

ALAT MONITORING DAN KONTROLLING KUALITAS UDARA MENGUNAKAN APLIKASI THINGSPEAK

Alfiansyah¹, Sufiatul Maryana², Yuli Wahyuni^{3*}

^{1,2,3*}Progam Studi Teknik Komputer, Fakultas Sekolah Vokasi, Universitas Pakuan

¹alfiansyah @unpak.ac.id, ²sufiatul.maryana@unpak.ac.id, ^{3*}yuli_wahyuni@unpak.ac.id

ABSTRAK

Pengendalian kualitas udara di lingkungan industri merupakan aspek penting untuk menjaga kenyamanan serta kesehatan pekerja. Penelitian ini mengembangkan alat Monitoring dan Kontrolling Kualitas Udara menggunakan platform IoT ThingSpeak sebagai pengembangan dari sistem sebelumnya yang hanya berfungsi sebagai pemantau kualitas udara tanpa mekanisme kontrol. Pada versi terbaru ini, ditambahkan modul humidifier sebagai aktuator untuk meningkatkan kelembapan udara secara otomatis apabila kondisi udara terdeteksi berada pada batas tidak aman. Selain itu, platform pemantauan juga dialihkan menjadi ThingSpeak yang menyediakan fasilitas penyimpanan dan visualisasi data secara daring serta pemantauan jarak jauh. Sistem menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai pusat kendali yang terhubung ke jaringan WiFi. Sensor MQ-135 digunakan untuk mengukur kualitas udara dalam satuan ppm, sedangkan sensor DHT11 mengukur suhu dan kelembapan ruangan. Data hasil pengukuran ditampilkan secara langsung melalui layar OLED dan dikirim ke ThingSpeak untuk dipantau secara real-time. Jika nilai ppm melebihi ambang batas yang ditentukan, sistem secara otomatis mengaktifkan humidifier hingga kualitas udara kembali normal. Pengujian sistem dilakukan di PT SuryaKabel Cemerlang pada dua hari berbeda untuk menilai keandalan alat. Pada hari Sabtu diperoleh kondisi udara baik pada pukul 10.00–10.45 WIB dengan nilai 223–234 ppm, dan kondisi udara buruk pada pukul 13.15–13.45 WIB dengan nilai 250–267 ppm. Sementara pada hari Senin kondisi udara baik tercatat pada pukul 10.00–10.45 WIB dengan nilai 243–257 ppm, dan kondisi udara buruk pada pukul 14.30–14.45 WIB dengan nilai mencapai 345–356 ppm. Sistem merespons seluruh kondisi buruk dengan mengaktifkan humidifier secara otomatis. Hasil tersebut menunjukkan bahwa alat mampu melakukan monitoring dan pengendalian kualitas udara secara efektif, responsif, dan dapat diakses dari jarak jauh, sehingga layak diterapkan pada lingkungan pabrik maupun ruang tertutup lainnya.

Kata kunci : Internet of Things, Kualitas Udara, ThingSpeak, NodeMCU ESP8266, Humidifier Otomatis.

ABSTRACT

Air quality control in industrial environments is crucial for maintaining worker comfort and health. This research develops an Air Quality Monitoring and Control tool using the ThingSpeak IoT platform as an improvement over the previous system, which only functioned as an air quality monitor without a control mechanism. In this latest version, a humidifier module is added as an actuator to automatically increase air humidity if air conditions are detected to be at an unsafe level. In addition, the monitoring platform is also switched to ThingSpeak, which provides online data storage and visualization facilities as well as remote monitoring. The system uses a NodeMCU ESP8266 as a control center connected to a WiFi network. The MQ-135 sensor is used to measure air quality in ppm units, while the DHT11 sensor measures room temperature and humidity. The measurement data is displayed directly on an OLED screen and sent to ThingSpeak for real-time monitoring. If the ppm value exceeds the specified threshold, the system automatically activates the humidifier until the air quality returns to normal. System testing was conducted at PT SuryaKabel Cemerlang on two different days to assess the reliability of the device. On Saturday, good air conditions were recorded at

10:00–10:45 WIB with a value of 223–234 ppm, and poor air conditions at 1:15–1:45 WIB with a value of 250–267 ppm. Meanwhile, on Monday, good air conditions were recorded at 10:00–10:45 WIB with a value of 243–257 ppm, and poor air conditions at 2:30–2:45 WIB with a value of 345–356 ppm. The system responded to all adverse conditions by automatically activating the humidifier. These results indicate that the device is capable of monitoring and controlling air quality effectively, responsively, and can be accessed remotely, making it suitable for application in factory environments and other closed spaces.

