

Pendeteksi Kadar Asap Di Dalam Galley MT. *Supreme Star* Menggunakan Nodemcu ESP32

Sony Akbar S

Politeknik Pelayaran Surabaya

Agus Dwi Santoso

Politeknik Pelayaran Surabaya

Anak Agung Istri S.W

Politeknik Pelayaran Surabaya

Korespondensi Penulis : sonyakbars@gmail.com

Abstract. *This research aims to design and develop a smoke level detection device based on NodeMCU ESP32 with a room-scale ratio of 1:10. The issue at hand is the occurrence of two false alarms during sailing practices on the MT. SUPREME STAR due to the oversight of the galley Exhaust Fan activation by the cook, resulting in kitchen smoke escaping the room. The designed device is equipped with 4 MQ-135 sensors and an LCD, along with 4 ACS712 sensors to measure the smoke density in the galley in terms of ppm (Part Per Million). LED serves as a parameter for CO (Carbon Monoxide), and ACS712 is utilized to detect mA, determining whether the sensor can activate the Exhaust Fan, indicated by the detected mA. This research includes designing a device to detect smoke levels and automatically activate the Exhaust Fan, as well as understanding the operation of smoke sensors and the NodeMCU ESP32 Microcontroller. By using the "trial and error" research method, namely a series of experiments carried out repeatedly using different methods and materials. Test results indicate that the MQ-135 sensor has an average error ranging from -7.5% to +5.69%, influenced by input voltage. Additionally, IoT test results show that some sensors face difficulty in transmitting data due to voltage drop when Wi-Fi is enabled. Overall system testing demonstrates that the device effectively controls smoke in the galley. The Exhaust Fan operates according to the predetermined program, and the LED provides an indicator of smoke opacity in accordance with the Air Pollution Standard Index. The MQ-135 sensor can prevent smoke emissions by automatically activating the Exhaust Fan when smoke levels are detected above 30 ppm. Thus, this device prototype can be a solution to address false alarm incidents, and its success indicates the potential use of MQ-135 sensors in the automation of smoke control systems in enclosed spaces..*

Keywords: *Smoke Level Detector, MT. Supreme Star Galley, NodeMCU ESP32, MQ-135 Sensor, ACS712, LCD, IoT, Exhaust Fan, Part Per Million, Carbon Monoxide, LED.*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat alat pendeteksi kadar asap berbasis NodeMCU ESP32 dengan skala perbandingan ruangan 1:10. Permasalahan yang muncul adalah terjadinya dua kali alarm palsu selama praktek layar di kapal MT. SUPREME STAR akibat lupa menyalakan galley Exhaust Fan oleh juru masak, menyebabkan asap masakan keluar dari ruangan. Alat yang dirancang dilengkapi dengan 4 sensor MQ-135 dan LCD serta sensor 4 sensor ACS712 untuk mengukur kadar kepekatan asap dalam galley dengan kadar ppm (Part Per Million) serta LED sebagai parameter CO (Karbon Monoksida) dan ACS712 yang digunakan untuk mendeteksi mA sehingga dapat diketahui apakah sensor dapat menggerakkan Exhaust Fan, ditandai dengan terdapatnya mA yang terdeteksi. Penelitian ini mencakup merancang alat untuk mendeteksi kadar asap dan secara otomatis menyalakan Exhaust Fan, serta memahami cara kerja sensor asap dan Mikrokontroler NodeMCU ESP32. Dengan menggunakan metode penelitian "trial and error" yakni serangkaian percobaan yang dilakukan secara berulang-ulang dengan menggunakan cara dan materi yang berbeda-beda. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor MQ-135 memiliki rata-rata error berkisar antara -7,5% hingga +5,69%, dipengaruhi oleh tegangan masukan. Selain itu, hasil uji IoT menunjukkan bahwa beberapa sensor mengalami kesulitan mengirim data karena voltage drop saat wifi diaktifkan. Pengujian keseluruhan sistem menunjukkan bahwa alat dapat mengendalikan keputulan asap di dalam galley dengan baik. Exhaust Fan dapat beroperasi sesuai program yang telah ditentukan, dan LED memberikan indikator tingkat kekeruhan asap sesuai dengan Indeks Standar Pencemaran Udara. Sensor MQ-135 dapat mencegah keputulan asap dengan otomatis menyalakan Exhaust Fan ketika kadar asap terdeteksi di atas 30 ppm. Dengan demikian, prototipe alat ini dapat menjadi solusi untuk mengatasi permasalahan kejadian

alarm palsu dan keberhasilannya menunjukkan potensi penggunaan sensor MQ-135 dalam sistem otomatisasi pengendalian asap di ruangan tertutup.

