

Sistem Pendeteksi Asap dan Kebocoran Gas LPG Berfitur Penangkap Gambar Berbasis IoT dan Mikrokontroler

Julham¹, Hikmah Adwin Adam², Noferianto Sitompul^{1*}

^{1,3}Jurusan Komputer dan Informatika, Program Studi Teknologi Rekayasa Komputer Grafis, Politeknik Negeri Medan, Medan, Indonesia

²Jurusan Komputer dan Informatika, Program Studi Manajemen Informatika, Politeknik Negeri Medan, Medan, Indonesia

Email: ¹julham@polmed.ac.id, ²hikmah_adwin@polmed.ac.id, ^{1,*}noferiantositompul@gmail.com

Email Penulis Korespondensi: noferiantositompul@gmail.com

Abstrak– Sistem dengan multifungsi seperti berkemampuan deteksi kandungan gas LPG di udara, deteksi kandungan gas CO di udara serta berkemampuan deteksi citra manusia dalam satu sistem bertujuan agar dapat membantu pengguna mengantisipasi akibat dari dampak bocornya gas LPG pada tabung gas rumah tangga berupa ledakan tiba-tiba, dan dampak dari kandungan gas CO yang berlebihan (asap dari kebakaran) berupa dapat mengganggu kehilangan kesadaran, sesak nafas sehingga mengakibatkan kematian. Selain itu sistem mampu mendeteksi gas sekaligus dapat memprediksi citra/gambar manusia yang ada didepan sistem. Dan hasilnya disimpan di cloud server. Sistem tersebut akan terkoneksi ke cloud server melalui jaringan internet. Cloud server ini difungsikan untuk menampilkan dan menyimpan citra/gambar manusia hasil tangkapan dari sensor citra, sekaligus menampilkan data sensor gas LPG dan gas CO. Sedangkan untuk mengakses fungsinya adalah menggunakan browser (seperti: Mozilla, Chrome, dan lain-lain) yang terpasang di komputer atau di smartphone. Yang menjadi fokus penelitian ini adalah pengamatan di cloud server berupa interval waktu pembacaan gas LPG, interval waktu pembacaan gas CO dan waktu deteksi citra/gambar manusia yang dimulai dari sensor citra sampai ke cloud server dan jarak deteksi yang terbaik agar objek dapat diproses dan menghasilkan hasil yang optimal. Metode penelitian yang digunakan adalah metode research dan development

Kata Kunci: CO, Sensor, Cloud, LPG, Browser

Abstract– A multifunctional system such as the ability to detect LPG gas content in the air, detect CO gas content in the air and the ability to detect human images in one system aims to help users anticipate the consequences of the impact of LPG gas leaks in household gas cylinders in the form of explosions, and the impact of excessive CO gas content (smoke from fires) in the form of loss of consciousness, shortness of breath resulting in death. In addition, the system can detect gas and can predict human images in front of the system. And the results are stored on a cloud server. The system will be connected to the cloud server via the internet. This cloud server is used to display and store human images captured by image sensors, as well as display LPG and CO gas sensor data. Meanwhile, to access its functions, is to use a browser (such as Mozilla, Chrome, etc.) installed on a computer or smartphone. The focus of this research is observations on the cloud server in the form of LPG gas reading time intervals, CO gas reading time intervals, and human image/image detection time, starting from the image sensor to the cloud server, and the best detection distance so that objects can be processed and produce optimal results. The research method used is the research and development method.

