



Gas Concentration Measuring-System (CH₄, NH₃, CO₂) Upon Cow Feces in an Encased-Space Based on *Arduino Uno*

Mu'hamad Asfi Romdon*, Dedy Hamdani, Rosane Medriati

Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Bengkulu

*Corresponding author: asfiromdon26@gmail.com

Abstract: *The goal of this exploration is to fabricate an estimating instrument for perceiving Methane, Smelling salts, and Carbon Dioxide gas concentrations in cow feces within a confined space. The feasibility of gas concentration detection devices using MQ-2 sensors, MQ-4 sensors, and Arduino Uno-based MQ-135 sensors will also be tested. This research relates to physics, particularly instrument physics. The research will employ hardware design, software design, and testing methodologies. The gas used for testing was produced from 500 grams of cow feces through three treatments: no treatment, addition of 50 grams of activated charcoal, and addition of 50 milliliters of EM4. The tool validation test was conducted by three experts, and the typical worth acquired was 95.8%, classified as entirely achievable. The experiment yielded the highest concentrations of CH₄, NH₃, and CO₂ gases at 11:30 AM (plus EM4), 03:00 AM (plus EM4), and 24:00 AM (without treatment), respectively, with readings of 9.49 ppm, 26.89 ppm, and 4.57 ppm.*

Keywords: *Arduino uno, cow feces, MQ-2 sensor, MQ-4 sensor, MQ-135 sensor*

Sistem Pengukur Konsentrasi Gas (CH₄, NH₃, CO₂) pada Feses Sapi dalam Ruang Tertutup Berbasis *Arduino Uno*

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan instrument alat ukur konsentrasi gas Metana, Amonia, dan Karbondioksida pada feses sapi pada ruang tertutup, serta menguji kelayakan alat pendeteksi konsentrasi gas menggunakan sensor MQ-2, sensor MQ-4, dan sensor MQ-135 berbasis *Arduino Uno*. Penelitian ini berkaitan dengan fisika, khususnya fisika instrumentasi. Rancang peralatan (*hardware*), rancang program (*software*), dan pengujian adalah teknik yang digunakan pada penelitian ini. Gas yang dipergunakan untuk uji coba adalah gas yang dihasilkan dari 500 gr feses sapi dengan memberikan tiga perlakuan yaitu tanpa perlakuan, dicampur 50 gr arang aktif, serta dicampur 50 ml EM4. Dilakukan uji validasi alat oleh tiga orang ahli, dan diperoleh rata-rata sebesar 95,8% dengan kategori sangat layak. Hasil percobaan didapatkan konsentrasi gas CH₄, NH₃, dan CO₂ paling tinggi berturut-turut yaitu 9,49 ppm di jam 11:30 (ditambah EM4); 26,89 ppm di jam 03:00 (ditambah EM4); dan 4,57 ppm di jam 24:00 (tanpa perlakuan).

Kata kunci: *Arduino uno, feses sapi, sensor MQ-2, sensor MQ-4, sensor MQ-135*

PENDAHULUAN

Pencemaran alam atau pencemaran ekologi adalah bagian dari makhluk hidup, zat, energi, atau bagian yang mungkin dapat mempengaruhi lingkungan hidup salah satunya akibat dari gas yang dihasilkan oleh feses sapi maupun oleh kegiatan manusia sehingga kualitasnya turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan iklim tidak dapat berfungsi sesuai dengan kewajibannya. Salah satu komponen yang sangat penting bagi keberadaan semua makhluk hidup adalah udara. Jika udara yang dihirup tidak bersih, kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya dapat terganggu, lebih parahnya hingga

menyebabkan kematian. Ini termasuk gas CH_4 , NH_3 , dan CO_2 yang terdapat pada feses sapi, Kontaminasi udara adalah adanya zat-zat dalam udara, dalam jumlah yang dapat mengganggu kesehatan, perasaan, dan kenyamanan makhluk hidup. Penurunan kualitas udara ke level tertentu karena masuknya substansi ke udara yang berasal dari kegiatan manusia baik secara langsung maupun tidak adalah arti lain dari kontaminasi udara (Nugroho et al., 2021). Ada beragam sebab terjadinya kontaminasi udara, salah satunya disebabkan oleh gas yang dihasilkan dari proses metabolisme hewan ruminansia.

Udara terbagi menjadi udara luar dan udara dalam ruangan. Hampir 90% keberadaan manusia berada di dalam ruangan, baik saat bekerja maupun beristirahat, yang mana ketika penyebaran udara terbatas dan buruk, hal ini dapat mempengaruhi kesehatan manusia itu sendiri. Peningkatan suhu di seluruh bumi disebabkan oleh dampak efek rumah kaca, yang merupakan agregasi yang diperluas dari zat-zat yang merusak ozon, termasuk karbon dioksida dan jenis gas lain yang berbeda dengan metana (Handriyono et al., 2019). Laporan *the world bank* tahun 2007 menunjukkan bahwa Indonesia menempati posisi ketiga di dunia dalam hal penghasil bahan perusak ozon, setelah Amerika Serikat dan Cina. Hal ini secara eksplisit dikaji dalam *Conference of the Parties* (COP) ke-13 di Bali pada bulan Desember 2007, kerusakan ekologis yang diakibatkan oleh deforestasi, kebakaran hutan, dan pembukaan lahan di Indonesia (Najamuddin, 2014).

