

SKRIPSI

**PERANCANGAN SISTEM MONITORING GAS
BERBAHAYA BERBASIS *INTERNET of THINGS*
DENGAN MIKROKONTROLER ESP32**



Oleh:

M. ARIFUDIN
NIM. 2115344043

**PROGRAM STUDI D4 TEKNIK OTOMASI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI BALI
TAHUN 2025**

ABSTRAK

Peningkatan aktivitas manusia di ruang publik sering kali menyebabkan penurunan kualitas udara akibat keberadaan gas berbahaya seperti metana (CH_4), karbon monoksida (CO), dan amonia (NH_3). Paparan gas-gas tersebut dapat membahayakan kesehatan serta meningkatkan risiko kebakaran. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem yang mampu melakukan pemantauan gas secara otomatis, real-time, dan dapat diakses dari jarak jauh. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring gas berbahaya berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32.

Perancangan sistem ini menggunakan tiga buah sensor, yaitu MQ-4 untuk mendeteksi gas metana, MQ-7 untuk karbon monoksida, dan MQ-135 untuk mendeteksi amonia serta polutan udara lainnya. Mikrokontroler ESP32 berperan sebagai pusat pengolah data dan pengirim informasi ke platform IoT melalui jaringan Wi-Fi. Hasil pemantauan ditampilkan secara lokal menggunakan layar OLED SSD1306 serta dikirim ke platform Blynk dan Google Sheets secara real-time. Sistem ini dirancang portabel dengan dukungan baterai Li-ion 3.7V agar dapat dioperasikan di lokasi tanpa pasokan listrik tetap, seperti di lingkungan kantin pujasera Politeknik Negeri Bali.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi fluktuasi kadar gas selama jam aktivitas kampus. Rata-rata konsentrasi gas pada jam sibuk (08.00–16.00) lebih tinggi dibandingkan jam tidak aktif (16.00–08.00), dengan nilai CH_4 sebesar 8.98%, CO sebesar 12.1% , dan NH_3 /polutan sebesar 15.35%. Hal ini membuktikan bahwa aktivitas manusia memengaruhi kualitas udara secara signifikan. Sistem ini terbukti efektif sebagai alat pemantau gas yang praktis, efisien, dan dapat diakses dari jarak jauh.

Kata kunci: Internet of Things (IoT), ESP32, gas berbahaya, MQ-4, MQ-7, MQ-135, monitoring udara.

ABSTRACT

The increase in human activity in public areas often leads to a decline in air quality due to the presence of hazardous gases such as methane (CH₄), carbon monoxide (CO), and ammonia (NH₃). Exposure to these gases can pose serious health risks and increase the potential for fire hazards. Therefore, it is essential to develop a system capable of monitoring gas levels automatically, in real-time, and accessible remotely. This study aims to design and implement a hazardous gas monitoring system based on the Internet of Things (IoT) using the ESP32 microcontroller.

The system utilizes three gas sensors: MQ-4 for methane detection, MQ-7 for carbon monoxide, and MQ-135 for ammonia and other air pollutants. The ESP32 microcontroller functions as the core processor that collects sensor data and transmits it to IoT platforms via Wi-Fi. Monitoring results are displayed locally through an OLED SSD1306 screen and sent in real-time to Blynk and Google Sheets for remote access. The system is designed to be portable using a 3.7V Li-ion battery, allowing it to operate in areas without a fixed power supply, such as the food court area at Politeknik Negeri Bali.

Test results show that the system successfully detects gas concentration fluctuations during campus activity hours. Average gas levels during active hours (08:00–16:00) were higher than during inactive hours (16:00–08:00), with CH₄ at 8.98%, CO at 0.121%, and NH₃/pollutants at 15.35%. These results confirm that human activities significantly impact air quality. This system has proven to be an effective, practical, and remotely accessible tool for hazardous gas monitoring.