Kata kunci: Pendeteksi kadar asap, Galley MT. Supreme Star, NodeMCU ESP32, Sensor MQ-135, ACS712, LCD, IoT, Exhaust Fan, Part Per Million, Karbon Monoksida, LED.

PENDAHULUAN

Galley adalah salah satu tempat yang penting dalam kapal karena di galley dilakukan kegiatan membuat makanan atau minuman yang membutuhkan alat seperti kompor ataupun alat yang menghasilkan panas sehingga galley membutuhkan tingkat keamanan yang tinggi. Tingkat keamanan ditentukan oleh beberapa faktor, diantaranya suhu ruangan galley dan kandungan Karbon Monoksida yang ada pada galley. Jika keamanan tersebut terpenuhi, maka kegiatan dalam menggunakan galley juga akan menjadi nyaman dan lancar (Nurlinah et al., 2021). Paparan asap dari hasil pembakaran sangat berpotensi menyebabkan masalah kesehatan pada pekerja yakni infeksi saluran pernapasan seperti PPOK, ISPA, dan Asma (Syahrinisya, et al., 2022).

Terdapat berbagai cara untuk menciptakan galley yang sehat seperti melengkapi galley dengan ventilasi yang baik agar terdapat sirkulasi udara, memberikan sekat pada jendela yang terbuka, memberikan kipas angin penghisap asap di atas kompor agar asap yang timbul selama memasak dapat segera disedot atau dibuang keluar menuju cerobong (Syawalia, 2010). Namun dikapal yang bermuatan minyak, asap galley hanya keluar melalui cerobong galley Exhaust Fan sehingga sirkulasi udara dapat terhambat jika asap terkumpul di dalam cooker hood. Asap yang terkumpul harus segera ditanggulangi karna jika tidak segera ditanggulangi, asap akan keluar dari galley yang mengakibatkan smoke detector menyala. Sehingga akan mengakibatkan peringatan kebakaran yang tidak semestinya (alarm palsu).

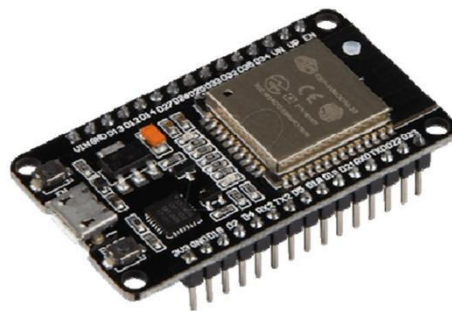
Sejalan dengan kejadian yang dialami oleh penulis pada saat melakukan praktek layar selama kurang lebih 9 bulan pada tanggal 23 Desember 2021 - 16 September 2022 di kapal MT. SUPREME STAR. Telah terjadi 2 kali kejadian alarm palsu pada tanggal 01 Mei 2022 dan 08 Juli 2022 dikarenakan juru masak yang lupa menghidupkan galley Exhaust Fan yang masih menggunakan sistem manual untuk pengoprasianya yang menyebabkan asap hasil kegiatan memasak di galley keluar dari ruangan. Berdasarkan fenomena tersebut penulis tertarik untuk merancang sebuah prototype alat pendeteksi kadar asap dengan skala perbandingan ruangan 1:10. Alat tersebut dilengkapi dengan NodeMCU ESP32 (sebuah Mikrokontroler yang akan di program untuk membaca kadar asap di dalam satu ruangan) yang telah disematkan sensor MQ-135 dan LCD untuk menampilkan nilai kadar kepekatan asap didalam galley (Part Per Million) dan LED sebagai parameter CO (Karbon Monoksida).