Keywords: Internet of Things, Air Quality, ThingSpeak, NodeMCU ESP8266, Automatic Humidifier.

PENDAHULUAN

Kualitas udara di lingkungan pabrik merupakan faktor penting yang memengaruhi kesehatan pekerja dan keberlanjutan operasional pabrik [15]. Aktivitas produksi seringkali menghasilkan emisi gas berbahaya seperti karbon monoksida (CO), amonia (NH₃), serta senyawa organik volatil (VOC), yang dapat membahayakan kesehatan para pekerja jika tidak dipantau secara efektif [4]. Oleh karena itu, diperlukan sistem pemantauan kualitas udara yang akurat dan real-time untuk mendeteksi keberadaan polusi partikulat berupa polutan, bahan bakar fosil dan lainnya. Menurut beberapa perkiraan, bahan bakar fosil menyumbang 60% dari PM2.5 ambien perkotaan. Kontribusi selebihnya dikaitkan dengan sumber alam dan aktivitas manusia lainnya. Pada 2015 di Indonesia terjadi lebih dari 100.000 kebakaran, menjadikannya salah satu musim kebakaran terburuk yang pernah tercatat. Dibandingkan 2013, polusi rata-rata tertimbang PM2.5 di Indonesia lebih dari 30% lebih tinggi pada 2015, mencapai hampir 40 g/m³. Upaya pemantauan kualitas udara pada skala wilayah tertentu dapat dilaksanakan melalui metode pasif dan aktif [1]. Metode aktif membutuhkan bantuan pompa untuk mengalirkan udara melalui wadah sampel udara, Sedangkan metode pasif, pengambilan sampel gas tergantung kepada energi kinetik dari molekul gas dan difusi gas yang masuk ke dalam media penyerap [6].

Teknologi Internet of Things (IoT) menawarkan solusi efisien untuk pemantauan kualitas udara dengan biaya yang relatif rendah. Sensor MQ-135 berfungsi untuk mendeteksi berbagai gas berbahaya, sementara DHT11 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara, NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler dan thingspeak sebagai platform digital yang digunakan. Kombinasi kedua sensor ini dengan NodeMCU ESP8266 memungkinkan pengumpulan dan pengiriman data secara real-time melalui jaringan internet, sehingga memudahkan pemantauan jarak jauh dan pengambilan keputusan yang cepat. Penelitian terdahulu mengenai Perancangan Sensor Gas Berbasis IoT Untuk Pemantauan Kualitas Udara [4],[10],[16] yang menunjukkan tingkat akurasi pengukuran sebesar 97,78% [8]. Penelitian lain oleh Desain Sistem Pemantauan Kualitas Udara Real-Time Berbasis NodeMCU Menggunakan Aplikasi Blynk [2],[14],[19], yang memungkinkan pengguna memantau kondisi udara melalui perangkat seluler, Alat Pendeteksi Kadar Udara dan Asap Lingkungan Sekitar Berbasis Android [12].