Keywords: *Internet of Things (IoT), ESP32, hazardous gas, MQ-4, MQ-7, MQ-135, air quality monitoring.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN UJIAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Penelitian Sebelumnya	6
2.2. Landasan Teori	7
2.2.1. Pengertian Gas	9
2.2.2. <i>Internet Of Things</i>	10
2.2.3. Mikrokontroler ESP 32	10
2.2.4. Sensor Gas.....	12
2.2.5. <i>Platform IoT</i>	13
2.2.6. Sistem Daya pada <i>Internet Of Things</i>	15
BAB III METODE PENELITIAN.....	18
3.1. Metode Penelitian.....	18
3.2. Rancangan Sistem	19
3.2.5.1. Rancangan Aplikasi menggunakan bylink	25
3.2.5.2. Rancangan Penyimpanan data pada <i>google sheet</i>	25
3.3. Pembuatan Alat	26
3.4 Analisa Hasil Penelitian	27
3.5. Hasil Yang diharapkan	30

BAB IV	31
HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1. Implementasi	31
4.2 Pengujian Alat	46
4.3. Pengujian Parameter.....	51
BAB V PENUTUP.....	57
5.1 Kesimpulan	57
5.2. Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 ESP 32	11
Gambar 2.2 Sensor MQ-4	12
Gambar 2.3 Sensor MQ-7	13
Gambar 2.4 Sensor MQ-135	13
Gambar 2.5 Sistem Bylink	14
Gambar 2.6 Sistem Esp32 To Google Sheet	15
Gambar 2.7 Baterai Lithium Li-Ion	15
Gambar 2.8 LM2569	16
Gambar 2.9 Module Battery Management System 2S	16
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	18
Gambar 3.2 Blok diagram perancangan perangkat	20
Gambar 3.3 Perancangan wiring diagram	20
Gambar 3.4 Flowchart System	22
Gambar 3.5 Desain Mekanik Tampak Depan	23
Gambar 3.6 Desain Mekanik Desain Mekanik Tampak Belakang	24
Gambar 3.7 Desain Mekanik Perpesktif Kiri	24
Gambar 3.9 Rancangan Aplikasi pada bylink	25
Gambar 3.10 Penyimpanan data menggunakan google sheet	26
.....	31
Gambar 4.1 Tampak Depan	31
Gambar 4.2 Tampak Samping Kanan	32
Gambar 4.3 Tampak Samping Kiri	32
Gambar 4.4 Tampak isi box	33
Gambar 4.5 Library pada ESP32	34
Gambar 4.6 Identitas ID Bylink	35
Gambar 4.7 Library Bylink	35
Gambar 4.8 Kalibrasi Sensor	35
Gambar 4.9 Kalibrasi Standart PPM	36
Gambar 4.10 Inisiasi standrt ambang batas gas	37
Gambar 4.11 Iniasiasi sistem	38

Gambar 4.12 Inisiasi Sistem	39
Gambar 4.13 Pengiriman data ke bylink.....	40
Gambar 4.14 Pengiriman Status.....	41
Gambar 4.15 Pengiriman notifikasi ke bylink	41
Gambar 4.15 pengiriman data ke google sheet	41
Gambar 4.16 respon dan validasi pengiriman data	42
Gambar 4.17 Inisiasi OLED.....	42
Gambar 4.18 Penampilan Header	43
Gambar 4.19 Menampilkan nilai sensor	43
Gambar 4.20 Inisiasi Buzzer	43
Gambar 4.21 Tampilan dashboard data sensor di bylink	44
Gambar 4.22 Library Bylink	44
Gambar 4.23 Token auth bylink.....	45
Gambar 4.24 Gambar data yang di terima dari sensor.....	46
Gambar 4.25 Pengujian Mikrokontroller	48
Gambar 4.26 Ouput Sensor ke software Arduino	49
Gambar 4.27 Ouput Sensor ke software arduino	49
Gambar 4.28 Output sensor ke software Arduino	50
Gambar 4.29 Ouput LCD OLED	50
Gambar 4.30 Grafik perbandingan Gas Metana	51
Gambar 4.31 Grafik Perbandingan Gas Karbon Monoksida	53
Gambar 4.32 Grafik perbandingan gas ammonia dan polutan udara.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai Konversi Gas Karbon monoksida	8
Tabel 2.2 Nilai Konvers Gas Amonia	8
Tabel 2.3 Nilai Konversi Gas Metana	9
Tabel 2.4 Spesifikasi ESP 32.....	11
Tabel 3.1 Keterangan Wiring Diagram	21
Tabel 3.2 Pin out INPUT ke ESP	21
Tabel 3.3 Pin out OUTPUT ke ESP	21
Tabel 3.4 pin out sistem daya	21
Tabel 3.5 Komponen	27
Tabel 3.6 Perangkat Lunak.....	27
Tabel 3.7 Alat-alat keperluan	27
Tabel 3.8 Data Pemantaun gas berbahaya.....	30