Zat perusak ozon di sektor peternakan berasal dari semua spesies makhluk yang muncul karena proses pemecahan karbohidrat dan pengelolaan kompos. *Enterofermentasi* adalah jalannya *metanogenesis* (pembentukan metana oleh mikroba), dan pengelolaan kompos dari campuran pupuk *nitrifikasi* dan *denitrifikasi* nitrogen selama kapasitas (Handriyono et al., 2019). Pemecahan karbohidrat oleh mikroorganisme adalah siklus dalam sistem usus hewan ruminansia yang menghasilkan gas metana (CH_4) seperti sapi, domba, dan herbivora lainnya. Hewan pemamah biak ini menghasilkan lebih banyak gas metana (CH_4) daripada hewan non-ruminansia seperti kuda, kelinci, dan babi. Demikian juga, pengolahan kompos dapat menghasilkan metana (CH_4) dan dinitrogen oksida (N_2O) (Nurhayati & Widiawati, 2017). Beternak sapi, selain memiliki dampak positif, juga berdampak buruk pada iklim, khususnya sebagai penghasil zat perusak ozon yang dapat memicu kenaikan suhu bumi. Otoritas publik, melalui Departemen Pertanian, menerbitkan SK Menteri Pertanian RI No. 237/1991 dan No. 752/1994, yang menyatakan bahwa peternakan hewan dengan populasi tertentu harus ditunjang dengan pengaturan dan monitoring.

Gas metana diproduksi secara alami dalam kondisi *anaerobik* melalui proses dimana mikroba sebagai medianya. Karena peran gas metana sebagai bahan bakar dan penyumbang gas rumah kaca yang kuat maka pengukuran terhadap gas metana sangat penting. Sumber alami dari gas metana yaitu hewan *ruminansia*, *sedimen anaerobik*, sistem pembuangan, tumpukan kompos, dan tempat pembuangan sampah. Laporan *Fourth assesment report* (AR4) pada IPCC 2006, potensi pemanasan global (GWP) gas metana (CH_4) dinyatakan 25 kali lebih besar dari emisi karbon dioksida (CO_2) yang setara (Nurhayati & Widiawati, 2017). Gas amonia memiliki aroma yang tajam, bersifat merusak, dan berbahaya. Gas amonia yang berbau sangat berbahaya bagi manusia jika dalam jumlah yang sangat banyak, karena gas ini merupakan zat beracun dan dapat merusak sel-sel tubuh, merusak kulit dan mata, serta menyebabkan penyakit pernapasan. Bahkan, amonia dapat mempengaruhi dan menghambat perkembangan dan kesehatan makhluk hidup (Agustin et al., 2018). Karbon dioksida berlebih selama sekitar 5 menit dapat menyebabkan dampak pada penglihatan, fotofobia, penurunan penglihatan saat gelap hingga kaburnya pandangan, migrain, sulit untuk tidur, dan perubahan karakter.

Terlepas dari kenyataan bahwa ada oksigen yang cukup untuk menangkal keracunan karena karbon dioksida, jumlah yang tinggi dapat memiliki dampak serius karena mengganggu bagian tubuh. Dengan jumlah dan lamanya paparan, kematian akibat *asfiksia* dapat terjadi (Widodo et al., 2017). Tingkat konsentrasi gas berbahaya seperti metana (CH_4), gas amonia (NH_3), dan gas karbon dioksida (CO_2) harus diketahui untuk membatasi efeknya.

Informasi mengenai konvergensi gas metana, gas amonia, dan gas karbon dioksida dalam kotoran sapi masih sulit diperoleh, dengan alasan bahwa saat sekarang peralatan untuk pengukuran tingkat kandungan gas-gas ini terbatas. Hasil pengukuran belum akurat akibat adanya kesalahan dalam proses pengukuran (*human error*). Oleh sebab itu, sangatlah penting mengembangkan alat yang dapat mengukur ketiga gas secara akurat. Suatu upaya yang dapat dilakukan untuk menangani masalah di atas yakni menciptakan alat agar dapat mengukur konsentrasi ketiga gas tersebut. Alat yang dikembangkan dirancang dan dibuat dengan tujuan mengukur konsentrasi gas CH_4 , NH_3 , dan CO_2 pada feses sapi menggunakan sensor MQ-4 untuk mengukur konsentrasi gas metana (CH_4); sensor MQ-135 untuk mengukur konsentrasi gas amonia (NH_3); dan sensor MQ-2 untuk mengukur konsentrasi gas karbon dioksida (CO_2) (Amsar et al., 2020). Ketiga sensor ini nantinya akan dihubungkan pada *Arduino Uno*, dan hasil pengukuran konsentrasi gas dapat dimonitor melalui tampilan LCD. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengukur kadar gas yang terdapat pada feses sapi serta menguji kelayakan alat pengukur konsentrasi gas (CH_4 , NH_3 , CO_2) pada feses sapi dalam ruang tertutup berbasis *arduino uno*.

