



SISTEM PENDETEKSI KEBOCORAN GAS LPG MENGGUNAKAN METODE REALTIME DATABASE PADA SISTEM RTOS (REAL TIME OPERATING SYSTEM) DENGAN LAYANAN FOG - CLOUD COMPUTING

Ipung Saputra¹, Makhsun², Murni Handayani³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Informatika Program Pasca Sarjana Magister Komputer Universitas Pamulang-Tangerang Banten

History Article

Article history:

Received Mei 18, 2023
Approved Mei 27, 2023

Keywords:

LPG, Relatime Database, Real Time Operating System (RTOS), Fog-Cloud Computing

ABSTRACT

LPG gas leaks cause serious problems in its use, it is very vulnerable to leaks that cause LPG gas cylinders to explode and catch fire, therefore an automatic gas leak detection and monitoring system was developed. If a gas leak occurs, the sensor will immediately recognise the incident and send a notification in the form of an alarm sound and a warning notification sent to the Smartphone. This detection system is made to determine gas leaks in gas cylinder regulators using the Relatime Database method on the RTOS (Real Time Operating System) system with Fog-Cloud Computing services.

ABSTRAK

Kebocoran gas LPG mengakibatkan masalah serius dalam penggunaannya sangat rentan sekali terjadinya kebocoran yang mengakibatkan tabung gas LPG meledak dan terbakar, oleh karena itu dikembangkan sistem pendeteksi dan pemantauan kebocoran gas otomatis. Apabila terjadi kebocoran gas, sensor akan segera mengenali kejadian tersebut dan mengirimkan pemberitahuan berupa bunyi alarm serta notifikasi peringatan yang terkirim ke Smartphone. Sistem pendeteksi ini dibuat untuk mengetahui kebocoran gas pada regulator tabung gas menggunakan metode Relatime Database pada sistem RTOS (Real Time Operating System) dengan layanan Fog-Cloud Computing.

© 2023 Jurnal Ilmiah Global Education

*Corresponding author email: ipungsaputra.guru@gmail.com

PENDAHULUAN

Keselamatan merupakan salah satu aspek esensial dalam setiap sistem atau lingkungan, termasuk di antaranya lingkungan perumahan, kantor, kampus, objek wisata pedesaan atau perkotaan, pusat perbelanjaan, dan tempat lainnya yang cenderung rawan terjadinya kebakaran. Kebakaran kerap kali terjadi akibat kelalaian manusia, yang disebabkan oleh beberapa faktor seperti kebocoran tabung gas LPG, baik yang berukuran kecil maupun besar, pembuangan puntung rokok sembarangan, atau hubungan pendek arus listrik yang dapat memicu api dan menyebar ke bagian lain. Kebakaran tentu saja merugikan banyak pihak, baik secara moral maupun materiil, dan tidak jarang menimbulkan korban jiwa. Keamanan berperan penting pada setiap pekerjaan terutama dalam melakukan pekerjaan rumah tangga. Fokus terbesar yaitu seringnya terjadi LED akan tabung gas LPG akibat dari terjadinya kebocoran gas, hal ini sangatlah berpengaruh dengan keamanan yang membuat tidak nyamannya seseorang dalam melakukan pekerjaan yang menggunakan tabung gas LPG. Dibutuhkan penerapan multitasking pada sistem keamanan pendeteksi kebocoran gas LPG dengan data task dari node sensor sehingga sistem mampu menjalankan beberapa program secara simultan.

RTOS (Real Time Operating System) merupakan salah satu teknik untuk menerapkan multitasking pada sistem embedded. Dalam menerapkan RTOS (Real Time Operating System) pada sistem, agar dapat berjalan secara serentak dengan baik. Sistem beroperasi lebih terstruktur dan respon dari sistem dianggap cepat. Teknik Database Realtime adalah teknik pengaturan jadwal tugas berdasarkan prioritas tertinggi. Teknik ini diterapkan untuk mengatasi masalah penundaan pengiriman data. Implementasi teknik Database Realtime pada sistem operasi real-time dilakukan dengan menghubungkan perangkat keras yang diperlukan agar dapat beroperasi secara multitasking.

Fog computing ialah ide atau konsep dari internet of things di mana pemrosesan komputasi dilakukan di sumber data. Tujuan utama dari fog computing adalah mengurangi keterlambatan yang mengganggu pada Cloud atau jaringan internet. Fog computing dimanfaatkan sebagai analisis data, penyimpanan data, pengendalian perangkat pada rumah pintar, dan gerbang Cloud. Cloud dan fog memiliki peran yang serupa dalam melayani pengguna, namun kabut digunakan untuk melayani wilayah tertentu yang spesifik. Fog computing dikembangkan untuk aplikasi IoT yang sensitif terhadap keterlambatan. Semakin jauh jarak antara server fog dengan pengguna akhir, maka latency akan semakin tinggi di fog.