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Polusi udara merupakan salah satu masalah lingkungan terbesar di dunia yang berkontribusi pada berbagai penyakit seperti pernapasan, jantung, dan kanker paru-paru, berdasarkan laporan World Health Organization (WHO).[1] Polusi udara menyebabkan sekitar tujuh juta kematian per tahun berdasarkan data dari WHO, gas berbahaya seperti karbon monoksida (CO), metana (CH₄), sulfur dioksida (SO₂), dan senyawa organik lainnya merupakan kontributor utama terhadap penurunan kualitas udara.[1] Polusi udara tidak hanya berdampak pada kesehatan manusia tetapi juga merusak ekosistem dan memperburuk perubahan iklim global. Di negara berkembang seperti Indonesia, polusi udara menjadi ancaman yang signifikan karena aktivitas industri, transportasi, dan pengelolaan sampah yang tidak efisien.[1]

Indonesia, sebagai negara berkembang dengan populasi besar dan tingkat urbanisasi tinggi, menghadapi tantangan serius dalam mengelola polusi udara. Sumber utama polusi udara meliputi pembakaran sampah, emisi kendaraan bermotor, serta aktivitas industri. Gas berbahaya juga dapat dihasilkan dari lingkungan tertutup dengan sirkulasi udara yang kurang baik, seperti kantin kampus yang memiliki tingkat aktivitas tinggi dan sering digunakan oleh mahasiswa, dosen, serta staf.[2]

Politeknik Negeri Bali (PNB) adalah salah satu perguruan tinggi vokasi yang berfokus pada pendidikan terapan dan memiliki 7 jurusan serta 35 program studi, dengan jumlah mahasiswa 6.200.[3] Kantin menjadi fasilitas penting dalam mendukung aktivitas akademik. Kantin pada jam kampus menjadi tempat utama bagi mahasiswa dan tenaga pendidik untuk beristirahat dan mengonsumsi makanan. Namun, kantin pujasera di politeknik negeri bali ini berdekatan dengan tempat pembuangan sampah sementara, yang berpotensi menimbulkan permasalahan lingkungan seperti bau tidak sedap serta peningkatan kadar gas berbahaya di udara. Aktivitas memasak di kantin juga dapat menghasilkan gas seperti karbon monoksida (CO), metana (CH₄), dan

amonia (NH_3), yang dapat berdampak buruk terhadap kesehatan pengunjung serta pekerja kantin.[4] Selain itu, akumulasi gas tertentu juga berpotensi meningkatkan risiko kebakaran jika tidak dimonitor dengan baik.

Pemantauan kualitas udara secara *real-time* sangat penting untuk mengurangi dampak buruk dari polusi udara, dengan sistem pemantauan yang efektif, kita dapat memantau konsentrasi gas berbahaya seperti karbon monoksida (CO), Amonia (NH_3), dan metana (CH_4) serta mengambil langkah-langkah preventif sebelum terjadi dampak yang lebih besar. [2] Teknologi pemantauan yang ada saat ini, seperti penggunaan sensor gas, memungkinkan pengukuran yang lebih cepat dan lebih akurat dibandingkan dengan metode sampling manual yang sering kali tidak efisien, oleh karena itu sistem pemantauan berbasis *Internet of Things* (IoT) dapat menjadi solusi yang sangat efektif dalam mendeteksi gas berbahaya dan memberikan informasi yang diperlukan untuk tindakan lebih lanjut.[5]