METODE PENELITIAN

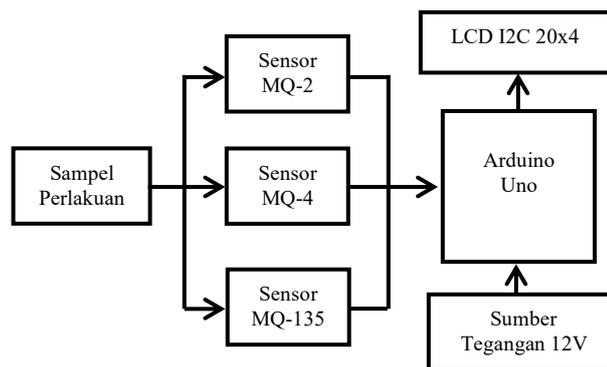
Desain, tempat dan waktu

Rancang peralatan (*hardware*), rancang program (*software*), dan pengujian adalah teknik yang digunakan dalam penelitian ini. Penelitian ini dilakukan di Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Bengkulu pada semester ganjil tahun ajaran 2023/2024 dari bulan Agustus hingga November. Proses pengujian dimulai dengan mengambil sampel, masing-masing sebanyak 500 gram feses sapi yang ditempatkan pada ruang tertutup dengan perlakuan ditambah EM4, ditambah arang aktif dan tanpa perlakuan. Kemudian diukur menggunakan alat pengukur gas untuk masing-masing perlakuan selama 24 jam.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam percobaan ini adalah kotoran sapi sebagai materi yang akan diteliti, EM4 dan arang aktif yang digunakan untuk perlakuan pada kotoran sapi. Dari bahan-bahan tersebut akan dibuat menjadi tiga sampel percobaan, sampel yang pertama adalah dengan menggunakan sebanyak 500 gr feses sapi tanpa diberi perlakuan. Kedua adalah dengan menambahkan 50 gr arang aktif yang sudah dihaluskan pada 500 gr feses sapi. Ketiga adalah dengan menambahkan sebanyak 50 ml EM4 pada 500 gr feses sapi. Alat yang digunakan dalam pengujian ini adalah alat untuk mengukur konsentrasi gas (CH_4 , NH_3 , CO_2) dalam kotoran sapi di ruang tertutup.

Cara kerja alat dimulai dari *Arduino Uno* akan berfungsi untuk mengukur konsentrasi gas apabila diberikan sumber tegangan 12V. Setelah *arduino* aktif, *arduino* akan memerintahkan ketiga sensor untuk mengukur konsentrasi gas yang berbeda pada sampel perlakuan. Ketika sensor mendeteksi kadar gas tersebut, hasil pengukuran akan dikirim ke *Arduino Uno*. Hasil pengukuran akan diolah dan ditampilkan melalui LCD I2C 20x4. Blok diagram perangkat pengukur yang telah dibuat dapat diketahui dari Gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram Rancangan *Hardware*

Alat ini terdiri dari hardware dan software. Bagian-bagian dari alat pengukur konsentrasi gas meliputi:

Arduino Uno

Arduino adalah program dan peralatan yang digunakan untuk mengontrol berbagai komponen elektronik, misalnya, sensor, tampilan LCD, dan mesin (Kadir, 2016). *Arduino* dikenal sebagai *hardware open source* yang dilengkapi dengan berbagai pin memungkinkan digunakan untuk membaca sensor seperti sensor suhu (Kadir, 2017). Pada dasarnya *Arduino Uno* adalah pengontrol yang dapat mengambil keputusan dan melakukan hal yang berulang, dapat berkomunikasi dengan perangkat *eksternal*, seperti sensor dan motor untuk mengendalikan pergerakan (Rahmanto et al., 2020). Tampilan *Arduino Uno* dapat diketahui dari Gambar 2.



Gambar 2. Tampilan *Arduino Uno*

Sensor MQ-2

Sensor ini memiliki pin hasil yang terkomputerisasi dan sederhana. Sensor MQ-2 sangat sensitif, waktu reaksi, dan estimasi yang cepat dan akurat. Sensor mengandung bahan sensitif yang perubahan resistansinya berubah saat bersentuhan dengan gas. Penyesuaian nilai hambatan ini digunakan untuk mengidentifikasi gas (Rombang et al., 2022). Sensor gas MQ-2 ini digunakan untuk mengidentifikasi karbon dioksida (CO_2) di udara. Pengujian sensor MQ-2 dilakukan dengan memanfaatkan informasi analog dari 0 hingga 1023 (Amsar et al., 2020). Sensor MQ-2 memiliki 4 pin, di mana pin VCC terhubung dengan pin 5V pada *Arduino Uno*, pin GND terhubung dengan pin GND pada *Arduino Uno*, pin A0 terhubung dengan pin A1 pada *Arduino Uno*, sedangkan pin D0 sensor MQ-2 tidak dipergunakan. Tampilan sensor MQ-2 dapat diketahui dari Gambar 3.



Gambar 3. Sensor MQ-2

Sensor MQ-4

Sensor MQ-4 adalah semikonduktor untuk mengidentifikasi keberadaan gas metana dengan hasil sinyal analog. Perubahan jumlah gas metana yang diidentifikasi akan merubah resistansi sensor. Sensor MQ-4 memiliki 4 pin, di mana pin VCC terhubung dengan pin 5V pada *Arduino Uno*, pin GND terhubung dengan pin GND pada *Arduino Uno*, pin A0 terhubung dengan pin A0 pada *Arduino Uno*, sedangkan pin D0 pada sensor MQ-4 tidak dipergunakan. Sensor MQ-4 sebagaimana Gambar 4.