Berdasarkan penjelasan ketiga metode di atas, dengan diterapkannya metode Relatime Database, RTOS (Real Time Operating System) dan Fog-Cloud Computing pada sistem pendeteksi kebocoran gas LPG, Diharapkan tugas-tugas yang ada dapat dikerjakan dan diprediksi dengan waktu yang tepat sehingga pengambilan keputusan dan penyediaan informasi pada sistem tidak terhambat. Sensor Node MQ-6 yang berjalan secara bersamaan menerapkan RTOS Sensor MQ-6 akan dilengkapi dengan sebuah lampu LED, pengeras suara Buzzer, dan layar OLED I2C sebagai penunjuk kemudian mengirimkan data waktu-nyata secara otomatis apabila sensor MQ-6 menemukan kebocoran pada wilayah tabung gas. Mikrokontroler yang digunakan sebagai pemrosesnya adalah modul ESP8266. Indikator dari sensor MQ-6 kemudian diproses oleh mikrokontroler akan dikirimkan dan ditampilkan ke perangkat Smartphone sebagai informasi.

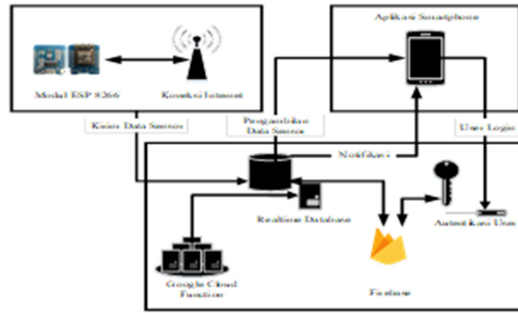
Untuk meningkatkan tingkat keamanan penggunaan gas LPG, digunakan mikrokontroler ESP8266 sebagai perangkat pemroses dan sensor MQ-6 untuk mendeteksi kebocoran gas LPG. Dalam hal terjadi kebocoran gas, pengguna dapat memantau dengan menggunakan perangkat Smartphone dan mendapatkan respons secara langsung dalam program atau sistem dengan waktu yang sama. Tujuan utamanya adalah untuk meningkatkan keamanan penggunaan gas LPG. Diharapkan sistem pendeteksi kebocoran gas LPG ini dapat mendeteksi kebocoran jika gas yang keluar tidak dari sebagaimana mestinya gas LPG dikeluarkan. Sehingga lebih dapat menghindari adanya bahaya yang terjadi jika gas bocor pada regulator ataupun selang yang terhubung dengan kompor dan juga dapat meminimalisir kerugian yang lebih fatal akibat terjadinya kebakaran.

METODE

A. Perancangan Penelitian

Terdapat beberapa tahapan dalam sistem deteksi kebocoran gas ini. Tahap awal adalah pembuatan flowchart untuk menjelaskan sistem kerja alat. Prinsip kerjanya dapat dijelaskan dengan langkah-langkah sebagai berikut: nyalakan alat, masukkan nilai batas maksimum kandungan gas yang akan dideteksi oleh sensor gas MQ-6, sensor gas MQ-6 siap digunakan untuk deteksi dengan batas nilai maksimal ppm yang sudah ditentukan, proses data Input dari sensor MQ-6 berupa ppm, dan Output oleh mikrokontroler berupa data digital 0 dan 1 yang dikirim ke Server Fog-Cloud Computing sebagai signal Input untuk

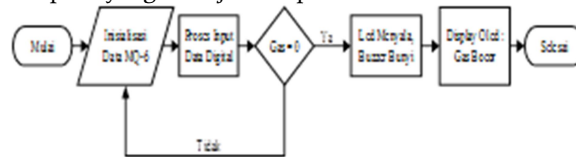
proses monitoring parameter, notifikasi atau pun melakukan aksi manual melalui Smartphone untuk proses selanjutnya.



Gambar 1. Perancangan Sistem

1. Perancangan Sistem Modul ESP8266

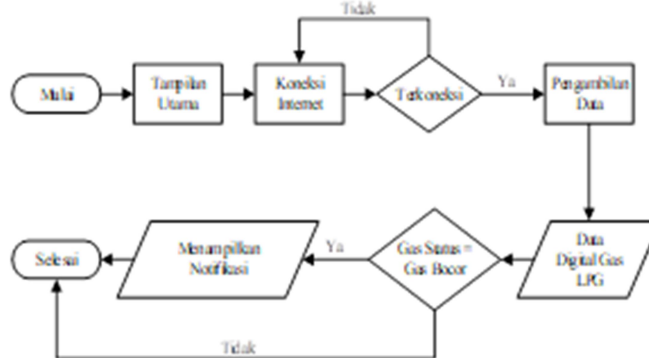
Sensor MQ-6 akan mengumpulkan data analog yang kemudian data tersebut diproses ke data digital. Proses selanjutnya dilakukan di modul ESP8266. Jika hasil Input data digital gas = 0 maka lampu indikator menyala, Alarm akan berdering dan akan mengirimkan pesan ke layar OLED I2C untuk menampilkan kebocoran gas. Jika data digital dari sensor MQ-6 bernilai 1 maka proses inisialisasi data MQ-6 berulang dari awal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Flowchart Perancangan Sistem Modul ESP8266