Penelitian yang dilakukan oleh Smart Air Quality Guardian: Pengawasan Polusi Udara Berbasis ESP32 dengan Sensor Gas MQ-2 dan MQ-135 [10],[17], yang mampu memantau kualitas udara secara real-time dan memberikan informasi melalui LCD [3]. Perancangan Alat Monitoring Suhu dan Kualitas Udara Berbasis Arduino Uno [5],[7]. Implementasi Internet Of Things Untuk Monitoring Dan Pengendalian Pencemaran Udara Studi Kasus Sensor Gas [13],[18]. Desain Sistem Pemantauan Kualitas Udara Dalam Ruang Berbasis Internet of Things [11]. Penelitian ini dilakukan di PT.SuryaKabel Cemerlang sehingga data dalam penelitian ini diperoleh melalui pengujian di PT. SuryaKabel Cemerlang secara real time. Pada penelitian sebelumnya terdapat beberapa kekurangan seperti tidak adanya pengontrol untuk kualitas udara buruk dan tidak tersimpannya database pengujian, jadi pada penelitian kali ini saya mengembangkan alat sebelumnya dengan menggunakan platform IoT Thingspeak, kelebihanannya ialah Thingspeak bisa menyimpan database pengujian beda halnya dengan Blynk yang hanya bisa melihat data pada hari itu saja, untuk sensor yang di pakai pada alat ini adalah MQ-135 dan DHT 11. Dengan menggunakan sensor MQ-135 untuk

mendeteksi gas-gas berbahaya seperti amonia, karbon dioksida, dan senyawa organik volatil (VOC), serta sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembapan, sistem ini mampu memberikan data akurat tentang kondisi udara di dalam pabrik. melalui pengembangan alat monitoring kualitas udara ini, diharapkan dapat tercipta solusi yang inovatif dan terjangkau untuk mendukung keberlanjutan industri dan keselamatan kerja di pabrik. Alat ini memungkinkan pengguna untuk memonitoring dari jarak jauh melalui smartphone.

METODE PENELITIAN

1. Perencanaan Proyek

Pada tahap ini dilakukan identifikasi masalah dan kebutuhan sistem. Permasalahan utama berasal dari area mesin Bunching yang berdebu dan dilalui alat berat, sehingga diperlukan perangkat untuk memonitoring kualitas udara secara real-time dan mengelola data melalui platform Thingspeak.

2. Studi Referensi

Dilakukan pengumpulan informasi terkait rancangan alat, pemilihan komponen, serta kajian penggunaan Thingspeak sebagai media penyimpanan dan visualisasi data. Komponen utama yang digunakan meliputi NodeMCU ESP8266, sensor MQ-135, sensor DHT11, OLED, dan perangkat pendukung lainnya.

3. Desain Elektrik

Pada tahap ini dibuat rancangan hubungan antar komponen. Sensor MQ-135 dan DHT11 dihubungkan sebagai input ke NodeMCU ESP8266, sedangkan OLED berfungsi sebagai output tampilan data. Relay digunakan sebagai pengendali humidifier modul.

4. Pengujian Komponen

Setiap komponen diuji fungsi dasarnya:

- NodeMCU ESP8266 diuji konektivitas Wi-Fi dan komunikasi serial
- MQ-135 dan DHT11 diuji untuk mendeteksi gas, suhu, dan kelembapan
- OLED diuji sebagai tampilan data sensor
- Relay diuji sebagai aktuator humidifier

5. Implementasi Listrik

Seluruh komponen disusun menjadi satu sistem untuk memastikan koneksi elektronik dan suplai daya berjalan dengan baik.

6. Desain Software

Dibuat flowchart dan program untuk membaca sensor, menampilkan data pada OLED, mengirim ke Thingspeak, serta mengendalikan humidifier berdasarkan kondisi kualitas udara.

7. Implementasi Software

Program di-upload ke NodeMCU dan dilakukan penyesuaian fungsi untuk memastikan tidak ada bug pada sistem [9].

8. Tes Fungsional

Pengujian integrasi antara sistem kelistrikan dan perangkat lunak dilakukan untuk memastikan seluruh fungsi berjalan sesuai perancangan.

9. Implementasi Mekanik

Dilakukan pembuatan casing dan penyusunan komponen secara rapi untuk menghasilkan prototipe yang siap digunakan.

10. Integrasi Sistem

Sistem elektrik, software, dan mekanik digabungkan menjadi satu kesatuan dan diuji kembali secara menyeluruh.