Keywords: CO, Sensor, Cloud, LPG, Browser

1. PENDAHULUAN

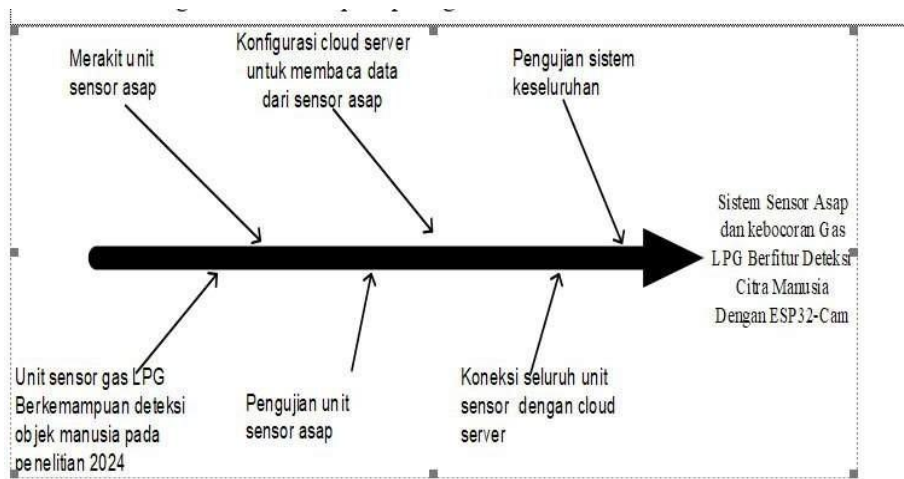
Kehadiran ESP32-CAM sekarang ini menambah keberagaman dari varian-varian mikrokontroler yang sudah ada sebelumnya[1]. ESP32-CAM merupakan salah satu mikrokontroler yang memiliki fitur berupa bluetooth, WiFi, kamera, bahkan sampai ke slot MicroSD [2]. Fitur tersebut dapat diaktifkan ketika ada perintah. Hal tersebut diakomodir oleh suatu program yang ditanamkan ke mikrokontrolernya. Sehingga dapat dikembangkan berdasarkan kebutuhan yang diinginkan. Berdasarkan pemberitaan di kota medan pada tahun 2024 dimana terdapat korban terluka akibat ledakan tabung gas dikarenakan kebocoran gas dengan cepat dapat diketahui sehingga dapat segera dalam mengambil tindakan pencegahan kebocoran. Kondisi ini sebagai masukan dalam membantu pengguna gas LPG (masyarakat) untuk mendapatkan rekayasa peralatan yang dapat memberi peringatan awal jika terjadi kebocoran pada tabung gas LPG sedini mungkin terhindar dari resiko kebakaran dan ledakan[3][4].

Salah satu pengembangan yang dimaksud adalah suatu sistem sensor gas LPG dan sensor gas CO yang memiliki kemampuan deteksi citra manusia berbasis cloud server dan mikrokontroler ESP32-CAM[5]. Sistem ini berkemampuan untuk mendeteksi kebocoran gas LPG dan gas CO sekaligus mampu melihat visual kondisi disekitarnya serta mendeteksi keberadaan objek manusia. Gas CO dapat dijumpai pada asap kebakaran [6][7]. Asap kebakaran mengandung bahan kimia yang bersifat karsinogenik, seperti karbon monoksida, formaldehid, dan benzena. Sedangkan perangkat di server menggunakan cloud server yang di sewa berupa virtual private server (VPS) yang dilengkapi dengan IP Publik, sistem operasi Ubuntu Server dan aplikasi Node-Red. Hal ini difungsikan sebagai penyedia informasi melalui website bagi pengguna berupa tampilan data-data sensor serta tangkapan gambar yang disimpan ketika ada objek manusia terdeteksi. Penghubung antara perangkat di pengguna dan di server menggunakan MIFI (modem internet wifi)[8].

Selanjutnya penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat keberhasilan rekaman data dari unit sensor-sensor gas dan rekaman citra/gambar dari unit kamera di cloud server ketika objek manusia terdeteksi. Sedangkan manfaatnya adalah untuk monitoring ada atau tidaknya gas LPG yang muncul di udara akibat kebocoran tabung gas LPG dan mendeteksi asap dari pembakaran khususnya di ruang tertutup, sekaligus mampu melihat visual kondisi disekitarnya serta mendeteksi keberadaan objek manusia. Semua ini dilakukan dengan Berbasis IOT dengan mengakses cloud server yang sudah ditentukan dengan bantuan aplikasi browser .

2. METODOLOGI PENELITIAN

Agar hasil penelitian yang didapatkan optimal maka peneliti menggunakan tahapan-tahapan dalam bentuk diagram fishbone seperti pada gambar 1