2. Perancangan Sistem Aplikasi Smartphone

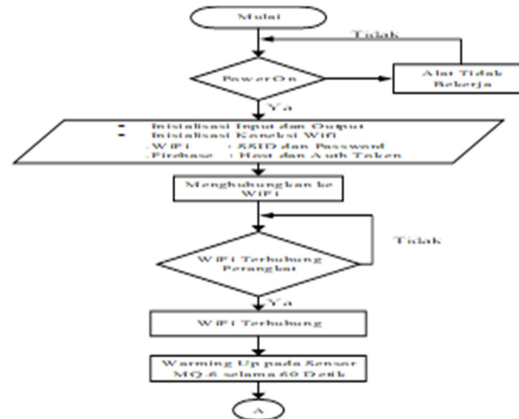
Pada perancangan sistem aplikasi menjelaskan cara kerja sistem aplikasi Smartphone. Pertama menampilkan tampilan utama, lalu sambungkan ke koneksi internet, jika belum tersambung maka ulangi dengan mengklik koneksi ke internet, jika tersambung maka melanjutkan proses pengambilan data, Realtime Database akan diproses di server Firebase. Jika gas status sama dengan 'Gas Bocor' maka data akan diteruskan menjadi sebuah notifikasi pemberitahuan ke Smartphone. Jika data gas status 'Gas Aman' maka pengiriman data notifikasi tidak dilakukan seperti yang dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Flowchart Perancangan Sistem Aplikasi Smartphone

B. Flowchart Perancangan Sistem

1. Sistem Node Client MQ-6 pada Modul ESP8266

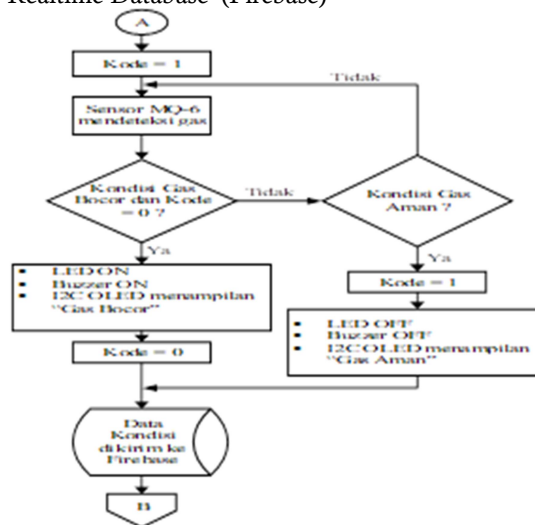


Gambar 4. Flowchart Node Client MQ-6 pada Modul ESP 8266

Sistem kerja dari Node Client pada modul ESP8266 ini digambarkan dalam flowchart pada Gambar 4. Alur kerja pada sistem ini adalah sebagai berikut:

- Ketika perangkat dalam keadaan Power On, maka akan menjalankan proses awal pin Input dan Output komponen yang digunakan. Setelah itu, akan menyesuaikan pengaturan pada jaringan WiFi seperti SSID dan password, serta Firebase seperti auth token dan host.
- Menjalankan tahap menghubungkan jaringan WiFi dengan Wemos D1 Mini ESP8266. Apabila berhasil terhubung, langkah selanjutnya akan dilakukan pada monitor seri dengan menampilkan pesan "WiFi Connected". Namun, jika belum terhubung, maka akan kembali ke tahap menghubungkan jaringan dan pesan pada monitor seri akan menampilkan "WiFi Connecting..." sampai proses penghubungan koneksi WiFi berhasil.
- Agar pendeteksian konsentrasi gas LPG di udara stabil, sensor MQ-6 dipanaskan selama 60 detik secara prosedural.
- Proses berikutnya dilanjutkan ke tahapan sistem Node Base RTOS Realtime Database.

2. Sistem Node Base RTOS Realtime Database (Firebase)



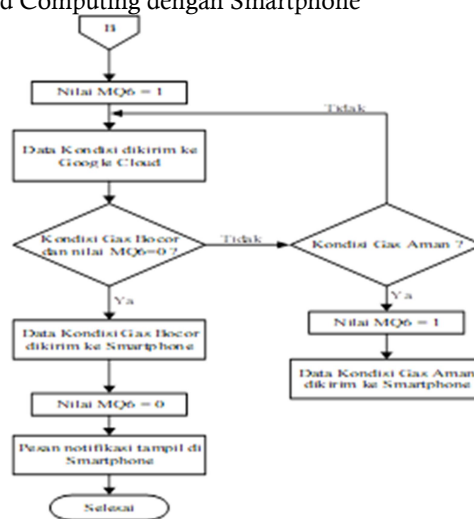
Gambar 5. Flowchart Node Base RTOS Realtime Database (Firebase)

Dalam tahapan sebelumnya yang diproses pada Node Client maka tahapan selanjutnya dilakukan pada tahapan proses Node Base RTOS Realtime Database Firebase yang digambarkan pada Gambar 3.6.