Internet of Things (IoT) menawarkan solusi inovatif dalam pemantauan gas berbahaya di lingkungan sekitar. IoT memungkinkan pengumpulan dan pengiriman data secara otomatis dari berbagai sensor yang terhubung ke internet dengan menggunakan sensor gas seperti MQ-4, MQ-7, dan MQ-135, kita dapat memantau konsentrasi gas berbahaya dan senyawa organik lainnya secara real-time.[6] Mikrokontroler seperti ESP32 berfungsi sebagai pengolah data dan penghubung antara sensor dan platform berbasis cloud, untuk visualisasi data yang mudah diakses. Sistem ini memungkinkan pemantauan yang lebih efisien, pengambilan keputusan yang lebih cepat, dan pengelolaan lingkungan yang lebih baik.[6]

Gas berbahaya merupakan gas yang dalam konsentrasi tertentu dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan manusia, seperti karbon monoksida (CO), metana (CH_4), dan amonia (NH_3).[1] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (Kemkes) dan Kementrian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan (KLHK) telah menetapkan ambang batas konsentrasi gas berbahaya yang aman bagi kesehatan manusia. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No. 1077/Menkes/Per/V/2011 tentang Ambang Batas Konsentrasi

Bahan Kimia di Udara,[7] Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1407/Menkes/SK/XI/2002,[8] dan Standart ISPU (Indeks Standar Pencemar Udara) Kementrian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan.[9]

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem pemantauan gas berbahaya berbasis *Internet of Things* (IoT) yang menggunakan sensor *MQ-4*, *MQ-7*, dan *MQ-135* untuk mengukur konsentrasi gas berbahaya di lingkungan kantin pujasera politeknik negeri bali, dengan mikrokontroler ESP32 sebagai pengolah data. Sistem ini dilengkapi dengan layar OLED untuk menampilkan data secara langsung dan platform *Blynk* untuk pemantauan jarak jauh, serta sistem penyimpanan data menggunakan *Google Sheets* untuk pencatatan historis. Alat ini juga dilengkapi dengan sistem daya menggunakan baterai *Li-ion* yang dapat diisi ulang, memungkinkan alat bekerja secara mandiri dengan daya yang efisien.

Berdasarkan analisis masalah yang ada, sistem pemantauan gas berbasis IoT dirancang untuk mengetahui kualitas udara di sekitar lingkungan kantin pujasera politeknik negeri bali yang berdekatan dengan tempat pembuangan sampah.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang Penelitian, maka rumusan masalah dari penelitian ini sebagai berikut:

- a. Bagaimanakah merancang sistem monitoring gas berbahaya berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32 yang dapat mendeteksi dan mengirimkan data secara *real-time*?
- b. Bagaimanakah cara kerja sistem monitoring gas berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32 dalam mendeteksi dan mengirim data gas berbahaya?
- c. Berapakah kadar gas karbon monoksida (CO), gas metana (CH₄), dan gas ammonia (NH₃) pada lingkungan kantin pujasera Politeknik Negeri Bali?

1.3. Batasan Masalah

Untuk memastikan hasil penelitian sesuai dengan tujuan yang diharapkan dan tetap fokus pada permasalahan yang diangkat, diperlukan adanya batasan masalah. Batasan ini bertujuan agar penelitian tetap terarah dan tidak keluar dari lingkup yang telah ditentukan. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem ini hanya dapat mendeteksi gas yang sesuai dengan spesifikasi sensor yang digunakan *MQ-4*, *MQ-7*, dan *MQ-135* dengan fokus pada pemantauan berbasis *Internet of Things* menggunakan mikrokontroler ESP32.
2. Data yang diperoleh ditampilkan secara *real-time* melalui platform *Internet of Things* dan OLED display, tanpa dilengkapi fitur analisis lanjutan.
3. Tempat pengukuran gas berbahaya difokuskan di luar ruangan lebih tepatnya di kantin pugasera politeknik negeri bali.
4. Ambang batas gas berbahaya ditentukan berdasarkan standart ISPU dari Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, standart pencemaran udara dari Kemenkkes dan standart National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH).