Gambar 4. Sensor MQ-4

Sensor MQ-135

Sensor MQ-135 merupakan sensor gas yang dilengkapi untuk mengenali amonia (NH_3). Sensor MQ-135 mempunyai pin keluaran *digital* dan *analog*. Pada saat level gas melewati batas di udara, pin terkomputerisasi menjadi *HIGH* karena pin keluaran memberikan voltase *analog* yang dapat dimanfaatkan dalam mengukur level gas di udara (Rombang et al., 2022). Sensor MQ-135 dapat menentukan konsentrasi gas amonia (Agustin et al., 2018). Sensor MQ-135 memiliki 4 pin, di mana pin VCC terhubung dengan pin 5V pada *Arduino Uno*, pin GND terhubung dengan pin GND *Arduino Uno*, pin A0 terhubung dengan pin A2 *Arduino Uno*, sedangkan pin D0 sensor MQ-135 tidak dipergunakan. Tampilan sensor MQ-135 dapat diketahui dari Gambar 5.



Gambar 5. Sensor MQ-135

LCD I2C 20x4

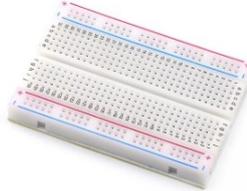
LCD (*Liquid Crystal Display*) digunakan untuk menampilkan data jumlah gas CH_4 , NH_3 , dan CO_2 (ppm). LCD yang digunakan adalah LCD I2C berukuran 20x4 yang digunakan untuk menampilkan informasi hasil pengukuran gas. Jumlah maksimum karakter yang dapat ditampilkan oleh LCD 20x4 adalah 80, yang terdiri dari 4 baris dengan setiap baris menampilkan sebanyak 20 karakter, sehingga pengguna dapat mengetahui nilai lonjakan gas (Dari et al., 2022). Konfigurasi antara pin LCD I2C 20x4 dengan pin *Arduino Uno*, yaitu pin VCC terhubung dengan pin 5V pada *Arduino Uno*, pin GND terhubung dengan pin GND *Arduino Uno*, pin SDA terhubung dengan pin A4 *Arduino Uno*, dan pin SCL terhubung dengan pin A5 *Arduino Uno*. Tampilan LCD I2C 20x4 dapat diketahui dari Gambar 6.



Gambar 6. LCD I2C 20x4

Breadboard

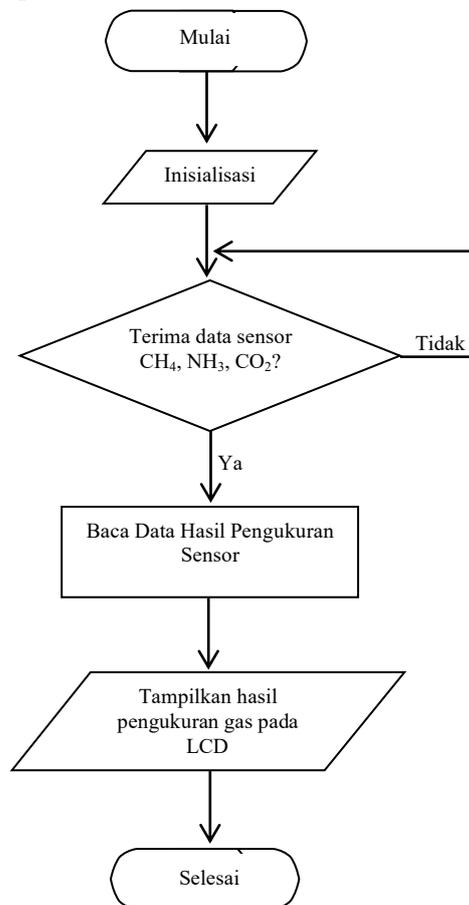
Breadboard atau *printed circuit board* (PCB) merupakan papan percobaan yang berfungsi untuk rangkaian elektronika. *Breadboard* digunakan untuk alat bantu menyambungkan dan berbagi koneksi VCC 5V (Arrahman & Bella, 2022). Tampilan *Breadboard* dapat diketahui dari Gambar 7.



Gambar 7. Breadboard

Perangkat Lunak (Software)

Tahap berikutnya adalah konfigurasi pemrograman, dengan memanfaatkan aplikasi *Arduino Integrated Development Equipment* (Arduino IDE). *Arduino IDE* adalah *software* yang berguna untuk pengembangan program dan mengizinkan program dipindahkan ke papan *Arduino*. Program adalah bermacam-macam instruksi untuk mengendalikan komputer (Kadir, 2016). Sistem kerja dari alat pengukur konsentrasi gas CH₄, NH₃, dan CO₂ pada feses sapi diawali dengan menginisialisasi perangkat, baik *hardware* maupun *software*. Kerja sistem akan dimulai dengan membaca informasi sensor, kemudian sensor akan mengirimkan informasi ke *Arduino Uno*, lalu *Arduino Uno* akan mengirimkan informasi tersebut ke LCD untuk ditampilkan. Diagram alir dari sistem kerja Alat Pengukur dapat diketahui dari Gambar 8.