Alur kerja pada sistem ini adalah sebagai berikut:

- Setelah proses warming up selesai, maka perangkat yang terhubung siap untuk digunakan.
- Saat proses warming up dilakukan, deteksi akan dilakukan untuk mengurangi konsentrasi gas LPG di sekitar tabung gas.
- Kode awal program diberikan angka = 1.
- Alat Sensor MQ-6 akan terus mendeteksi konsentrasi gas LPG sepanjang waktu ketika diaktifkan.
- Awal program menggunakan kode 1. Apabila sensor MQ-6 menemukan kebocoran gas dan kode = 1, maka kondisi menjadi benar dan tanda gas bocor menyala. Setelah tanda tersebut menyala, program akan dijalankan dengan kode = 0 yang artinya program tidak akan berjalan lagi.
- Data hasil pengukuran dari sensor MQ-6 yang mencakup kondisi gas yang aman dan berbahaya akan dikirimkan secara langsung oleh Wemos D1 mini ESP8266 melalui koneksi WiFi ke Firebase.

3. Komunikasi Data Fog-Cloud Computing dengan Smartphone



Gambar 6. Flowchart Node Base RTOS Realtime Database (Firebase)

Setelah sistem melalui proses alur sistem Node Client dan Node Base maka langkah berikutnya adalah menjalankan komunikasi data Fog-Cloud Computing dengan Smartphone. Sistem ini alat dapat dilihat pada Gambar 3.7. Alur kerja pada sistem ini adalah dijelaskan Setelah proses yang dijalankan pada proses sebelumnya maka selanjutnya diperoleh data digital digital dengan kondisi jika nilai Input digital sensor MQ-6 = '0' maka akan mengirimkan data kondisi "Gas Bocor" untuk mengaktifkan pesan notifikasi peringatan bahwa telah terjadi kebocoran gas ke perangkat Smartphone.

C. Teknik Pengumpulan Data

Menampilkan konsentrasi ppm LPG jauh lebih sulit daripada hanya menentukan nilai ambang batas. Grafik diatas menunjukkan kita perlu menentukan dua titik dari grafik untuk membuat persamaan bahwa plotnya adalah plot log-log yang mirip dengan sensor gas MQ lainnya.

Untuk setiap baris dalam plot log-log, fungsinya adalah sebagai berikut:

$$F(x) = F_0 \left(\frac{x}{x_0} \right)^{\frac{\log(F_1/F_0)}{\log(x_1/x_0)}}$$

Di sini, kita mengganti $F_0 = 1$, $x_0 = 1000$ dan $F_1 = 0,2$, $x_1 = 10.000$.

$$F(x) = (1) \left(\frac{x}{1000} \right)^{\frac{\log(0.2/1)}{\log(10000/1000)}} = 0.001x^{-0.699}$$

Oleh karena itu, hubungan antara R_s/R_0 dan ppm adalah:

$$\frac{R_s}{R_0} = 0.001 \text{ ppm}^{-0.699}$$

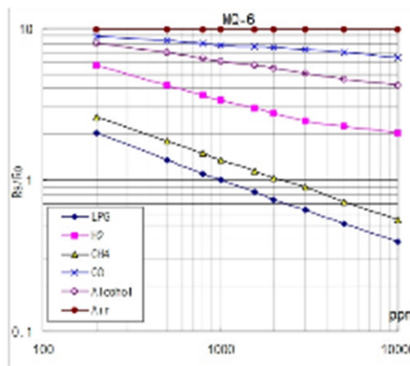
Solusi pemecahan penentuan untuk PPM dirumuskan menjadi:

$$ppm = \left(1000 \frac{R_s}{R_0}\right)^{-1.431}$$

Kita dapat menentukan konsentrasi LPG dalam PPM dengan rasio R_s/R_0 .

D. Teknik Analisa Data

Jika terdeteksi adanya kandungan kebocoran gas LPG, mikrokontroller akan memproses data input dari sensor gas MQ-6. Rentang nilai kebocoran gas LPG yang terdeteksi oleh sensor ditentukan oleh perhitungan ppm yang telah diatur dalam kode program library MQ-6. Sensor ini akan mengubah data analog menjadi digital, dan jika nilai input digital sensor MQ-6 = '0', maka mikrokontroller akan mengirimkan data nilai 'HIGH' untuk mengaktifkan buzzer, LED, menampilkan pesan pada I2C OLED, serta mengirimkan notifikasi ke smartphone. Perhitungan untuk mengambil rentan ppm yang akan ditentukan dapat melihat pedoman grafik konsentrasi LPG aktual seperti Gambar 7.



Gambar 7. Pengaturan Rentan Nilai PPM

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada hasil penelitian ini akan membahas tentang hasil dari perancangan sistem Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Menggunakan Metode Realtime Database Pada Sistem RTOS (Real Time Operating System) Dengan Layanan Fog - Cloud Computing seperti yang telah dibuat pada bab sebelumnya. Hasil penelitian akan dibagi menjadi beberapa bagian sesuai dengan implementasi perancangan sistem. Pengujian sistem berupa hasil dari pengujian Node Client MQ-6 pada modul ESP8266, Node Base RTOS Realtime Database (Firebase) serta komunikasi data Fog-Cloud Computing dengan Smartphone. Data yang didapat dari hasil pengujian sistem akan digunakan untuk analisis pembahasan.