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini berdasarkan uraian latar belakang dan rumusan masalah diatas adalah:

1. Untuk merancang dan mengembangkan sistem pemantauan gas berbahaya berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan menggunakan mikrokontroler ESP32 yang dapat mendeteksi serta mengirimkan data secara real-time.
2. Untuk mengetahui cara kerja sistem monitoring gas berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32 dalam mendeteksi dan mengirim data gas berbahaya
3. Untuk mengukur kadar gas karbon monoksida (CO), gas metana (CH₄), dan gas amonia (NH₃) di lingkungan kantin pugasera Politeknik Negeri Bali.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Manfaat Akademis

Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya dalam penerapan *Internet of Things* (IoT) untuk sistem monitoring gas berbahaya berbasis mikrokontroler dan juga menambah wawasan mengenai penggunaan sensor MQ-4, MQ-7, dan MQ-135 dalam pemantauan kualitas udara dan mengukur gas berbahaya. Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi dalam pengembangan sistem pemantauan kualitas udara di lingkungan dan area sejenis.

2. Manfaat Praktis

Membantu pengelola area kantin pujasera di Politeknik Negeri Bali dalam memantau kadar gas berbahaya secara *real-time* untuk meningkatkan keselamatan dan kenyamanan lingkungan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem monitoring gas berbahaya berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Perancangan sistem monitoring gas berbahaya berbasis Internet of Things (IoT) dengan menggunakan mikrokontroler ESP32 berhasil dilaksanakan secara efektif dan sesuai dengan tujuan
2. Sistem monitoring gas ini bekerja secara otomatis dan real-time dengan memanfaatkan mikrokontroler ESP32 dan tiga sensor gas, yaitu MQ-4 (metana/CH₄), MQ-7 (karbon monoksida/CO), dan MQ-135 (amonia dan polutan lainnya).
3. Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada jam operasional kampus, sistem menunjukkan bahwa:
 - a. Pada pengujian sensor MQ-135 Terdapat fluktuasi kadar gas yang signifikan pada waktu aktivitas jam operasional, terutama pada konsentrasi Amonia dan polutan udara. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas manusia seperti kendaraan bermotor, merokok, dan memasak di sekitar kantin secara nyata mempengaruhi kualitas udara di lingkungan tersebut.
 - b. Pada pengujian sensor MQ-4 erdapat fluktuasi kadar gas yang signifikan pada waktu aktivitas tinggi, terutama pada konsentrasi Gas metana
 - c. Pada Pengujian sensor MQ-7 terdapat fluktuasi kadar gas yang signifikan pada waktu aktivitas tinggi, terutama pada konsentrasi Gas Karbon Monoksida. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas seperti kendaraan bermotor dan merokok di sekitar kantin secara nyata mempengaruhi kualitas udara di lingkungan tersebut.