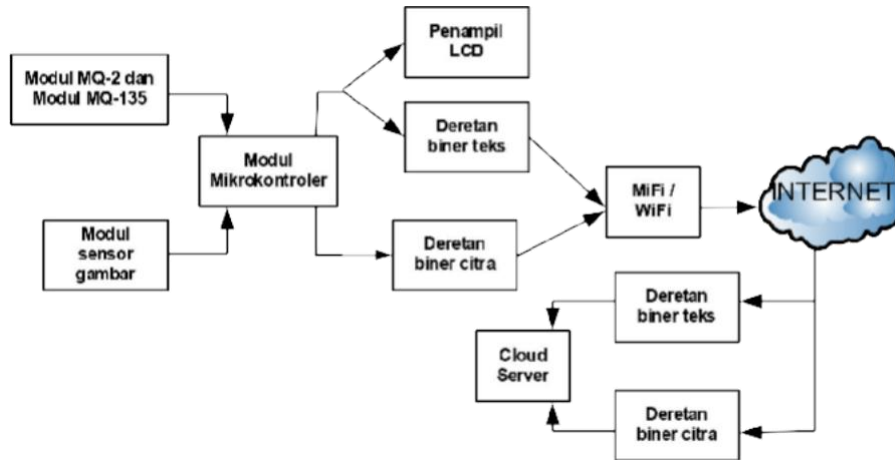


Gambar 1. Diagram tahapan penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Research and Development (R&D) yaitu 10 tahapan Borg and Gall [9]. 10 tahapan Research and Development (R&D) tersebut diringkas menjadi 7 tahapan mengacu pada Sugiyono (2010) yaitu: (1) analisis potensi masalah, dimana pada tahapan ini dijelaskan permasalahan utama yaitu bagaimana mendeteksi kandungan gas LPG di udara melalui deteksi kandungan gas CO di udara agar dapat membantu masyarakat dalam mengantisipasi akibat dari dampak bocornya gas LPG pada tabung gas rumah tangga ; (2) pengumpulan data. Pada tahapan ini dilakukan pengumpulan data-data masyarakat serta pangkalan LPG yang mengalami kebocoran pada tabung gas LPG; (3) desain produk. Pada tahapan ini dijelaskan bagaimana mendesain unit berupa tampilan awal sensor asap, tampilan hasil deteksi objek manusia; (4) validasi desain, Pada tahapan ini dilakukan pengambilan pendapat terhadap pemilik pangkalan LPG mengenai desain yang sudah dibuat; (5) revisi desain, tahapan perbaikan hasil validasi; (6) ujicoba produk. Pada tahapan ini dilakukan validasi dengan melakukan pengujian sensor (MQ-2/MQ-135) terhadap konsentrasi gas/asap; (7) revisi produk. Tahapan yang telah diringkas kemudian dikelompokkan menjadi 3 fase besar sehingga variabel, metode, dan hasil tiap tahapan diketahui 3 fase besar tersebut yaitu: fase pertama adalah menganalisis masalah, fase kedua adalah desain sistem yang akan dibuat dan Fase ketiga adalah pengujian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang optimal, maka secara umum dapat digambarkan alur kerja sistem yang diteliti adalah seperti pada gambar 2 berikut.

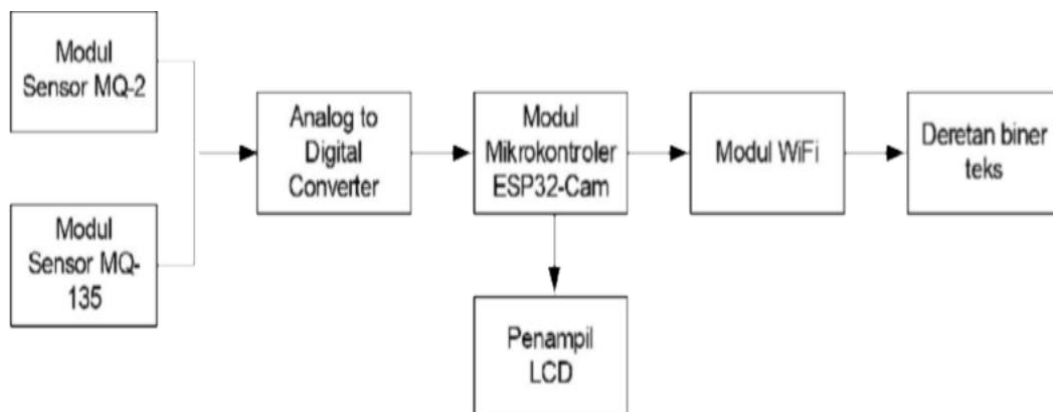


Gambar 2. Blok diagram alur kerja secara umum

Pada gambar 2 terlihat bahwa komponen yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari sistem pengirim dan sistem penerima. Pada sistem pengirim menggunakan perangkat keras yang terdiri dari sensor/modul MQ-2 dan MQ-135, mikrokontroler ESP32-Cam, dan penampil LCD [10]. Sedangkan pada sistem penerima tidak menggunakan perangkat keras melainkan menggunakan *cloud server* dalam hal ini adalah virtual private server yang disewa pada provider internet dalam negeri, yakni IDCloud. diawali dengan sistem mendapatkan data dari pembacaan sensor gas dan sensor gambar yang diletakan pada suatu tempat, lalu sistem tersebut mengirimkan datanya ke cloud server untuk ditampilkan serta khusus untuk data gambar maka diolah untuk dideteksi keberadaan objek manusia dan jika ada maka gambar tersebut disimpan, selanjutnya jika pengguna ingin melihat datanya di cloud server, maka pengguna mengakses IP-nya dengan aplikasi web browser dan akhirnya data dapat dilihat pada aplikasi tersebut.

3.1 Unit Sensor Gas

Alur kerja unit ini secara umum dapat diilustrasikan seperti pada gambar 5.2. Unit ini didukung oleh perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software). Fungsi perangkat kerasnya adalah untuk mengeksekusi secara nyata berdasarkan perintah dari perangkat lunaknya. Sedangkan perangkat lunaknya merupakan kumpulan-kumpulan keputusan yang akan dijalankan ketika dijumpai kondisi-kondisi yang telah ditentukan.