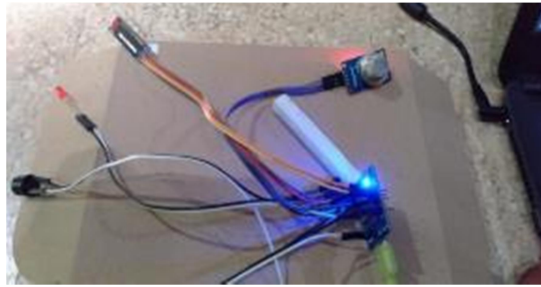
A. Implementasi Sistem Node Client MQ-6 pada Modul ESP8266

Pada implementasi sistem Node Client MQ-6 pada modul ESP8266 yaitu sebuah rangkaian yang terdiri dari beberapa komponen perangkat seperti, sensor MQ-6, I2C OLED, LED, Buzzer dan Wemos D1 Mini ESP8266. Implementasi rangkaian alat deteksi gas LPG dapat dilihat pada Gambar



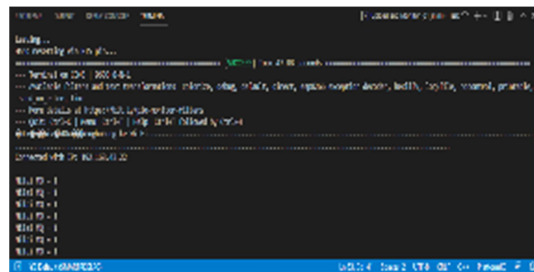
Gambar 8. Rangkaian Alat Deteksi Gas LPG

Saat alat dihidupkan, maka akan melakukan proses inialisasi semua pin Input dan Output yang terpasang pada alat pendeteksi kebocoran gas LPG seperti yang terlihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Rangkaian Alat Deteksi Gas LPG

Tahapan selanjutnya ialah melakukan proses penghubungan jaringan WiFi dengan ESP8266, Jika berhasil tersambung maka serial monitor menampilkan “Connected with IP” namun jika belum terhubung maka akan kembali ke proses penghubungan jaringan seperti yang bisa dilihat pada Gambar 10 dan 11.



Gambar 10. Kondisi Penghubungan WiFi pada Serial Monitor



Gambar 11. Inisialisasi Koneksi WiFi

Proses selanjutnya adalah proses warming up pada sensor MQ-6 untuk kestabilan dalam melakukan pendeteksian konsentrasi gas LPG di udara, dapat dilihat pada Gambar 12.



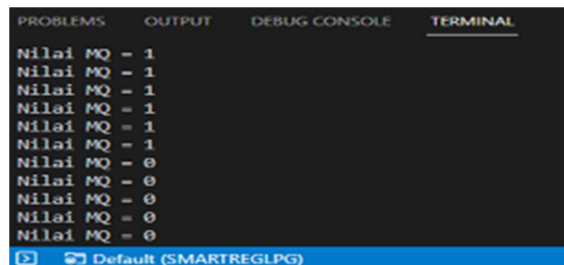
Gambar 12. Proses Warming Up Dengan Kondisi Gas Aman

B. Implementasi Sistem Node Base RTOS Realtime Database (Firebase)

Pada tahapan implementasi sistem Node Base RTOS Realtime Database (Firebase) melanjutkan proses setelah proses warming up selesai, maka alat siap digunakan. Ketika sensor MQ-6 mendeteksi gas, maka LED menyala, Buzzer berbunyi, I2C OLED menampilkan pesan “GAS BOCOR” dan nilai MQ yang tadinya 1 berubah menjadi 0 pada serial monitor seperti yang terlihat pada Gambar 13 dan 14.



Gambar 13. Sensor MQ-6 Mendeteksi Gas



Gambar 14. Serial Monitor Mendeteksi Gas

Hasil deteksi dari sensor MQ-6 berupa Kondisi “Gas Aman” dengan nilai MQ adalah 1 dan Kondisi “Gas Bocor” dengan nilai MQ yaitu 0 akan dikirimkan oleh Wemos D1 Mini ESP8266 melalui koneksi WiFi ke Realtime Database Firebase secara realtime seperti yang terlihat pada Gambar 15 dan 16.



Gambar 15. Data Gas Aman pada Realtime Database



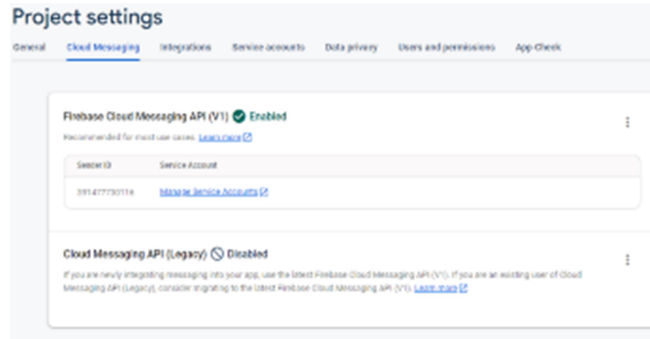
Gambar 16. Data Gas Bocor pada Realtime Database

C. Implementasi Komunikasi Data Fog-Cloud Computing dengan Smartphone

Pada implementasi komunikasi data Fog-Cloud Computing dengan Smartphone bisa di jelaskan bahwa setelah proses yang dijalankan pada implementasi Node Client dan Node Base maka selanjutnya data kondisi akan dikirim ke komunikasi data aplikasi Project android dan web menggunakan Firebase Cloud Messaging API (V1) pada layanan GCP (Google Cloud Platform) yang dapat dilihat pada Gambar 17 dan 18.