5.2. Saran

Agar sistem monitoring gas ini dapat dikembangkan lebih lanjut dan memberikan dampak yang lebih optimal, maka penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Pengembangan antarmuka aplikasi yang lebih interaktif dan informatif, misalnya dengan menampilkan grafik historis, zona aman/berbahaya, serta riwayat pencemaran gas untuk analisis jangka panjang.
2. Penggunaan energi terbarukan seperti panel surya untuk pengisian baterai agar sistem menjadi lebih ramah lingkungan dan benar-benar mandiri (off-grid), khususnya untuk lokasi luar ruangan.
3. Perluasan jumlah titik pemantauan gas dengan menempatkan beberapa node sensor di lokasi berbeda yang terhubung ke satu server pusat atau dashboard monitoring agar dapat memetakan tingkat pencemaran udara secara menyeluruh.
4. Penerapan algoritma kecerdasan buatan (AI) atau machine learning untuk memprediksi tren pencemaran gas berdasarkan data historis, sehingga dapat membantu manajemen risiko dan perencanaan jangka panjang.
5. Penerapan sistem ini sebagai alat bantu pembelajaran atau edukasi mengenai pentingnya menjaga kualitas udara, terutama bagi siswa dan mahasiswa di lingkungan pendidikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]“Air pollution.” Accessed: Jan. 25, 2025. [Online]. Available: <https://www.who.int/health-topics/air-pollution>
- [2]S. T. Maulia, “Analisis Dampak Polusi Udara Akibat Kebakaran Hutan Dan Lahan Serta Upaya Pengurangannya Dalam Mempertahankan Ketahanan Energi,” *J. Ketahanan Nas.*, vol. 29, no. 3, Art. no. 3, Jan. 2024, doi: 10.22146/jkn.92761.
- [3]“PNB - Politeknik Negeri Bali.” Accessed: Feb. 20, 2025. [Online]. Available: <https://www.pnb.ac.id/about>
- [4]V. Rahmawati, A. L. Hayat, and A. Salam, “analisis dampak pencemaran udara terhadap kesehatan masyarakat di perkotaan,” *SEMAR J. Sos. Dan Pengabd. Masy.*, vol. 2, no. 3, Art. no. 3, Sep. 2024, doi: 10.59966/semar.v2i3.885.
- [5]R. Muttaqin, W. S. W. Prayitno, N. E. Setyaningsih, and U. Nurbaiti, “Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis Iot (Internet Of Things) dengan Sensor DHT11 dan Sensor MQ135,” *J. Pengelolaan Lab. Pendidik.*, vol. 6, no. 2, pp. 102–115, May 2024.
- [6]A. Refalista, R. Irawati, I. Irawan, and T. W. Wisjhnuadji, “Pengunaan Sensor MQ-2,4,7,135 dan ESP32 Untuk Air Pollution Monitoring Berbasis Internet of Things,” *J. Ticom Technol. Inf. Commun.*, vol. 12, no. 1, Art. no. 1, Sep. 2023, doi: 10.70309/ticom.v12i1.104.
- [7]M. S. P. Budi, S. R. Gusmarwani, and M. Rauf, “Biological Hazard Control By Used Of Mechanical Air Ventilation With Antibacterial Filter,” *KURVATEK*, vol. 7, no. 2, Art. no. 2, Dec. 2022, doi: 10.33579/krvtk.v7i2.3751.
- [8]“Produk Hukor | Biro Hukum Dan Organisasi - Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.” Accessed: Feb. 20, 2025. [Online]. Available: <http://hukor.kemkes.go.id/hukor/kepmenkes/14>
- [9]“Indeks Standar Pencemar Udara (Ispu).” Accessed: Feb. 20, 2025. [Online]. Available: <https://arcgis.jabarprov.go.id/portal/apps/storymaps/stories/5cbe0dd241cc4630bb2ce92eabf3772c>
- [10]F. Z. Rachman, “Sistem Pemantau Gas di Tempat Pembuangan Sampah Akhir Berbasis Internet of Things,” *J. Teknol. Dan Sist. Komput.*, vol. 6, no. 3, pp. 100–105, Jul. 2018.
- [11]T. Rachman, “Sistem Monitoring Kualitas Udara Pada Lingkungan Perumahan Berbasis Iot Dengan Nodemcu,” diploma, Universitas Islam Kalimantan MAB, 2021. Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: <https://eprints.uniska-bjm.ac.id/4602/>
- [12]“Permen LHK No. 14 Tahun 2020,” Database Peraturan | JDIH BPK. Accessed: Feb. 24, 2025. [Online]. Available: <http://peraturan.bpk.go.id/Details/163466/permen-lhk-no-14-tahun-2020>
- [13]E. Nebath, D. Pang, and J. O. Wuwung, “Rancang Bangun Alat Pengukur Gas Berbahaya CO Dan CO2 di Lingkungan Industri,” *J. Tek. Elektro Dan Komput.*, vol. 3, no. 4, Art. no. 4, Oct. 2014, doi: 10.35793/jtek.v3i4.6012.
- [14]S. O. Novantri and U. Y. Oktiawati, “Rancang Bangun Monitoring Kadar Gas Metana pada Pengolahan Sampah Organik Berbasis IoT Menggunakan