11. Tes Keseluruhan Sistem

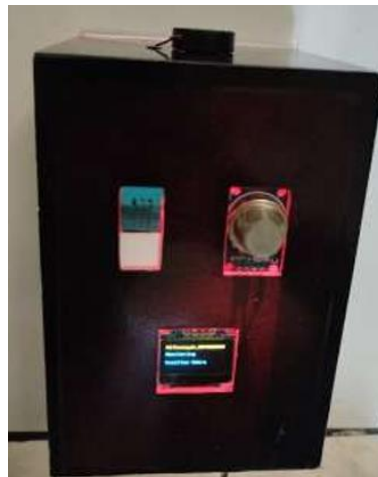
Tahap ini memastikan seluruh fungsi alat bekerja sesuai tujuan awal dan mampu memberikan data monitoring udara secara aktual.

12. Aplikasi IoT

Data hasil pemantauan udara ditampilkan melalui platform Thingspeak sehingga dapat diakses secara jarak jauh melalui smartphone.

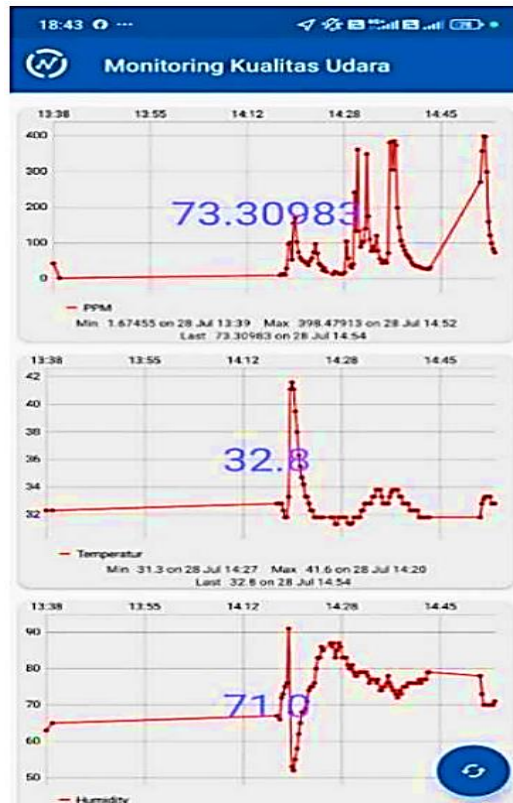
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang didapat dari penelitian Alat Monitoring Dan Kontrolling Kualitas Udara Menggunakan Aplikasi Thingspeak telah selesai dirancang sehingga menjadi satu komponen yang terdiri dari NodeMCU ESP8266 sebagai penghubung antara alat dan Thingspeak, sensor Mq-135 berfungsi untuk mendeteksi gas, apakah udara baik atau tidak, Dht 11 berfungsi untuk suhu dan kelembapan, lalu OLED akan menampilkan data ketika NodeMCU ESP8266 terhubung ke Wifi, dan Thingspeak sebagai aplikasi untuk melihat data yang tersimpan. Alat Monitoring Dan Kontrolling Kualitas Udara Berbasis Aplikasi Thingspeak bekerja ketika NodeMCU ESP8266 terhubung ke Wifi lalu pengguna membuka aplikasi Thingspeak lalu selanjutnya NodeMCU akan memproses sensor Mq-135 dan Dht 11 ketika udara buruk Humadifier Modul akan menyala dan mengeluarkan uap untuk melembapkan ruangan lalu OLED akan menampilkan peringatan berupa tulisan “Danger!!”. Hasil dari alat yang sudah dibuat dapat dilihat pada Gambar dibawah ini



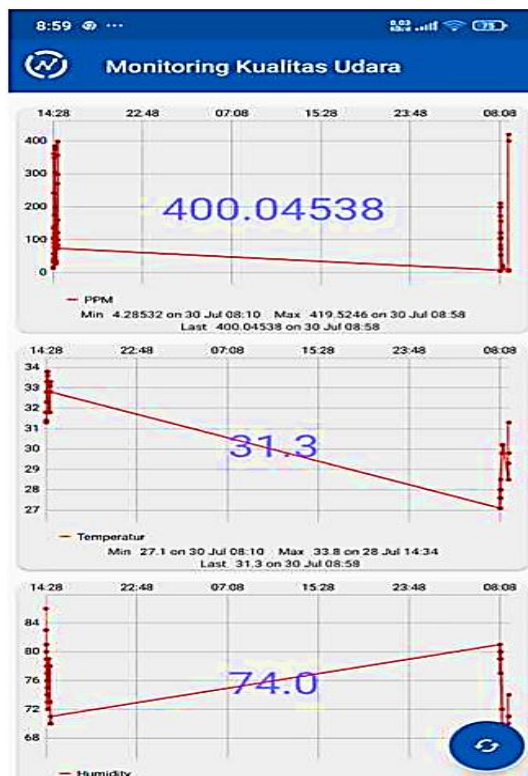
Gambar 1. Hasil Alat Monitoring Dan Kontrolling Kualitas Udara