Gambar 8. Diagram Alir Sistem Kerja Alat Pendeteksi Gas (Widodo et al., 2017)

Penentuan apakah alat yang dikembangkan untuk mengukur konsentrasi gas (CH₄, NH₃, CO₂) tersebut layak atau tidak, digunakan lembar angket validasi ahli dengan aspek penilaian yakni (1) efisiensi alat, (2) ketahanan alat, (3) estetika alat, (4) nilai presisi, (5) keamanan bagi pengguna, angket dibuat dalam bentuk skala *Likert* dengan pengaturan skor yang menyertainya. Aturan penilaian uji validitas ahli dapat diketahui dari Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria evaluasi angket uji validasi ahli

Nilai	Penyataan
1	Sangat Tidak Layak (STL)
2	Tidak Layak (TL)
3	Layak (L)
4	Sangat Layak (SL)

(Dari et al., 2022)

Kemudian informasi yang diperoleh dari angket akan diolah dengan menggunakan persamaan (1). Pengaturan konversi skor sebagaimana Tabel 2.

$$X = \sum x / n \quad (1)$$

Keterangan:

X = Nilai rata-rata

$\sum x$ = Jumlah skor jawaban penilaian

n = jumlah penilai

Tabel 2. Konversi Skor

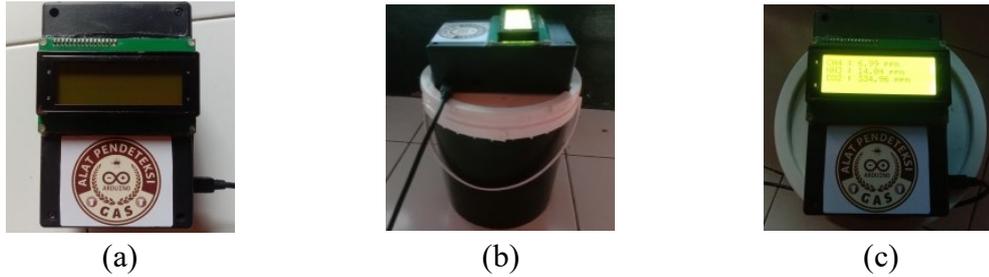
Nilai	Presentase (%)	Penyataan
1	0 - 25	Sangat Tidak Layak (STL)
2	26 - 50	Tidak Layak (TL)
3	51 - 75	Layak (L)
4	76 - 100	Sangat Layak (SL)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap selanjutnya yaitu dilakukan pengujian dengan realisasi terhadap alat pengukur konsentrasi gas (CH₄, NH₃, CO₂) yang telah dibuat.

Realisasi alat pendeteksi konsentrasi gas (CH₄, NH₃, CO₂)

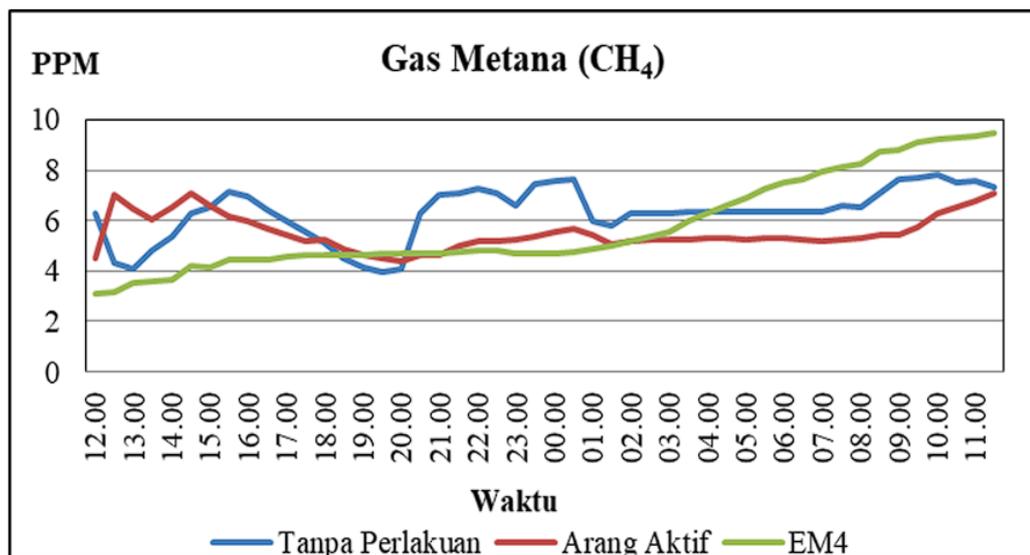
Saat pengguna menghidupkan alat dengan menghubungkan kabel USB ke sumber tegangan 12V. Maka pada layar LCD akan muncul “Alat Pendeteksi Kotoran Sapi”, “Kalibrasi Sensor MQ-2, MQ-4, MQ-135” secara bergantian, setelah menunggu beberapa saat, alat pengukur konsentrasi gas (CH₄, NH₃, CO₂) siap digunakan. Untuk realisasi alat pengukur konsentrasi gas CH₄, NH₃, CO₂ dapat diketahui dari Gambar 9.



Gambar 9. a.) Alat Pengukur; b.) Alat secara keseluruhan; c.) Alat ketika dihidupkan