- Mikrokontroler ESP32,” *J. List. Instrumentasi Dan Elektron. Terap.*, vol. 3, no. 2, Art. no. 2, Oct. 2022, doi: 10.22146/juliet.v3i2.74791.
- [15] P. Pendriadi, S. Meliala, M. A. Muthalib, and A. BIntoro, “Studi Kadar Gas Amonia Menggunakan Sensor Amonia Mq135 Menggunakan Spreadsheet Berbasis Internet Of Thing (Iot),” *Transm. J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 25, no. 2, pp. 75–84, Jun. 2023.
- [16] V. Seoane, C. Garcia-Rubio, F. Almenares, and C. Campo, “Performance evaluation of CoAP and MQTT with security support for IoT environments,” *Comput. Netw.*, vol. 197, p. 108338, Oct. 2021, doi: 10.1016/j.comnet.2021.108338.
- [17] F. S. Ningsih, Q. Ainiyah, and Y. M. Mufliah, “The Effect Of Testing Chamber On The Response Patterns Of An Array Of Gas Sensors In Sensing Robusta Coffee Aroma From Bangsalsari And Sidomulyo, Jember”.
- [18] D. P. D. Prasetyo, I. L. I. Lamada, and W. N. A. W. N. Adzillah, “Implementasi Monitoring Kualitas Udara menggunakan Sensor MQ-7 dan MQ-131 berbasis Internet Of Things,” *Electr. J. Rekayasa Dan Teknol. Elektro*, vol. 15, no. 3, Art. no. 3, Sep. 2021, doi: 10.23960/elc.v15n3.2184.
- [19] I. A. Rombang, L. B. Setyawan, and G. Dewantoro, “Perancangan Prototipe Alat Deteksi Asap Rokok dengan Sistem Purifier Menggunakan Sensor MQ-135 dan MQ-2,” *Techné J. Ilm. Elektrotek.*, vol. 21, no. 1, Art. no. 1, Apr. 2022, doi: 10.31358/techne.v21i1.312.
- [20] H. Handi, H. Fitriyah, and G. E. Setyawan, “Sistem Pemantauan Menggunakan Blynk dan Pengendalian Penyiraman Tanaman Jamur Dengan Metode Logika Fuzzy,” *J. Pengemb. Teknol. Inf. Dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 4, Art. no. 4, Jan. 2019.
- [21] M. Asqia and T. Nabarian, “Pemanfaatan Google Sheets dan Google Form untuk Layanan Administrasi Mahasiswa Menggunakan Konsep Electronic Service Quality,” *J. Teknol. Terpadu*, vol. 7, no. 1, Art. no. 1, Jul. 2021, doi: 10.54914/jtt.v7i1.339.
- [22] D. R. Putra, S. K. Azhari, A. Fiki, and Abdullah, “Rancang Bangun Bel Cerdas Cermat Berbasis Arduino Atmega 328,” *J. Teknol. Rekayasa Instal. List. JTRIL*, vol. 1, no. 1, pp. 21–30, Jun. 2024.
- [23] A. K. M. A. Habib, M. K. Hasan, G. F. Issa, D. Singh, S. Islam, and T. M. Ghazal, “Lithium-Ion Battery Management System for Electric Vehicles: Constraints, Challenges, and Recommendations,” *Batteries*, vol. 9, no. 3, Art. no. 3, Mar. 2023, doi: 10.3390/batteries9030152.
- [24] M. U. Zafira, K. Ghozali, and I. A. Sabilla, “Rancang Bangun Prototype Monitoring Kualitas Udara dalam Ruangan,” *J. Tek. ITS*, vol. 11, no. 2, pp. A91–A96, Aug. 2022, doi: 10.12962/j23373539.v11i2.86341.