Gambar 3 Alur kerja unit sensor gas

Adapun penjelasan dari gambar 2 adalah sebagai berikut:

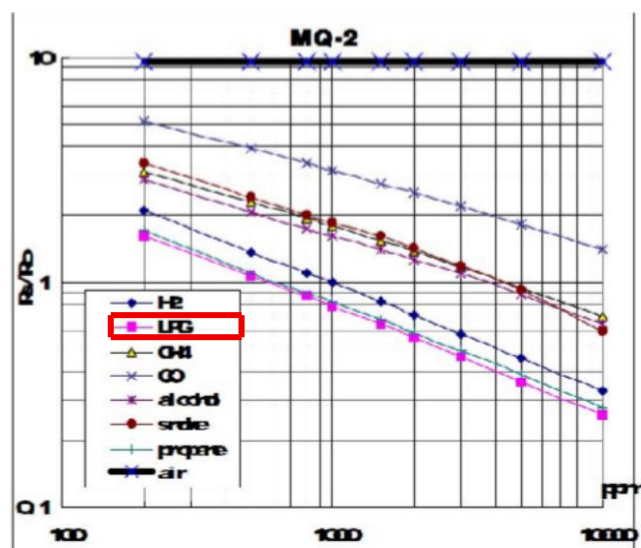
1. Diawali dengan bekerjanya sensor-sensor yakni modul sensor MQ-2 yang bentuknya seperti pada gambar 4 dan modul sensor MQ-132 seperti pada gambar 5



Gambar 4. Modul sensor gas MQ-2



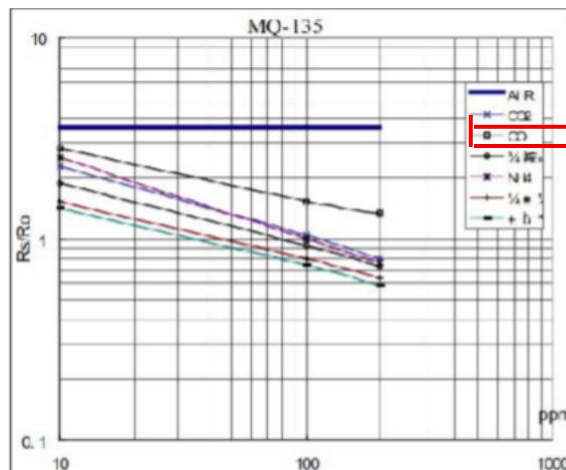
Gambar 5. Modul sensor gas MQ-135



Gambar 6. Karakteristik sensitifitas dari sensor MQ-2

Selanjutnya berdasarkan datasheet yang ada pada gambar 6 terlihat bahwa sensor tersebut dapat mengukur konsentrasi beberapa gas. Dikarenakan dalam penelitian ini, sensor digunakan untuk mendeteksi gas LPG, maka persamaan garisnya (garis warna pink) adalah

$PPM = 10^{\left(\frac{1,3293 - \log(Y)}{b}\right)}$ dan $Y = R_s/R_o$, dimana PPM adalah part per millenium, RO adalah nilai resistansi ketika konsentrasi gas tidak ada di udara bebas (fresh air) dan RS adalah perubahan nilai resistansi bergantung dari konsentrasi gas.



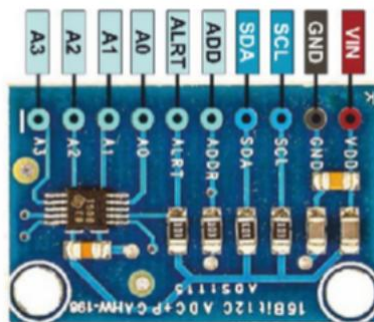
Gambar 7. Karakteristik sensitifitas dari sensor MQ-135

Selanjutnya berdasarkan datasheet yang ada pada gambar 7 terlihat bahwa sensor tersebut dapat mengukur konsentrasi beberapa gas. Dikarenakan dalam penelitian ini, sensor digunakan untuk mendeteksi gas CO, maka persamaan garisnya (garis warna hitam) adalah