Gambar 17. Data Gas Bocor pada Realtime Database



Gambar 18. Firebase Cloud Messaging API (V1)

Dari data digital yang diperoleh, kemudian data kondisi gas akan berkomunikasi dari data Firebase menggunakan komunikasi data API (Application Programming Interface), maka selanjutnya data akan ditampilkan ke layar Smartphone sesuai dengan kondisi terkini alat pendeteksi gas bisa dilihat pada Gambar 19 dan 20.

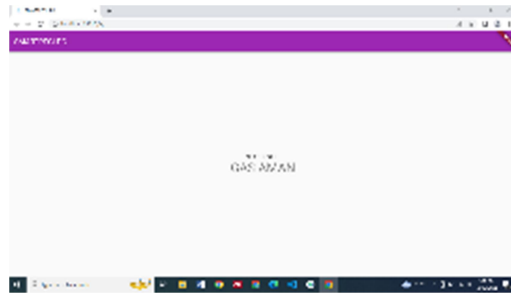


Gambar 19. Data Gas Aman Pada Smartphone

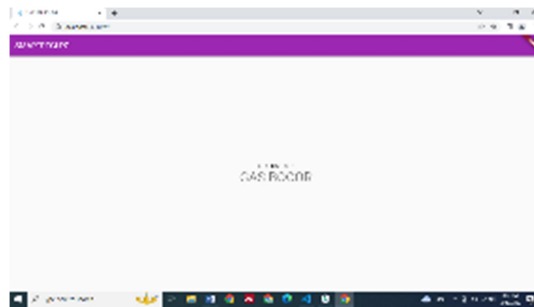


Gambar 20. Data Gas Bocor Pada Smartphone

Pada komunikasi Fog-Cloud Computing ini juga menampilkan hasil data ketika kondisi gas aman atau bocor melalui layanan website seperti yang ditunjukkan pada Gambar 21 dan 22.



Gambar 21. Data Gas Aman pada Layanan Website



Gambar 22. Data Gas Bocor pada Layanan Website

KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Menggunakan Metode Realtime Database Pada Sistem RTOS (Real Time Operating System) Dengan Layanan Fog-Cloud Computing adalah sebagai berikut:

1. Pada pengujian sistem Node Base dan Node Client terjadinya komunikasi yang baik sehingga mendapatkan data sensor yang sesuai menggunakan sensor MQ-6.
2. Sistem dapat mendeteksi kebocoran gas sesuai dengan nilai digital dari sensor, dan mengirimkan nilai kondisi gas ke Realtime Database (Firebase). Dengan tingkat keberhasilan pengujian data sebesar 100%.
3. Aplikasi yang terinstal di Smartphone dapat menampilkan dan memberikan peringatan notifikasi kepada pengguna jika terjadi kebocoran gas.
4. Komunikasi data sensor pada Fog-Cloud Computing yang diproses Firebase dengan layanan GCP (Google Cloud Platform) membantu sinkronisasi kesesuaian waktu proses.

B. Saran

Saran untuk pengembangan Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Menggunakan Metode Realtime Database Pada Sistem RTOS (Real Time Operating System) Dengan Layanan Fog-Cloud Computing adalah sebagai berikut:

1. Penambahan motor servo sebagai ventilator otomatis yang dapat memutus aliran gas ketika terjadi kebocoran pada regulator dan selang gas.
2. Penambahan sensor tekanan dipasang pada regulator sebagai pengukur tekanan atau jumlah kapasitas gas yang bisa dilihat melalui Smartphone.

DAFTAR PUSTAKA

Abdul Hannan, M., Mohd Zain, A. S., Salehuddin, F., Hazura, H., Idris, S. K., Hanim, A. R., & Yusoff, M. (2018). Development of LPG leakage detector system using arduino with Internet of Things (IoT). *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering*, 10(2-7), 91-95.