Gambar berikut ini menunjukkan tampilan pada aplikasi Thingspeak yang berupa diagram hasil dari proses pemantauan kualitas udara berupa PPM (Parts Per Million), Temperatur dan Kelembapan. Data yang ditampilkan pada Thingspeak di atas yaitu pada saat kualitas udara dalam kondisi baik dengan PPM 73, Temperatur 32°C, dan Kelembapan 71%.



Gambar 2. Tampilan aplikasi Thingspeak pada saat kondisi udara baik

Gambar 3 menunjukkan tampilan pada aplikasi Thingspeak yang berupa diagram hasil dari proses pemantauan kualitas udara berupa PPM (Parts Per Million), Temperatur dan Kelembapan. Data yang ditampilkan pada Thingspeak di atas yaitu pada saat kualitas udara dalam kondisi buruk dengan PPM 400, Temperatur 31°C, dan Kelembapan 74%.



Gambar 3. Tampilan aplikasi Thingspek pada saat kondisi udara buruk

Alat Monitoring dan Kontrolling Kualitas Udara Menggunakan Aplikasi ThingSpeak berfungsi untuk memantau kualitas udara di dalam area mesin Bunching. Hasil implementasi menunjukkan bahwa alat ini mampu memberikan informasi secara real-time mengenai kondisi udara, baik melalui layar OLED maupun platform ThingSpeak. Salah satu contoh data yang terekam menunjukkan bahwa kualitas udara berada dalam kondisi baik, dengan nilai PPM sebesar 73, suhu 32°C, dan kelembapan 73%. Nilai tersebut berada di bawah ambang batas udara buruk, sehingga sistem tidak memicu peringatan “DANGER” dan relay humidifier tetap tidak aktif. Data yang ditampilkan di ThingSpeak sangat membantu dalam pemantauan kualitas udara, serta sebagai dasar pengambilan keputusan untuk perawatan atau perbaikan sistem ventilasi di area mesin. Dengan demikian, alat ini terbukti efektif dalam mendeteksi, menampilkan, dan merekam kondisi udara secara akurat dan responsif. Pengujian struktural ini dilakukan untuk melihat keseluruhan rangkaian sudah terhubung dan berfungsi dengan benar.

Tabel 1. Uji Coba Struktural

Komponen Sistem		Pin yang Digunakan	Keterangan
NodeMCU ESP8266	Sensor MQ-135	3.3V, GND & A0	Terhubung
	Sensor DHT11	3.3V, GND & D4	Terhubung
	OLED Display	5V, GND & D1, D2	Terhubung
	Relay	5V, GND & D6	Terhubung

NodeMCU ESP8266 berperan sebagai pusat kendali sistem yang menghubungkan seluruh komponen sensor dan aktuator. Sensor MQ-135 dihubungkan melalui pin 3.3V, GND, dan A0 untuk mendeteksi kualitas udara dalam satuan ppm, sedangkan sensor DHT11 terhubung pada pin 3.3V, GND, dan D4 untuk membaca suhu dan kelembapan ruangan. Tampilan data dilakukan menggunakan modul OLED yang terhubung melalui pin 5V, GND, serta jalur komunikasi I2C pada pin D1 dan D2. Selain itu, relay dihubungkan pada pin 5V, GND, dan D6 untuk mengendalikan humidifier sebagai aktuator otomatis ketika kualitas udara terdeteksi buruk. Seluruh komponen telah terhubung dengan baik dan dapat bekerja secara terintegrasi sesuai fungsi masing-masing. Tahapan uji fungsional dilakukan untuk mengetahui alat yang sudah dibuat apakah berfungsi sesuai fungsinya masing-masing atau tidak mulai dari Sensor MQ 135, DHT 11, OLED dan Relay yang dapat dilihat pada Tabel di bawah ini.