$$PPM = 10^{\left(\frac{1,3908 - \log(Y)}{1}\right)}$$

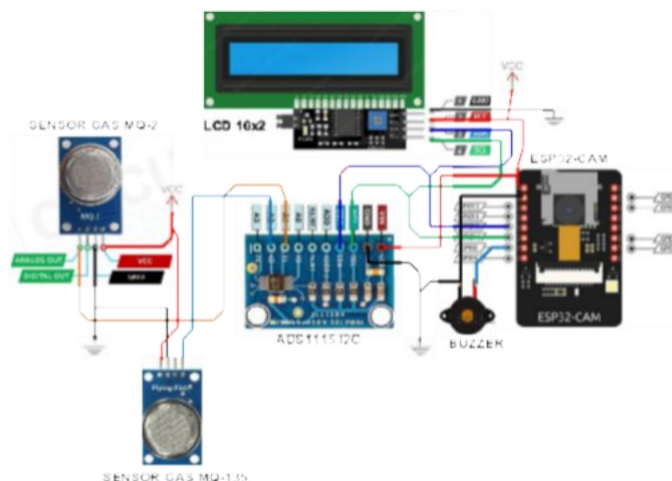
dan $Y = R_s/R_o$, dimana PPM adalah part per millenium, RO adalah nilai resistansi ketika konsentrasi gas tidak ada di udara bebas (fresh air) dan RS adalah perubahan nilai resistansi bergantung dari konsentrasi gas.

2. Keluaran dari sensor MQ-2 dan sensor MQ-135 adalah berupa analog dengan menggunakan power supply sebesar 5VDC. Mengingat keluaran dari sensor dapat bernilai maksimal 5VDC, sedangkan mikrokontroler yang digunakan hanya mampu menerima berupa digital, maka diperlukan perangkat analog to digital converter ke modul mikrokontroler, seperti pada gambar 8



Gambar 8. Perangkat keras analog to digital converter

3. Keluaran dari perangkat analog to digital converter dijadikan sebagai masukan ke mikrokontroler. Dengan bantuan perangkat lunak yang ditanam ke mikrokontroler tersebut, maka didapatkan keluaran yang ditujukan ke penampil berupa LCD 16x2 dan ke WiFi (wireless).
4. Pengaturan yang ada di modul WiFi ini berupa nama SSID dan password-nya untuk bergabung ke access point yang diinginkan.
5. Selanjutnya masukan ke LCD 16x2 menghasilkan keluaran yang langsung dapat dilihat oleh pengguna, sedangkan masukan ke WiFi menghasilkan keluaran deretan biner berisi teks menuju ke *cloud server*. Dari penjelasan sebelumnya didapat skema rangkaian elektroniknya seperti pada gambar 9 berikut ini:



Gambar 9. Skema rangkaian unit sensor gas

3.2 Unit MiFi

MiFi adalah singkatan dari Mini WiFi Router, atau ada juga yang menyebutnya sebagai Mobile WiFi Router. Perangkat MiFi adalah sebuah router Wi-Fi dengan ukuran mini dan bisa dibawa-bawa. Fungsi MiFi adalah sebuah perangkat yang akan bisa memberikan akses internet pada berbagai perangkat lain melalui jaringan Wi-Fi. Entah itu untuk perangkat laptop, smartphone, atau perangkat lainnya yang mendukung konektivitas Wi-Fi. Jadi perannya itu kurang lebih sama seperti sebuah router Wi-Fi yang biasa kita temukan di kantor atau rumah. Namun, tidak seperti router Wi-Fi rumah yang harus menggunakan kabel agar bisa terhubung ke

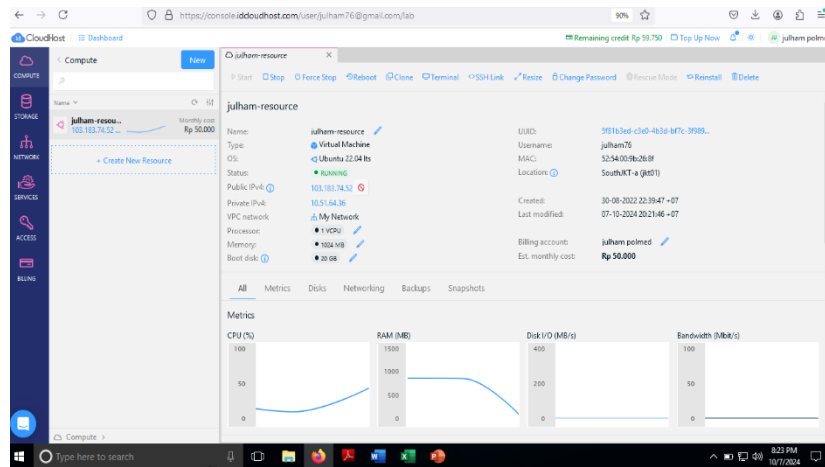
internet, cara kerja MiFi sendiri lebih mirip seperti sebuah smartphone yang sedang mengaktifkan fitur tethering. Sehingga bisa berperan sebagai modem Wi-Fi. MiFi tidak memiliki fungsi telepon dan juga sebagian besar MiFi juga tidak memiliki layar seperti layaknya sebuah smartphone. Jadi, untuk bisa mendapatkan koneksi internet, perangkat MiFi harus terhubung dengan jaringan selular seperti 3G, 4G LTE, ataupun 5G. Lalu, koneksi internet yang sudah didapatnya tersebut, kemudian dibagikan lagi kepada berbagai perangkat lain melalui jaringan Wi-Fi. Sehingga, mereka yang punya perangkat MiFi akan mempunyai jaringan Wi-Fi pribadi yang bisa dibawa kemana-mana. Ini jelas akan sangat membantu untuk menghemat pengeluaran untuk biaya internet bagi orang yang punya banyak gadget sekaligus. Dimana mereka hanya perlu membeli satu paket internet untuk kemudian digunakan oleh beberapa perangkat secara bersamaan.