- Amir, F., Novianda, & Maulan, R. (2020). Sistem Pendeteksi Kebocoran Liquefied Petroleum Gas Menggunakan Metode Fuzzy Logic Mamdani Berbasis Internet of Things. *Jurnal Teknologi*, 12(2), 151–158.
- Hutagalung, D. D. (2018). Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kebocoran Gas dan Api dengan Menggunakan Sensor MQ2 dan Flame Detector. *Jurnal Rekayasa Informasi*, 7(2), 11. <https://ejournal.istn.ac.id/index.php/rekayasainformasi/article/download/279/233/>
- Juliantoro, A. T., Nevita, A. P., & Munawi, H. A. (2022). Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Dengan Sensor MQ–6 Untuk Mengatasi Bahaya Kebakaran. *Nusantara of Engineering*, 5(1), 41–49. <https://ojs.unpkediri.ac.id/index.php/noe/article/view/17389><https://ojs.unpkediri.ac.id/index.php/noe/article/download/17389/2650>
- Mallik, A., Ahmed, S., Hossain, G. M. M., & Rahman, M. R. (2020). IoT Utilized Gas-Leakage Monitoring System with Adaptive Controls Applicable to Dual Fuel Powered Naval Vessels/Ships: Development & Implementation. *Cybernetics and Information Technologies*, 20(1), 138–155. <https://doi.org/10.2478/cait-2020-0010>
- Abdul Hannan, M., Mohd Zain, A. S., Salehuddin, F., Hazura, H., Idris, S. K., Hanim, A. R., & Yusoff, M. (2018). Development of LPG leakage detector system using arduino with Internet of Things (IoT). *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering*, 10(2–7), 91–95.
- Amir, F., Novianda, & Maulan, R. (2020). Sistem Pendeteksi Kebocoran Liquefied Petroleum Gas Menggunakan Metode Fuzzy Logic Mamdani Berbasis Internet of Things. *Jurnal Teknologi*, 12(2), 151–158.
- Hutagalung, D. D. (2018). Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kebocoran Gas dan Api dengan Menggunakan Sensor MQ2 dan Flame Detector. *Jurnal Rekayasa Informasi*, 7(2), 11. <https://ejournal.istn.ac.id/index.php/rekayasainformasi/article/download/279/233/>
- Juliantoro, A. T., Nevita, A. P., & Munawi, H. A. (2022). Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Dengan Sensor MQ–6 Untuk Mengatasi Bahaya Kebakaran. *Nusantara of Engineering*, 5(1), 41–49. <https://ojs.unpkediri.ac.id/index.php/noe/article/view/17389><https://ojs.unpkediri.ac.id/index.php/noe/article/download/17389/2650>
- Mallik, A., Ahmed, S., Hossain, G. M. M., & Rahman, M. R. (2020). IoT Utilized Gas-Leakage Monitoring System with Adaptive Controls Applicable to Dual Fuel Powered Naval Vessels/Ships: Development & Implementation. *Cybernetics and Information Technologies*, 20(1), 138–155. <https://doi.org/10.2478/cait-2020-0010>
- Meidelfi, D., Moodutor, H. A., Sukma, F., & Adnin, S. (2022). *Journal of Computer Networks , Architecture and HIGH Performance Computing Android Based Spark and Gas Leak Detection and Monitoring Journal of Computer Networks , Architecture and HIGH Performance Computing*. 4(2), 148–157.
- Mluyati, S., & Sadi, S. (2019). INTERNET OF THINGS (IoT) PADA PROTOTIPE PENDETEKSI KEBOCORAN GAS BERBASIS MQ-2 dan SIM800L. *Jurnal Teknik*, 7(2). <https://doi.org/10.31000/jt.v7i2.1358>
- Moh.Imam Syaifullah, Sumardi Sadi, R. S. (2020). Monitoring Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas Berbasis Iot Menggunakan Node Mcu Dengan Komunikasi Firebase Google. *Kaos GL Dergisi*, 8(75), 147–154. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2020.125798><https://doi.org/10.1016/j.smr.2020.02.002><http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/810049><http://doi.wiley.com/10.1002/anie.197505391><http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780857090409500205>
- Mohd Kamaruddin, F. F., Hadiana, A., & Mohd Lokman, A. (2021). DetGas: A Carbon Monoxide Gas Leakage Detector Mobile Application. *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, 21(11). <https://doi.org/10.22937/IJCSNS.2021.21.11.8>
- Mustaqim, A. S., Kurnianto, D., & Syifa, F. T. (2020). Implementasi Teknologi Internet of Things Pada Sistem Pemantauan Kebocoran Gas LPG dan Kebakaran Menggunakan Database Pada Google Firebase. *Elektron : Jurnal Ilmiah*, 12(1), 34–40. <https://doi.org/10.30630/eji.12.1.161>
- Nejad, H. V., Bhatt, C., Tavakolifar, A., Hanafi, N., Gholizadeh, N., Khatooni, R., & Behzadian, H. (2021). A survey on context-aware fog computing systems. *Computacion y Sistemas*, 25(1), 5–12. <https://doi.org/10.13053/CYS-25-1-3149>
- Ng, W. J., & Dahari, Z. (2020). Enhancement of real-time IoT-based air quality monitoring system. *International Journal of Power Electronics and Drive Systems*, 11(1), 390–397. <https://doi.org/10.11591/ijpeds.v11.i1.pp390-397>
- Nguyen Gia, T., Dhaou, I. Ben, Ali, M., Rahmani, A. M., Westerlund, T., Liljeberg, P., & Tenhunen, H. (2019). Energy efficient fog-assisted IoT system for monitoring diabetic patients with cardiovascular disease. *Future Generation Computer Systems*, 93, 198–211. <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.10.029>
- Nuridhuha, D., Ichsan, M. H. H., & Maulana, R. (2020). Sistem Monitoring Lingkungan Rumah Cerdas berbasis Fog Computing dan nRF24101. *J-Ptiik*, 4(2), 622–631. <http://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/7004>