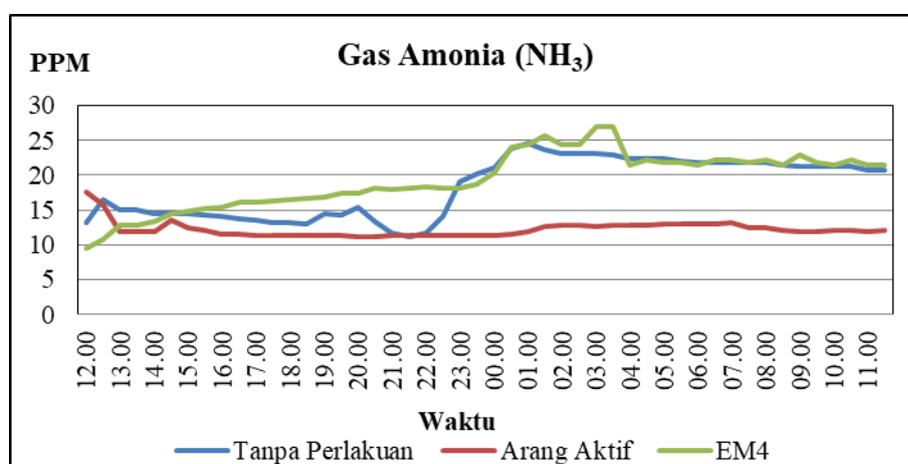
Pengukuran Konsentrasi Gas (CH_4 , NH_3 , CO_2) pada Feses Sapi di dalam Ruang Tertutup

Data yang diambil adalah hasil pengukuran pada 500 gr feses sapi dengan sampel feses sapi yang tidak diberi perlakuan, feses sapi yang diberi perlakuan yaitu ditambah dengan 50 gr arang aktif, dan feses sapi yang diberi perlakuan dengan ditambah dengan 50 ml EM4. Pengukuran konsentrasi gas dilakukan pada ruang tertutup dengan ukuran diameter 19 cm, dan tinggi 19 cm. Percobaan untuk mengetahui konsentrasi gas metana (CH_4) pada 500 gr feses sapi dengan menggunakan sensor MQ-4, dan dilakukan setiap 30 menit sekali dalam waktu satu hari yang dimulai pada pukul 12:00. Disini dapat dilihat pada pengukuran konsentrasi gas metana (CH_4) pada percobaan tanpa perlakuan, paling tinggi yaitu 7,80 ppm pada jam 10:00 hari minggu, 19 november 2023. Sedangkan konsentrasi gas metana paling rendah 4,07 ppm dijam 13:00 hari minggu, 19 November 2023. Konsentrasi gas metana (CH_4) pada percobaan dengan perlakuan ditambah arang aktif, paling tinggi yaitu 7,09 ppm pada jam 11:30 hari selasa, 21 November 2023. Sedangkan konsentrasi gas metana paling rendah 4,36 ppm di jam 20:00 hari senin, 20 November 2023. Konsentrasi gas metana (CH_4) pada percobaan dengan perlakuan ditambah EM4, paling tinggi yaitu 9,49 ppm pada jam 11:30 hari rabu, 22 November 2023 sedangkan konsentrasi gas metana paling rendah 3,11 ppm dijam 12:00 hari selasa, 21 November 2023. Untuk melihat konsentrasi gas Metana (CH_4) yang terdapat pada feses sapi dapat diketahui dari Gambar 10.



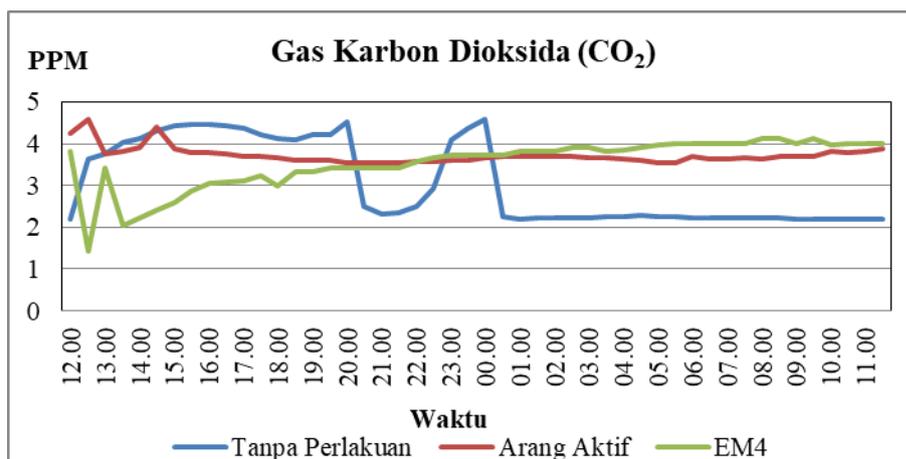
Gambar 10. Grafik Gas Metana (CH_4)

Percobaan untuk mengetahui konsentrasi gas amonia (NH_3) pada 500 gr feses sapi dengan menggunakan sensor MQ-135, dan dilakukan setiap 30 menit sekali dalam waktu satu hari yang dimulai pada pukul 12:00. Disini dapat dilihat pada pengukuran konsentrasi gas amonia (NH_3) pada percobaan tanpa perlakuan, paling tinggi yaitu 24,54 ppm pada jam 01:00 hari minggu, 19 November 2023. Sedangkan konsentrasi gas amonia paling rendah 11,12 ppm dijam 21:30 hari minggu, 19 November 2023. Konsentrasi gas amonia (NH_3) pada percobaan dengan perlakuan ditambah arang aktif, paling tinggi yaitu 17,52 ppm pada jam 12:00 hari senin, 20 November 2023, sedangkan konsentrasi gas amonia paling rendah 11,12 ppm dijam 20:00 hari senin, 20 November 2023. Konsentrasi gas amonia (NH_3) pada percobaan dengan perlakuan ditambah EM4, paling tinggi yaitu 26,89 ppm pada jam 03:00 hari rabu, 22 November 2023. Sedangkan konsentrasi gas amonia paling rendah 9,40 ppm dijam 12:00 hari selasa, 21 November 2023. Untuk melihat konsentrasi gas Amonia (NH_3) yang terdapat pada feses sapi dapat diketahui dari Gambar 11.