Gambar 10. Contoh MiFi model power supply USB

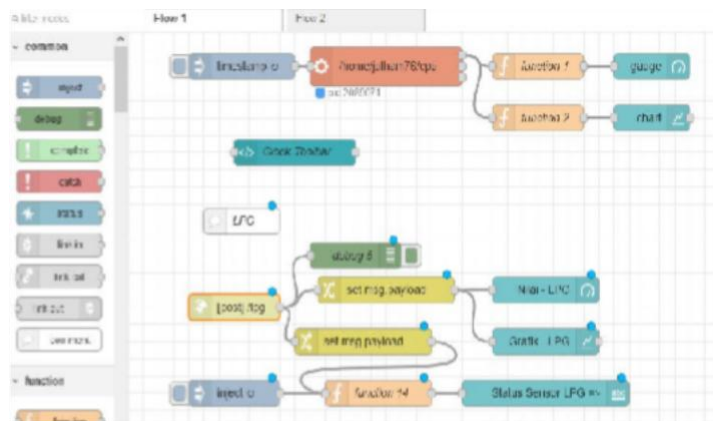
3.3 Cloud Server

Cloud server yang digunakan dalam penelitian ini berfungsi untuk menampung data biner teks dari unit sensor gas, menampung data biner gambar dari unit sensor gambar dan untuk menampilkan hasil dari kedua unit tersebut ke pemakai. Cloud server yang disewa merupakan layanan *virtual private server* (VPS) yang berada di IP address 103.183.74.52. Dalam VPS tersebut dipasangkan Sistem Operasi bersifat open source yang bernama Ubuntu, seperti pada gambar 11.

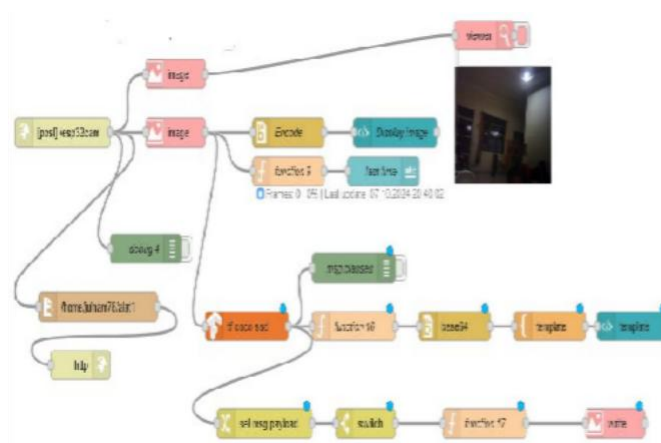


Gambar 11. Tampilan VPS yang digunakan

Selanjutnya setelah sistem operasi yang terpasang, maka dilanjutkan dengan memasang aplikasi Node JS. Setelah aplikasi tersebut terpasang, maka dilanjutkan dengan membuat flow programnya yang muncul seperti pada gambar 12 dan 13.



Gambar 12. Flow program penanganan unit sensor gas



Gambar 13. Flow program penanganan unit sensor gambar

Masukan dari kedua flow program tersebut adalah blok yang bernama “post”. Yang mana, deretan biner teks akan masuk ke blok “post /lpg” sedangkan deretan biner gambar akan masuk ke blok “post

/esp32cam”. Selanjutnya masing-masing deretan diproses oleh masing-masing bagian, sehingga menghasilkan keluaran berupa angka yang dilengkapi dengan bentuk speedo dan grafik dari masing-masing sensor dan menampilkan gambar yang terupdate dari mikrokontroler ESP32-Cam. Berikut tampilannya dapat dilihat pada gambar 14 untuk tampilan perangkat keras sistem dan tampilan ketika perangkat keras sistem mengirim data ke smartphone melalui cloud server.



