบอร์โทรศัพท์ 0817795771
E-mail pasawee.sr@spu.ac.th
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ประวัติการทำงาน : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
งานวิจัยที่สนใจ: การวิเคราะห์และผลกระทบระบบไฟฟ้ากำลังที่ไม่สมดุล
การประยุกต์ใช้ไฟฟ้าแรงดันสูง การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า ระบบการจัดการพลังงาน การตรวจสอบความปลอดภัยในระบบงานวิศวกรรมอาคาร