Selain itu, NodeMCU ESP32 juga akan mengaktifkan lima buah lampu indikator mengenai informasi level bahaya karbon monoksida menggunakan 5 kondisi sesuai dengan Standart ISPU (Indeks Standar Pencemaran Udara). Yang sebelumnya sudah dirancang agar dapat menyalakan Exhaust Fan saat sensor mendeteksi adanya asap di dalam ruangan. Sensor akan membaca konsentrasi asap dalam galley lalu memberikan perintah kepada NodeMCU ESP32 untuk segera menyalakan Exhaust Fan jika dibutuhkan.

TINJAUAN PUSTAKA

NodeMCU ESP32

Mikrokontroler ini sudah memiliki modul *Wifi* dan terhubung dengan *Bluetooth Low Energy* (BLE) melalui chip, sehingga sangat powerfull dan bisa menjadi pilihan yang baik untuk membuat sistem aplikasi IoT (ESP32 technical reference manual, 2023). ESP32 adalah singkatan dari Espressif32 yang merupakan papan pengembangan dikembangkan oleh Sistem Espressif. ESP32 adalah mikrokontroler 32 bit yang dilengkapi dengan jaringan nirkabel atau *wifi* dan *Bluetooth Low Energy* (BLE) menggunakan protokol jaringan *wifi* 802.11 b/g/n yang bekerja pada frekuensi 2,4 GHz dan teknologi *Bluetooth* v4.2 (ESP32 technical reference manual 2023).



Gambar 2. 1 Modul NodeMCU ESP32

Sumber : Ulaan, G. C., Poekoel, V. C., & Ontowirjo, A. H. (2022).

Sensor MQ-135

Sensor gas MQ-135 menggunakan SnO₂ yang memiliki konduktivitas udara bebas lebih rendah jika berada di dalam udara yang cenderung bersih (Nurhilman, 2021). Di mana memungkinkan terdapat karbon monoksida dalam ketebalan tertentu, konduktivitas sensor gas meningkat dengan konsentrasi peningkatan karbon monoksida. Dengan memanfaatkan sensor MQ-135 dapat dimanfaatkan sebagai *input* pembacaan kepekatan asap di dalam satu ruangan.



Gambar 2. 2 Sensor MQ-135

Sumber : Gessal, C. I., Lumenta, A. S., & Sugiarto, B. A. (2019).

Exhaust Fan

Exhaust Fan adalah sebuah perangkat yang memiliki kemampuan untuk meng sirkulasi aliran udara di dalam ruangan (Tresnajaya, et al., 2020). Alat ini banyak digunakan untuk mempercepat penyebaran udara di dalam ruangan dan selanjutnya udara tersebut dikeluarkan ke luar ruangan. Udara panas di dalam dikeluarkan dengan bantuan *Exhaust Fan*.

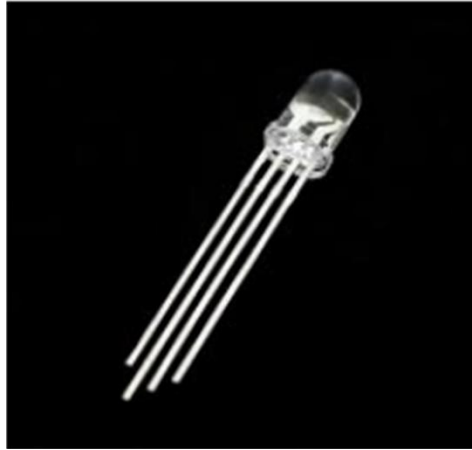


Gambar 2. 3 Kipas DC

Sumber : Saputra, R. D. (2022).

Light Emitting Diode

Light Emitting Diode atau dapat disebut LED adalah komponen elektronika yang dapat memproduksi pijaran cahaya yang diharapkan menjadi penerangan sehingga dapat memenuhi kebutuhan cahaya. Secara sederhana, LED dapat didefinisikan sebagai contoh dari semikonduktor yang dapat merubah energi listrik menjadi energi Cahaya (Atmadja, et al., 2016).



Gambar 2. 4 Lampu LED

Sumber : Lampu LED RGB Sumber : Supegina, F., & Imam, I. (2014).