Tabel 2. Uji Coba Fungsional

Tes Fungsional	Berfungsi	Keterangan
Sensor MQ-135	√	Mendeteksi kualitas udara berupa gas
Sensor DHT11	√	Mengukur kelembapan dan suhu sekitar
OLED Display	√	Menampilkan data saat NodeMCU terhubung ke internet
Relay	√	Memberikan delay 5 detik untuk mengaktifkan Humidifier

Tabel 2 Menunjukkan bahwa komponen yang digunakan sudah berjalan dengan baik sesuai fungsinya masing-masing, sensor Mq-135 berfungsi untuk mendeteksi gas berbahaya, sensor Dht 11 berfungsi untuk mengukur temperatur dan kelembapan, Oled untuk menampilkan data pada saat pengujian berlangsung dan Relay untuk memberikan waktu delay pada Humadifier modul selama 5 detik.

Pengujian ini melibatkan hasil penelitian dari pemantauan kualitas udara didalam area mesin Bunching pada PT.SuryaKabel Cemerlang dengan data hasil yang telah didapatkan maka dapat dilihat pada Tabel dibawah ini.

Tabel 3. Hasil Pengujian Penelitian

Waktu	Sabtu Hasil			Senin Hasil		
	PPM	Temp	Humidity	PPM	Temp	Humidity
10.00	223	29	63	243	30	67
10.15	230	30	65	243	30	67
10.30	234	30	65	257	30	65
10.45	231	30	67	252	31	69
11.00	247	30	70	263	31	70
11.15	251	31	70	268	32	70
11.30	254	31	70	300	32	70
11.45	254	32	77	317	32	70
12.00	263	32	77	312	32	77
12.15	240	32	71	308	32	77
12.30	245	32	73	310	32	75
12.45	245	32	73	308	32	76
13.00	256	31	70	313	32	74
13.15	260	31	70	313	32	76
13.30	260	32	73	310	31	74
13.45	267	32	69	323	31	73
14.00	255	30	65	330	31	70
14.15	257	30	67	337	30	70
14.30	248	29	62	345	30	71
14.45	240	29	61	356	30	73

Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian pemantauan kualitas udara secara real time pada hari Sabtu dan Senin, mulai dari pukul 10.00 hingga 14.45 WIB. Pada hari Sabtu, kualitas udara tercatat baik pada rentang waktu pukul 10.00 hingga 10.45 dengan nilai rata-rata antara 223 hingga 234 ppm, sementara kondisi udara buruk terjadi pada pukul 13.15 hingga 13.45 dengan nilai berada pada kisaran 250 hingga 267 ppm. Sedangkan pada hari Senin, kondisi udara baik terpantau di pukul 10.00 hingga 10.45 dengan nilai 243 hingga 257 ppm, dan kondisi udara buruk terjadi di rentang waktu pukul 14.30 hingga 14.45 dengan nilai mencapai 345 hingga 356 ppm.

Setelah dilakukan pengujian struktural, uji fungsional, dan uji validasi, Alat Monitoring dan Kontrolling Kualitas Udara Menggunakan Aplikasi ThingSpeak dinyatakan berfungsi dengan baik dan mampu menjalankan seluruh komponen secara terpadu. Alat ini dirancang menggunakan cover akrilik dengan ukuran panjang 15 cm, lebar 9,5 cm, dan tinggi 10 cm, yang cukup compact untuk ditempatkan di area mesin Bunching. Cara kerja alat ini dimulai dari sensor MQ-135 yang mendeteksi