Gambar 14. Tampilan perangkat keras sistem

3.4 Pembahasan

Pada gambar 12 yang merupakan flow programming dari hasil penelitian ini memiliki cara kerja sebagai berikut:

1. Diawali dengan membuka layanan penerimaan data melalui blok “post /esp32cam”.
2. Setelah itu dilanjutkan ke blok “image” untuk dilakukan penyusunan kembali data yang awalnya biner menjadi file gambar.
3. Keluaran dari poin 2 dibagi menjadi tiga, yakni pertama menuju ke blok “encode” untuk menampilkan gambar ke halaman website, kedua menuju ke blok “function 9” untuk menampilkan waktu kapan gambar berikut sampai di server dan ketiga menuju ke blok “tf coco ssd”. Pada blok ini merupakan penentuan apakah ada objek manusia terdeteksi. TF Coco ssd merupakan tensorflow.js yang menjadi salah satu computer vision engine yang siap pakai tanpa perlu diprogram ulang, serta bersifat bebas untuk dipakai dan dikembangkan tetapi berbasis web.
4. Keluaran dari blok “tf coco ssd” dilanjutkan ke tiga bagian, yakni pertama menuju blok “msg.classess” yang berfungsi untuk memastikan computer vision engine bekerja, kedua menuju ke blok “function 16” untuk disusun kembali gambar hasil olahan blok “tf coco ssd” sehingga didapatkan hasil deteksi objek manusia yang mana jika ada objeknya maka muncul tulisan yang tertera pada halaman website tersebut seperti pada gambar 17, yang merupakan hasil olahan ketika terdeteksi objek manusia di cloud server.



Gambar 15. Tampilan ketika cloud server diakses oleh smartphone



Gambar 16. Tampilan ketika cloud server diakses oleh komputer



Gambar 17. Tampilan hasil deteksinya

Pada gambar 16 dapat dijelaskan bahwa halaman tersebut difungsikan untuk melihat hasil olahan data yang didapat dari sensor melalui layar smartphone dan layar LCD sistem. Selain itu juga pada gambar 16 merupakan hasil olahan data yang didapat dari sensor melalui layar komputer dengan layar LCD sistem. Pada kedua gambar tersebut membuktikan bahwa data yang terdapat pada sistem dengan data yang terdapat pada cloud server adalah sama. Selanjutnya data yang dikumpulkan dalam penelitian adalah berupa kapasitas file hasil olahan serta waktu antar file hasil olahan.

Tabel 1. Hasil pengamatan ketika data hasil olahan dari sensor MQ-2 tiba di cloud server

Kondisi ke	Tanggal	Waktu (WIB)
1.	25-10-2025	17:11:35
2.	25-10-2025	17:12:13
3.	25-10-2025	17:13:03
4.	25-10-2025	17:13:41
5.	25-10-2025	17:14:51
6.	25-10-2025	17:15:49
7.	25-10-2025	17:17:29
8.	25-10-2025	17:18:47
9.	25-10-2025	17:19:47
10.	25-10-2025	17:20:47

Untuk mencari selang waktu pada tabel 1 maka dibuatlah tabel yang berisi selisih antara kondisi n dengan kondisi n-1, dimana n dimulai dari kondisi ke 2 sehigga didapatlah tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Selisih waktu

No	Kondisi ke n	Kondisi ke n-1	Selisih waktu [n – (n-1)] detik
1	2	1	38
2	3	2	50
3	4	3	38
4	5	4	70
5	6	5	58
6	7	6	100
7	8	7	78
8	9	8	60
9	10	9	60

Dari tabel 2 didapat rata-rata dari selisih waktu adalah 61,3 detik

Tabel 3. Hasil pengamatan ketika data hasil olahan dari sensor MQ-135 tiba di cloud server

Kondisi ke	Tanggal	Waktu (WIB)
1.	25-10-2025	17:11:35
2.	25-10-2025	17:12:13
3.	25-10-2025	17:13:03
4.	25-10-2025	17:13:41
5.	25-10-2025	17:14:51
6.	25-10-2025	17:15:49
7.	25-10-2025	17:17:29
8.	25-10-2025	17:18:47
9.	25-10-2025	17:19:47
10.	25-10-2025	17:20:47

Untuk mencari selang waktu pada tabel 4 maka dibuatlah tabel yang berisi selisih antara kondisi n dengan kondisi n-1, dimana n dimulai dari kondisi ke 2 sehigga didapatlah tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Selisih waktu

No	Kondisi ke n	Kondisi ke n-1	Selisih waktu [n – (n-1)] detik
1	2	1	38
2	3	2	50
3	4	3	38
4	5	4	70
5	6	5	58
6	7	6	100
7	8	7	78
8	9	8	60
9	10	9	60

Dari tabel 4 didapat rata-rata dari selisih waktu adalah 61,3 detik

Tabel 5. Hasil pengamatan ketika data hasil olahan berupa deteksi gambar tiba di cloud server

Kondisi ke	Tanggal	Waktu (WIB)
1.	25-10-2025	17:11:35
2.	25-10-2025	17:12:15
3.	25-10-2025	17:13:09
4.	25-10-2025	17:13:56
5.	25-10-2025	17:15:11
6.	25-10-2025	17:16:14
7.	25-10-2025	17:18:04
8.	25-10-2025	17:19:27
9.	25-10-2025	17:20:31
10.	25-10-2025	17:21:37

Untuk mencari selang waktu pada tabel 6 maka dibuatlah tabel yang berisi selisih antara kondisi n dengan kondisi n-1, dimana n dimulai dari kondisi ke 2 sehingga didapatlah tabel 6 berikut ini.