Liquid crystal display

LCD sering digunakan sebagai penampil karakter atau gambar sebuah sistem digital atau mikrokontroler *Liquid crystal display* (LCD) adalah suatu jenis media tampilan yang mengubah kristal cair sebagai penampil utama. LCD juga memunculkan tulisan karena terdapat banyak pixel yang terdiri dari satu buah kristal cair ini tidak memancarkan cahaya sendiri (Saputra, D. P., & Swastawan, W. E. 2014).



Gambar 2. 5 Modul LCD 2 x 16

Sumber :Saputra, D. P., & Swastawan, W. E. (2014).

Buzzer

Buzzer memiliki fungsi menghasilkan suara dari getaran listrik (Budiharto, 2018). Cara kerja *buzzer* mirip dengan *loud speaker*, terdiri dari kumparan – kumparan lalu dihubungkan dengan diafragma. Digunakan sebagai indikasi suatu kesalahan pada sebuah alat.

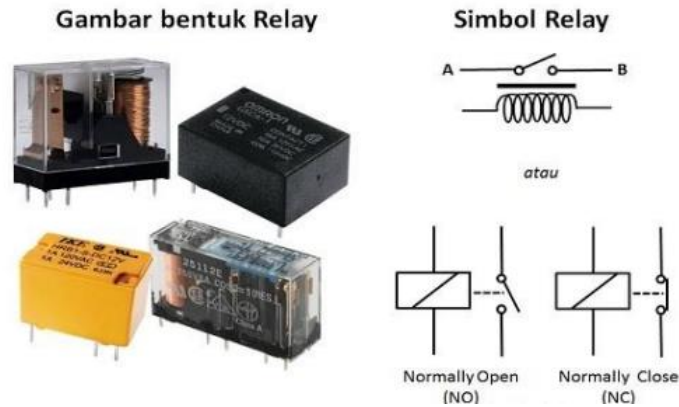


Gambar 2. 6 Modul Buzzer

Sumber : Dokumen Pribadi

Relay

Relay adalah saklar *switch* yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen *Electromechanical* yang terdiri dari 2 bagian utama yakni *Elektromagnet* atau *Coil* dan Mekanikal seperangkat kontak saklar atau *Switch* (Saleh, M., & Haryanti, M. 2017).



Gambar 2. 7 Modul Relay

Sumber : Saleh, M., & Haryanti, M. (2017).

Asap / Karbon Monoksida

Asap / Karbon monoksida (CO) adalah suatu gas yang tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa, mudah terbakar, tidak mengiritasi namun sangat beracun (*World Health Organization*, 2004). Dari sifat-sifat tersebut karbon monoksida dikenal sebagai “*silentkiller*”.

Galley

Tempat pengolahan makanan adalah suatu tempat dimana makanan diolah, tempat pengolahan ini sering disebut *galley* (Auliya, A., & Aprilia, D. N. 2017).

Serial Bluetooth Terminal

Bluetooth adalah standar radio dan protokol komunikasi yang di desain untuk aplikasi yang memakai daya kecil, dengan jangkauan pendek (Rofiq, M., & Yusron, M. 2014).



Gambar 2. 8 Serial Bluetooth Terminal

Sumber : Dokumen Pribadi

Sensor arus ACS712

Sensor arus ACS712 yang adalah sebuah instrument untuk mengukur tegangan, arus, daya, dan energi yang dikonsumsi perangkat listrik (Fransiska, et al ., 2013).



Gambar 2. 9 Modul ACS 712

Sumber : Dokumen Pribadi

METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan dilakukan dengan uji-coba secara “trial and error” yakni serangkaian percobaan yang dilakukan secara berulang-ulang dengan menggunakan cara dan materi yang berbeda-beda (Zakariah, et al., 2020). Dengan melakukan pengujian pada alat secara statis dan dinamis sehingga diperoleh alat yang dapat membaca kadar asap di dalam galley dan menyalakan Exhaust Fan secara otomatis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil data pengujian sensor