- Puspaningrum, A. S., Firdaus, F., Ahmad, I., & Anggono, H. (2020). Perancangan Alat Deteksi Kebocoran Gas Pada Perangkat Mobile Android Dengan Sensor Mq-2. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Tertanam*, 1(1), 1. <https://doi.org/10.33365/jtst.v1i1.714>
- Rahman, M. A., Ahmed, H., & Hossain, M. M. (2022). An Integrated Hardware Prototype for Monitoring Gas leaks, Fires, and Remote control via Mobile Application. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 13(10). <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2022.0131099>
- Ramadhan, L. I., Syauqy, D., & Prasetyo, B. H. (2017). Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Menggunakan Metode Fuzzy yang Diimplementasikan dengan Real Time Operating System (RTOS). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (J-PTIHK) Universitas Brawijaya*, 1(11), 1206–1213.
- Rimbawati, Heri Setiadi, Ridho Ananda, M. A. (2019). Perancangan Alat Pendeteksi Kebocoran Tabung Gas LPG Dengan Menggunakan Sensor MQ-6 Untuk Mengatasi Bahaya Kebakaran. *Journal of Electrical Technology*, 4. <https://ojs.unpkediri.ac.id/index.php/noe/article/view/17389%0Ahttps://ojs.unpkediri.ac.id/index.php/noe/article/download/17389/2650>
- S, J., K, K., R, L., S, C., & K, S. (2021). Gas Leakage Monitoring System Using IOT. *International Research Journal on Advanced Science Hub*, 3(Special Issue ICARD 3S), 108–111. <https://doi.org/10.47392/irjash.2021.075>
- Samudera, D., & Sugiharto, A. (2018). Sistem Peringatan dan Penanganan Kebocoran Gas Flammable Dan Kebakaran Berbasis Internet of Things (Iot). *JURNAL TeknoSAINS Seri Teknik Elektro*, 01(01), 1–13.
- Sarhan, Q. I. (2020). Systematic Survey on Smart Home Safety and Security Systems Using the Arduino Platform. *IEEE Access*, 8, 128362–128384. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3008610>
- Sarkar, S., Wankar, R., Srirama, S. N., & Suryadevara, N. K. (2020). Serverless Management of Sensing Systems for Fog Computing Framework. *IEEE Sensors Journal*, 20(3), 1564–1572. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2019.2939182>
- Septiawan, I. W., Akbar, S. R., & Syauqy, D. (2018). Rancang Bangun Sistem Multi-Sensor Untuk Pengukuran Jarak Secara Simultan. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (J-PTIHK) Universitas Brawijaya*, 8(11).
- Shahadat, M., Mallik, A., & Islam, M. (2019). Development of an automated gas-leakage monitoring system with feedback and feedforward control by utilizing IoT. *Facta Universitatis - Series: Electronics and Energetics*, 32(4), 615–631. <https://doi.org/10.2298/fuee1904615s>
- Sirai, R., Erwansyah, K., Jaya, H., & Winata, H. (2020). Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kebocoran Regulator Gas LPG Via Sms Menggunakan Modul Gsm Dan Sensor Mq-6 Berbasis Arduino Uno. *J-SISKO TECH (Jurnal Teknologi Sistem Informasi Dan Sistem Komputer TGD)*, 3(2), 73. <https://doi.org/10.53513/jsk.v3i2.2036>
- Soh, Z. H. C., Abdullah, S. A. C., Shafie, M. A., & Ibrahim, M. N. (2019). Home and industrial safety IoT on LPG gas leakage detection and alert system. *International Journal of Advances in Soft Computing and Its Applications*, 11(1), 131–145.
- Sugianto, E. N., Kurniawan, W., & Syauqy, D. (2019). Implementasi Sistem Operasi Real-Time pada Arduino Nano dengan media Komunikasi NRF24L01 Untuk Pengukuran Suhu, Kelembaban, dan Intensitas Cahaya. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 3(4), 3589–3596. <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Suma, V., Shekar, R. R., & Akshay, K. A. (2019). Gas Leakage Detection Based on IOT. *Proceedings of the 3rd International Conference on Electronics and Communication and Aerospace Technology, ICECA 2019*, 1312–1315. <https://doi.org/10.1109/ICECA.2019.8822055>
- Tamizharasan, V., Ravichandran, T., Sowndariya, M., Sandeep, R., & Saravanavel, K. (2019). Gas Level Detection and Automatic Booking Using IoT. *2019 5th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems, ICACCS 2019*, 922–925. <https://doi.org/10.1109/ICACCS.2019.8728532>
- Zainudin, A., Anisah, I., & Gulo, M. M. (2021). Implementasi Fog Computing Pada Aplikasi Smart Home Berbasis Internet of Things. *CESS (Journal of Computer Engineering, System and Science)*, 6(1), 127. <https://doi.org/10.24114/cess.v6i1.20658>