Tabel 6. Selisih waktu

No	Kondisi ke n	Kondisi ke n-1	Selisih waktu [n – (n-1)] detik
1	2	1	40
2	3	2	54
3	4	3	47
4	5	4	75
5	6	5	63
6	7	6	110
7	8	7	83
8	9	8	64
9	10	9	66

Dari tabel 5.2 didapat rata-rata dari selisih waktu adalah 66,89 detik.

4. KESIMPULAN

Adapun yang dapat disimpulkan dalam penelitian ini adalah mikrokontroler ESP32-CAM dan cloud server telah mampu mendeteksi kandungan gas CO di udara dan mendeteksi citra manusia sehingga dapat mengantisipasi akibat dari dampak bocornya gas LPG pada tabung gas rumah tangga dengan waktu rata-rata data yang berasal dari sensor MQ-135 dan MQ-2 yang sampai pada cloud server adalah sama yakni 61,3 detik. Sedangkan waktu rata-rata data gambar yang berasal dari ESP32-Cam yang sampai ke cloud server adalah 66,89 detik. Kemudian diperlukan lagi pengembangan dalam Peningkatan data sensor untuk mengetahui kualitas udara.

REFERENCES

- [1] M. F. Wicaksono and M. D. Rahmatya, "Implementasi Arduino dan ESP32 CAM untuk Smart Home," *J. Teknol. dan Inf.*, vol. 10, no. 1, pp. 40–51, 2020, doi: 10.34010/jati.v10i1.2836.
- [2] M. Priyanka and M. Parveen Kantha, "Realization of an IoT System to Ensure Doorway Security by Integrating ESP32-CAM with Cloud Server," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, pp. 1235–1238, 2020, [Online]. Available: www.irjet.net.
- [3] D. M. Panjaitan, V. F. Naibaho, and A. Amelia, "RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI KEBOCORAN GAS LPG MENGGUNAKAN SENSOR MQ-2 BERBASIS NodeMCU ESP8266," ... *Konf. Nas. Soc. ...*, pp.113–121, 2021, [Online]. Available: <http://ojs.polmed.ac.id/index.php/KONSEP2021/article/view/592%0Ahttps://ojs.polmed.ac.id/index.php/KONSEP2021/article/download/592/203>.
- [4] L. Munza, A. Azhar, and S. Salahuddin, "Rancang bangun alat pendeteksi kebocoran gas LPG pada rumah tangga berbasis Arduino," *J. Teknol. Rekayasa Inf. dan Komput.*, vol. 7, no. 2, pp. 1–6, 2025, doi:

10.30811/jtrik.v7i2.7276.

- [5] S. A. Arrahma and R. Mukhaiyar, "Pengujian Esp32-Cam Berbasis Mikrokontroler," vol. 4, no. 1, pp. 60–66, 2023.
- [6] U. Salamah, Q. Hidayah, and D. Y. Kusuma, "CO2 detection system in mixed gas using MQ-135 sensor," *Newton- Maxwell J. Phys.*, vol. 2, no. 2, pp. 72–77, 2022, doi: 10.33369/nmj.v2i2.18730.
- [7] V. V Raming, J. M. L. Umboh, and F. Warouw, "Literature Review: Gambaran Risiko Kesehatan pada Masyarakat akibat Paparan Gas Karbon Monoksida (CO)," *J. KESMAS*, vol. 11, no. 4, pp. 95–101, 2022.
- [8] 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, 2024, doi: 10.14710/jplp.6.2.102-115.
- [9] Zikrullah Zikrullah, Akhlis Munazilin, and Adi Susanto, "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Asap Rokok Berbasis Iot Menggunakan Sensor Mq-135 Dan Mikrokontroler Esp32-Cam Di Pondok Pesantren Salafiyah Syafi'iyah Sukorejo," *Elkom J. Elektron. dan Komput.*, vol. 17, no. 2, pp. 503–510, 2024, doi: 10.51903/elkom.v17i2.1998.
- [10] G. P. Humairoh and R. D. E. Putra, "Prototipe Pengendalian Kualitas Udara Indoor Menggunakan Mikrokontroler dengan Sensor MQ135, DHT-22 dan Filter HEPA," *J. Serambi Eng.*, vol. 7, no. 1, pp. 2529–2536, 2021, doi: 10.32672/jse.v7i1.3708.