1. Pengujian Sensor MQ-135

Hasil Pengukuran didapati dengan memonitoring *Serial Monitor* pada aplikasi arduino. Kemudian data hasil pembacaan sensor MQ - 135 dibandingkan dengan *carbon monoxide alarm* sehingga didapati hasil pengukuran sensor MQ - 135 dan ACS712 sehingga diketahui persentase error pada setiap sensor. Tingkat *error* pada sensor dapat dihitung dengan rumus di bawah ini :

$$Error = \frac{(\text{Pengukuran Sensor} - \text{Pengukuran Alat Pembanding})}{\text{Pengukuran Alat Pembanding}} \times 100 \% \quad (2)$$

Pengukuran sensor diambil dari nilai sensor MQ - 135 dan ACS 712. Pengukuran alat pembanding diambil dari nilai *carbon monoxide alarm* dan *ampere* pada *multi tester*.

- 1) Pada table 4.1 dilakukan pengujian sebanyak 5 kali percobaan dengan alat pembanding dan didapati hasil bahwa sensor MQ – 135 1 memiliki persentase rata-rata *error* sebanyak – 1.7 %.

- 2) Pada table 4.2 dilakukan pengujian sebanyak 5 kali percobaan dengan alat pembanding dan didapati hasil bahwa sensor MQ – 135 2 memiliki persentase rata-rata *error* sebanyak + 3 %.
- 3) Pada table 4.3 dilakukan pengujian sebanyak 5 kali percobaan dengan alat pembanding dan didapati hasil bahwa sensor MQ – 135 3 memiliki persentase rata-rata *error* sebanyak + 0.41 %.
- 4) Pada table 4.4 dilakukan pengujian sebanyak 5 kali percobaan dengan alat pembanding dan didapati hasil bahwa sensor MQ – 1354 4 memiliki persentase rata-rata *error* sebanyak + 2.2 %.

2. Pengujian Sensor ACS712

Setelah dilakukan pengkalibrasian dan pengambilan data di dapati hasil sebagai berikut:

- 1) Pada table 4.5 dilakukan pengujian sebanyak 3 kali percobaan dengan alat pembanding dan didapati hasil bahwa sensor ACS712 1 memiliki persentase rata-rata *error* sebanyak - 0.9 %.
- 2) Pada table 4.6 dilakukan pengujian sebanyak 3 kali percobaan dengan alat pembanding dan didapati hasil bahwa sensor ACS712 2 memiliki persentase rata-rata *error* sebanyak + 5 %.
- 3) Pada table 4.7 dilakukan pengujian sebanyak 3 kali percobaan dengan alat pembanding dan didapati hasil bahwa sensor ACS712 3 memiliki persentase rata-rata *error* sebanyak + 0.4 %.
- 4) Pada table 4.8 dilakukan pengujian sebanyak 3 kali percobaan dengan alat pembanding dan didapati hasil bahwa sensor ACS712 4 memiliki persentase rata-rata *error* sebanyak -3.3%.

Error pada sensor sangat dipengaruhi oleh tegangan yang masuk dikarenakan pembacaan nilai tengah sensor yang harus dikalibrasi dari awal (zero calibration). Pada penelitian ini nilai tegangan yang masuk kedalam sensor memiliki penurunan tegangan (*voltage drop*) sekitar 0,07 volt atau 3 %. *Error* pada penelitian ini diatasi dengan penambahan kapasitor sehingga pembacaan arus lebih stabil.

a. Hasil Pengujian IOT

Pada gambar 4.25 telah dilakukan Pengujian dengan serial monitor dan *Serial Bluetooth Terminal* dapat terhubung di tandai dengan serial monitor “*connected to BTi*” . Pengujian IOT dapat berjalan dengan baik dimana semua sensor dapat mengirimkan data, tanpa terjadi kendala dengan *delay* 1 detik. Dengan nilai *error* sebesar 0 %.

b. Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

Pada table 4.9 telah dilakukan pengujian sehingga didapati hasil *Exhaust Fan* dapat no.2 dan 3 dapat bekerja sesuai Pemrograman yang telah diberikan dibuktikan dengan Bergeraknya *Exhaust Fan* no. 2 dan 3. LED dapat bekerja dengan baik dengan memberikan indikator tingkat kekeruhan asap sesuai (ISPU) Indeks Standart Pencemaran Udara. Sensor no. 1 dan 4 dapat mencegah kepulan asap yang mengarah kesudut *box* dengan otomatis menyalakan *Exhaust Fan* ketika ppm terdeteksi diatas 30 ppm. Sehingga kepulan asap dapat dikendalikan dan dikeluarkan dengan baik oleh sistem. Untuk pembacaan sensor ACS712 dapat bekerja dengan baik ditandai dengan ampere yang terbaca dengan baik.

KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

Setelah dilakukan prototipe pembuatan alat pendeteksi kadar asap serta pengujian keseluruhan alat serta analisis data, didapati hasil data sebagai berikut:

1. Untuk merancang dan membuat suatu alat yang dapat mendeteksi kadar asap dan otomatis menyalakan *galley exhaust fan*. Dibutuhkan NodeMCU ESP32 agar dapat mengendalikan kepulan asap dengan baik sehingga tidak keluar dari ruangan dan mengakibatkan *alarm* palsu yang dalam penelitian ini disimulasikan dengan *box*. Dengan meletakkan 4 buah sensor MQ-135 yang memiliki persentase eror sebesar 0.97 % sehingga kadar asap di dalam dapur dapat dideteksi tingkat ppmnya, dan dengan otomatis menyalakan *Exhaust Fan*. Dan perentase error pembacaan pada ACS712 sebesar 0.3 % saat kondisi komponen dalam suhu normal.
2. Sistem kerja dari sensor asap yang digunakan pada alat pendeteksi asap otomatis berbasis NodeMCU ESP32 adalah Dengan mengubah nilai resistansi yang ada dalam sensor dan mengirimkan nilai analog sensor ADC menuju NodeMCU ESP32. Sehingga didapati perubahan nilai analog yang dikonversikan menjadi nilai ppm. Ppm dapat dijadikan

sebagai acuan untuk menyalakan dan mematikan *Exhaust Fan* secara otomatis. Dan sensor ACS712 yang memiliki prinsip kerja menghitung selisih pembacaan tegangan. Dapat dijadikan sebagai sensor arus yang baik dengan syarat sensor tidak mengalami penurunan tegangan masukan.

SARAN

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah :

1. Saran untuk penelitian selanjutnya agar alat ini dapat dikembangkan menjadi sistem pendeteksi kebocoran gas atau pendeteksi kualitas udara sekitar. Dikarenakan jenis sensor yang digunakan dapat mendeteksi gas atau karbon dioksida namun dengan rumus pencarian ppm yang sedikit berbeda.
2. Mengubah sensor MQ – 135 dengan sensor lain sehingga nilai ppm dapat dideteksi lebih akurat. Setiap sensor diberikan masing masing *power supply* dengan tegangan konstan 5 volt untuk memberi *input* tegangan. Untuk menghindari *error* pembacaan pada sensor MQ-135 dan ACS712 .

DAFTAR PUSTAKA

- Atmadja, M. D., Soelistiant, F. A., & Kristiana, H. M. (2016). Analisis perbandingan susunan rangkaian pada lampu LED untuk penerangan. SENTIA 2016, 8(2).
- Auliya, A., & Aprilia, D. N. (2017). Pengaruh hygiene pengolahan makanan terhadap kualitas makanan di Hotel Aston Rasuna Jakarta. Jurnal Hospitality dan Pariwisata, 2(2).
- Budiharto, W. (2018). Panduan pemrograman mikrokontroler AVR ATMega16. Elex Media Komputindo.
- Chanthakit, S., & Rattanapoka, C. (2018, July). MQTT-based air quality monitoring system using NodeMCU and Node-RED. In 2018 Seventh ICT International Student Project Conference (ICT-ISPC) (pp. 1-5). IEEE.
- ESP32 technical reference manual (2023). Version 5.0 Espressif Systems.
- Faroqi, A., Halim, D. K., WS, M. S., & Hadisantoso, E. P. (2017). Perancangan alat pendeteksi kadar polusi udara menggunakan sensor gas MQ-7 dengan teknologi wireless HC-05. Jurnal Istek, 10(2).
- Fransiska, R. W., Septia, E. M. P., Vessabhu, W. K., Frans, W., & Abednego, W. (2013, November). Electrical power measurement using Arduino Uno microcontroller and LabVIEW. In 2013 3rd International Conference on Instrumentation, Communications, Information Technology, and Biomedical Engineering (ICICI-BME) (pp. 226-229). IEEE.