tingkat kualitas udara (PPM) dan sensor DHT11 yang mengukur suhu dan kelembapan udara. Hasil pembacaan sensor ditampilkan secara real-time melalui layar OLED, sementara modul relay mengatur ON/OFF humidifier berdasarkan nilai ambang udara buruk yang telah ditentukan. Seluruh data pemantauan disimpan dan dikirim ke platform ThingSpeak yang menampilkan grafik dan riwayat pemantauan secara online. Dengan sistem ini, pengguna dapat melakukan pemantauan jarak jauh, mengambil keputusan secara cepat, serta mendapatkan notifikasi visual langsung melalui OLED apabila terjadi kondisi udara buruk. Pembuktian kerja alat ini diperoleh dari pengujian pada hari Sabtu dan Senin, yang menunjukkan kemampuan alat dalam mengidentifikasi perubahan kualitas udara baik pada kisaran 223–234 ppm dan udara buruk pada 345 356 ppm. Hal ini membuktikan bahwa alat tidak hanya bekerja secara fungsional, namun juga memberikan informasi yang berguna untuk menjaga kualitas udara di area mesin Bunching.

KESIMPULAN

Alat Monitoring dan Kontrolling Kualitas Udara berbasis ThingSpeak ini berhasil dikembangkan dengan penambahan sistem kontrol berupa humidifier dan penggantian platform pemantauan dari Blynk menjadi ThingSpeak untuk visualisasi data online. Dengan dukungan NodeMCU ESP8266, sensor MQ-135, dan DHT11, alat mampu memantau nilai PPM, suhu, serta kelembapan secara real-time melalui OLED dan antarmuka cloud. Hasil pengujian di PT SuryaKabel Cemerlang menunjukkan bahwa sistem dapat membedakan kondisi udara baik dan buruk secara akurat, serta merespons otomatis dengan mengaktifkan humidifier ketika kualitas udara menurun. Dengan kinerja tersebut, alat ini tidak hanya menyediakan monitoring tetapi juga kontrol kualitas udara secara praktis dan responsif untuk lingkungan pabrik maupun ruangan tertutup lainnya. Berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan ini masih terdapat beberapa kekurangan seperti koneksi Wifi pada smartphone yang semua tidak kompatibel pada NodeMCU ESP8266 contohnya pada android 15 yang tidak dapat tersambung dengan NodeMCU ESP8266, alat ini juga bisa dikembangkan lagi agar dapat memberikan notifikasi kepada pengguna, bisa menggunakan Telegram ataupun penambahan Buzzer pada alat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Nakulo, I. D. Sari, and D. Hariyadi, "Pemantauan Sistem Kualitas Udara Menggunakan OpenHAB," *Indonesian Journal of Business Intelligence (IJUBI)*, vol. 2, pp. 1–14, 2020, doi: 10.21927/ijubi.v3i1.1203.
- [2] K. Exaudi et al., "Purwarupa Sistem Pemantauan Polusi Udara di Ruang Tertutup Menggunakan Platform ThingSpeak," *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, vol. 9, no. 2, p. 101, 2023, doi: 10.31884/jtt.v9i2.412.
- [3] R. F. Nugraha et al., "Smart Air Quality Guardian: Pengawasan Polusi Udara Berbasis ESP32 dengan Sensor Gas MQ-2 dan MQ-135," *Jurnal Komputer dan Elektro Sains*, vol. 2, no. 2, pp. 1–7, 2024, doi: 10.58291/komets.v2i2.175.
- [4] I. Fajriah, "Pengaruh Kualitas Udara di Tempat Kerja terhadap Kesehatan dan Produktivitas Pekerja," *Termometer: Jurnal Ilmiah Ilmu Kesehatan dan Kedokteran*, vol. 1, pp. 272–285, 2025.
- [5] B. Harpad, S. Salmon, and R. M. Saputra, "Sistem Monitoring Kualitas Udara di Kawasan Industri dengan NodeMCU ESP32 Berbasis IoT," *Jurnal Informatika Wicida*, vol. 12, no. 2, pp. 39–47, 2022, doi: 10.46984/inf-wcd.1955.
- [6] A. Indrawati et al., "Perbandingan Tingkat Kadar Gas SO₂ dan NO₂ di Udara Ambien antara Metode Pasif dan Metode Aktif (Studi Kasus: Kota Jakarta)," *Jurnal Teknologi Lingkungan*, vol. 22, no. 1, pp. 111–120, 2021, doi: 10.29122/jtl.v22i1.4182.
- [7] A. S. Lizal, A. I. Santoso, and K. Polibisnis, "Perancangan Alat Monitoring Suhu dan Kualitas Udara Berbasis Arduino Uno," *Jurnal Manajemen & Polibisnis*, vol. 14, pp. 682–690, 2025.
- [8] N. Noviardi, A. Budiman, and M. Franata, "Perancangan Prototype Pemantauan Polusi Udara dalam Ruangan Berbasis IoT," *Technologica*, vol. 3, no. 2, pp. 96–110, 2024, doi: 10.55043/technologica.v3i2.181.