Gambar 11. Grafik gas amonia (NH_3)

Percobaan untuk mengetahui konsentrasi gas karbon dioksida (CO_2) pada 500 gr feses sapi dengan menggunakan sensor MQ-2, dan dilakukan setiap 30 menit sekali dalam waktu satu hari yang dimulai pada pukul 12:00. Disini dapat dilihat pada pengukuran konsentrasi gas Karbon dioksida (CO_2) pada percobaan tanpa perlakuan, paling tinggi yaitu 4,57 ppm pada jam 00:00 hari minggu, 19 November 2023. Sedangkan konsentrasi gas Karbon dioksida (CO_2) paling rendah 2,18 ppm dijam 12:00 hari minggu, 19 November 2023. Konsentrasi gas Karbon dioksida (CO_2) pada percobaan dengan perlakuan ditambah arang aktif, paling tinggi yaitu 4,57 ppm pada jam 12:30 hari senin, 20 November 2023. Sedangkan konsentrasi gas Karbon dioksida (CO_2) paling rendah 3,55 ppm dijam 20:00 senin, 20 November 2023. Konsentrasi gas Karbon dioksida (CO_2) pada percobaan dengan perlakuan ditambah EM4, paling tinggi yaitu 4,11 ppm pada jam 08:00 rabu, 22 November 2023, sedangkan konsentrasi gas Karbon dioksida (CO_2) paling rendah 1,44 ppm dijam 12:30 selasa, 21 November 2023. Untuk melihat konsentrasi gas Karbon dioksida (CO_2) yang terdapat pada feses sapi dapat diketahui dari Gambar 12.



Gambar 12. Grafik gas karbon dioksida (CO₂)

Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan menggunakan alat pengukur konsentrasi gas, dapat dilihat dari ketiga gambar bahwa, konsentrasi gas metana pada feses sapi tanpa diberi perlakuan cenderung sedikit meningkat meskipun terjadi *fluktuasi* (naik-turun). Untuk konsentrasi gas amonia relatif meningkat, dimana saat diawal percobaan hingga jam 20.00 konsentrasi gas amonia yang dihasilkan cenderung turun, kemudian terjadi peningkatan hingga mencapai puncak pada jam 24.30, kemudian setelah itu konsentrasi gas amonia relatif turun. Sedangkan konsentrasi gas karbon dioksida cenderung stabil, meskipun terjadi fluktuasi (naik-turun) sekitar jam 12.00 hingga jam 00.30, namun setelah itu relatif stabil.

Konsentrasi gas metana pada feses sapi dengan memberi perlakuan berupa ditambah arang aktif cenderung meningkat. Untuk konsentrasi gas amonia, terjadi penurunan di awal pengukuran, mungkin dikarenakan alat yang belum panas untuk digunakan pengukuran, kemudian setelah itu konsentrasi gas amonia yang dihasilkan cenderung stabil hingga akhir pengukuran. Sedangkan konsentrasi gas karbon dioksida cenderung terus menurun, hal ini sesuai pernyataan bahwa arang aktif bersifat hidrofob atau non-polar yang mampu mengikat karbon.

Konsentrasi gas metana pada feses sapi dengan memberi perlakuan berupa ditambah EM4 relatif selalu meningkat, bila dibandingkan dengan dua perlakuan sebelumnya. Kenaikan kandungan gas metana disebabkan oleh adanya aktivitas mikroorganisme yang lebih cepat karena ditambahkan dengan katalis berupa EM4 serta adanya penyerapan suatu substansi pada zat padat (adsorpsi). Untuk konsentrasi gas amonia yang terukur, cenderung terjadi peningkatan meskipun terjadi fluktuasi (naik-turun). Sedangkan konsentrasi gas karbon dioksida cenderung naik turun di awal pengukuran, kemudian setelahnya relatif meningkat. Dengan demikian alat dinyatakan berfungsi dengan baik sebagaimana mestinya dan pengguna dapat mengetahui lonjakan gas. Setelah melakukan tahap pengujian, selanjutnya dilakukan validasi alat kepada tiga orang ahli untuk menguji kelayakan. Hal ini dilakukan sebagai penentu apakah alat layak untuk digunakan atau tidak. Hasil validasi ahli pada alat pendeteksi gas (CH₄, NH₃, CO₂) dapat diketahui dari berdasarkan Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Validitas Ahli Alat Pendeteksi Gas (CH₄, NH₃, CO₂)

No	Aspek Penilaian	Validator			Rerata (%)	Kriteria
		1	2	3		
1.	Efisiensi Alat	100	83,3	100	94,4	Sangat Layak
2.	Ketahanan Alat	100	100	100	100	Sangat Layak
3.	Estetika Alat	100	87,5	100	95,8	Sangat Layak
4.	Nilai Presisi	95,8	100	95,8	97,2	Sangat Layak
5.	Keamanan bagi pengguna	100	75	100	91,6	Sangat Layak
Rerata Niai Validasi (%)		99,1	89,1	99,1	95,8	Sangat Layak