- Gessal, C. I., Lumenta, A. S., & Sugiarto, B. A. (2019). Kolaborasi aplikasi Android dengan sensor MQ-135 melahirkan detektor polutan udara. *Jurnal Teknik Informatika*, 14, 109-120.
- Githa, D. P., & Swastawan, W. E. (2014). Sistem pengaman parkir dengan visualisasi jarak menggunakan sensor ping dan LCD. *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika: JANAPATI*, 3(1), 10-14.
- Hernoko, M. G., Wibowo, S. A., & Vendyansyah, N. (2021). Penerapan IoT (Internet of Things) smart parking system dan pendeteksi kebakaran dengan fitur monitoring. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 5(1), 261-267.
- Pratama, E. W., & Kiswanto, A. (2022). Electrical analysis using ESP-32 module in realtime. *JEECS (Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences)*, 7(2), 1273-1284.
- Prayitno, W. A., Muttaqin, A., & Syauqy, D. (2017). Sistem monitoring suhu, kelembaban, dan pengendali penyiraman tanaman hidroponik menggunakan Blynk Android. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 1(4), 292-297.
- Rofiq, M., & Yusron, M. (2014). Perancangan sistem kontrol dan monitoring lampu dengan memanfaatkan teknologi Bluetooth pada smartphone Android. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Asia*, 8(1), 14-23.
- Saleh, M., & Haryanti, M. (2017). Rancang bangun sistem keamanan rumah menggunakan relay. *Jurnal Teknologi Elektro*, 8(2), 87-94.
- Saputra, R. D. (2022). Prototype sistem pengaturan kecepatan kipas DC otomatis menggunakan sensor PIR, sensor ultrasonik, sensor DHT11 berbasis mikrokontroler Arduino Uno dan NodeMCU. *Electrician: Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, 16(1), 45-55.
- Suhantono, D., & Yasa, I. M. S. (2017). Persepsi praktikan terhadap hasil desain dan pembuatan alat power supply tiga fasa menggunakan Quality Function Deployment untuk pemanfaatan praktik laboratorium elektronika Politeknik Negeri Bali. *Matrix: Jurnal Manajemen Teknologi dan Informatika*, 6(2), 91.
- Supegina, F., & Imam, I. (2014). Pengaturan lampu taman LED RGB berbasis Arduino yang dilengkapi solar cell. *SINERGI*, 18(1), 9-14.
- Syah, H. S., & Sungkono, S. (2021). Rancang bangun sistem pemadam kebakaran berbasis Internet of Things. *E-Link: Jurnal Teknik Elektro dan Informatika*, 16(2), 65-74.
- Syahrinisya, V., Alini, A., & Erlinawati, E. (2022). Hubungan paparan asap pengasapan ikan dengan keluhan gangguan pernapasan pada pekerja sentra ikan salai di Desa Koto Mesjid XIII Koto Kampar. *SEHAT: Jurnal Kesehatan Terpadu*, 1(4), 24-31.

- Tresnajaya, M. S., Partha, C. G. I., & Sukerayasa, I. W. (2020). Pemanfaatan udara buang exhaust fan sebagai pembangkit listrik tenaga bayu dengan penambahan wind tunnel berbasis Atmega 2560. *Jurnal SPEKTRUM*, 7(4).
- World Health Organization. (2004). Carbon monoxide environmental health criteria 213 (Edisi ke-2). World Health Organization.
- Yunita, P., & Hidayatulah, R. (2022). Prototype pendeteksi asap rokok dengan output suara dan SMS gateway berbasis Arduino Uno. *JTIK (Jurnal Teknik Informatika Kaputama)*, 6(1), 77-86.
- Zakariah, M. A., Afriani, V., & Zakariah, K. M. (2020). Metodologi penelitian kualitatif, kuantitatif, action research, research and development (R&D). Yayasan Pondok Pesantren Al Mawaddah Warrahmah Kolaka.