- [9] T. Rachman, I. I. Purnomo, and I. I. Ridho, "Sistem Monitoring Kualitas Udara pada Lingkungan Perumahan Berbasis IoT dengan NodeMCU," *Jurnal Teknologi*, vol. 6, no. 3, pp. 1–10, 2021.
- [10] E. Ratri *et al.*, "Perancangan Sensor Gas Berbasis IoT," *Jurnal ...*, vol. 12, no. 3, pp. 3497–3502, 2024.
- [11] G. C. Rumampuk, V. C. Poekoel, and A. M. Rumagit, "Internet of Things-Based Indoor Air Quality Monitoring System Design," *Jurnal Teknik Informatika*, vol. 17, pp. 11–18, 2021.
- [12] Y. Wahyuni, S. Febiola, and T. Komputer, "Alat Pendeteksi Kadar Udara dan Asap Lingkungan Sekitar Berbasis Android," *Prosiding Seminar Implementasi TIK*, vol. 4, no. 1, pp. 150–157, 2025, doi: 10.31284/p.semtik.2025-1.7173.
- [13] S. A. Wibowo and A. N. Afandi, "Implementasi Internet of Things untuk Monitoring dan Pengendali Sistem Hybrid," *Prosiding Seminar Nasional*, vol. 2, no. 1, pp. 73–78, 2024.
- [14] E. S. Wirawan, A. Tafrikhatin, and I. Elyana, "Design of a NodeMCU-Based Real-Time Air Quality Monitoring System Using the Blynk Application," *E-Komtek*, vol. 7, no. 2, pp. 268–277, 2023, doi: 10.37339/e-komtek.v7i2.1533.
- [15] P. Wolkoff, K. Azuma, and P. Carrer, "Health, work performance, and risk of infection in office-like environments: The role of indoor temperature, air humidity, and ventilation," *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, vol. 233, p. 113709, 2021, doi: 10.1016/j.ijheh.2021.113709.
- [16] D. M. Dahrul, M. Rahmani, A. M. Rukyati, F. Deswardani, M. Peslinof, R. P. Jenie, J. Iskandar, Y. Wahyuni, K. Priandana, and R. Siskandar, "Design and fabrication of photovoltaics based on MFS (Ag/BaTiO₃/silicon p-type) structure," *Materials Science for Energy Technologies*, vol. 7, pp. 29–34, Jan. 2024.
- [17] R. F. Nugraha, F. Nurul Husna, S. Sandi, A. Fairuz Syahla, Y. Aldi Saputra, dan R. Hidayat, "Smart Air Quality Guardian: Pengawasan Polusi Udara Berbasis ESP32 dengan Sensor Gas MQ-2 dan MQ-135," *J. Komput. dan Elektro Sains*, vol. 2, no. 2, pp. 1–7, Jan. 2024, doi: 10.58291/komets.v2i2.175.
- [18] Y. Wahyuni, J. Iskandar, K. Priandana, and X. Irzaman, "The effect of mole fraction on the phase transition of Ba_xSr_{1-x}TiO₃ ceramic from cubic to tetragonal assisted by Rietveld analysis," *Ferroelectrics*, vol. 599, no. 1, pp. 129–137, Oct. 2022.
- [19] Y. Wahyuni and S. P. Wahid, "Alat mengetahui presentase normalisasi oksigen di dalam tubuh manusia berbasis sensor dan aplikasi Blynk," in *Prosiding Seminar Implementasi Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 4, no. 1, pp. 195–202, Jan. 31, 2025.