Berdasarkan hasil uji validitas ahli dari tiga validator diperoleh nilai rata-rata adalah 95,8% dengan kriteria sangat layak. Sesuai dengan aspek evaluasi yakni (1) efisiensi alat, (2) ketahanan alat, (3) estetika alat, (4) nilai presisi, (5) keamanan bagi pengguna. Dari hasil pengujian dan hasil validasi yang diperoleh, penulis menyatakan alat sistem pendeteksi gas (CH₄, NH₃, CO₂) pada feses sapi dalam ruang tertutup berbasis *Arduino Uno* dapat digunakan untuk mendeteksi kandungan atau konsentrasi gas yang ada pada setiap 500 gr kotoran sapi pada ruang tertutup. Hal tersebut sejalan dengan pengujian konsentrasi gas metana yang mencapai >5,21 ppm (Notosudjono, 2021). Pengujian konsentrasi gas amonia pada jarak 100 – 40 cm mencapai 3,21 – 16,43 ppm. Sedangkan menurut penelitian lainnya, kadar gas CO₂ hanya berkisar sekitar 15%, namun jika ditambah dengan absorben maka dapat menurunkan kadar gas CO₂ tersebut.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan alat bekerja dengan baik sehingga tujuan dapat tercapai, yaitu membuat alat untuk memudahkan pengguna mendeteksi konsentrasi gas metana, amonia, dan karbondioksida pada kotoran sapi pada ruang tertutup, serta menguji kelayakan alat pendeteksi konsentrasi gas menggunakan sensor MQ-2, sensor MQ-4, dan sensor MQ-135 berbasis *Arduino Uno* dengan hasil validasi uji kelayakan di dapat nilai rata-rata sebesar 95,8% pada kriteria sangat layak, dan alat dinyatakan dapat digunakan dalam mendeteksi konsentrasi gas (CH₄, NH₃, CO₂) pada feses sapi dalam ruang tertutup.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, E., Wahyu Amrulloh, D., & Regita Cahyani, S. (2018). Aplikasi Sensor Gas untuk Sistem Peringatan Dini Deteksi Gas Amoniak. *Jurnal J-Innovation*, 7(1), 1-6.
- Amsar, A., Khairuman, K., & Marlina, M. (2020). Perancangan Alat Pendeteksi CO₂ Menggunakan Sensor MQ-2 Berbasis Internet of Thing. *Methomika Jurnal Manajemen Informatika dan Komputerisasi Akuntansi*, 4(1), 73–79.
- Arrahman, R., & Bella, C. (2022). Rancang Bangun Pintu Gerbang Otomatis Menggunakan Arduino Uno R3. In *Portaldata.org*, 2(2), 1-14.
- Dari, G. U., Hamdani, D., & Setiawan, I. (2022). Rancang Bangun Alat Monitoring Gas Berbahaya (CO, CO₂, CH₄) pada Asap Rokok dalam Ruang Tertutup Berbasis Arduino Uno dan GSM SIM 900 A. *Journal of Research and Technology*, 8(Desember), 289–302.
- Handriyono, R. E. Sutanto, J. E., & Putra, G. R. G. (2019). Studi Beban Emisi Gas Metan (CH₄) dari Kegiatan Peternakan di Desa Gelengdowo Jombang. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Ipteks*, 5(2), 119-123.
- Kadir, A. (2016). *Scratch for Arduino (S4A) untuk Mempelajari Elektronika dan Pemrograman*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Kadir, A. (2017). *Pemrograman Arduino dan Processing*. Jakarta: PT Elex Media

Komputindo.

- Najamuddin, M. (2014). Strategi Mitigasi Emisi Gas Metan pada Budidaya Padi Sawah. *Jurnal Agribisnis*, 8(2), 171–188.
- Notosudjono, D. (2021). Analisis Peningkatan Gas Metana (CH₄) pada Digester Portabel dengan Kotoran Sapi sebagai Sumber Energi Biogas berbasis Internet of Things (IoT). *Majalah Teknik*, 22(1), 19–26.
- Nugroho, L., Saptono, R., Hariyadi, A., Elektro, J. T., & Malang, N. (2021). Sistem Monitoring Kadar Gas Metana (CH₄), Gas Amonia (NH₃) dan Gas Karbon Dioksida (CO₂) pada Tempat Pembuangan Sampah untuk Pencegahan Penyakit Ispa Berbasis Wireless Sensor Network. *Jurnal Jaringan Telekomunikasi*, 11(4), 220-227.
- Nurhayati, I., & Widiawati, Y. (2017). Emisi Gas Rumah Kaca dari Peternakan di Pulau Jawa yang Dihitung dengan Metode Tier-1 IPCC (Greenhouse Gas Emissions from Livestock in Java Island Calculated by IPCC Tier-1 Method). *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan Dan Veteriner*, 292–300.
- Rahmanto, Y., Rifaini, A., Samsugi, S., & Riskiono, S. D. (2020). Sistem Monitoring pH Air pada Aquaponik Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal Teknologi dan Sistem Tertanam*, 1(1), 23.
- Rombang, I. A., Setyawan, L. B., & Dewantoro, G. (2022). Perancangan Prototipe Alat Deteksi Asap Rokok dengan Sistem Purifier Menggunakan Sensor MQ-135 dan MQ-2. *Techné : Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 21(1), 131–144.
- Widodo, S., Amin, M. M., Sutrisman, A. & Putra, A. A., (2017). Rancang Bangun Alat Monitoring Kadar Udara Bersih dan Gas Berbahaya CO, CO₂, dan CH₄ di dalam Ruangan Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Pseudocode*, 4(2), 105-119.