

Penerapan Keamanan Energi Dengan Integrasi Iot Untuk Mendeteksi Dini Kebocoran Gas Pada Kompartemen Kompor

Setya Ardhi¹, Tjwanda Putera Gunawan², Suhatati Tjandra³

¹Program Studi Teknik Elektro – Institut Sains dan Teknologi Terpadu Surabaya

²Program Studi Teknik Informatika - Institut Sains dan Teknologi Terpadu Surabaya

Email: 1setyaardhi@stts.edu, 2tjwanda@stts.edu, 3tati@stts.edu

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem keamanan untuk mendeteksi kebocoran gas dalam kompartemen kompor gas. Biasanya, pengawasan gas pada kompartemen kompor terbatas pada tampilan display yang terpasang pada regulator gas, tanpa memberikan informasi apakah terjadi kebocoran. Kebocoran biasanya hanya terdeteksi melalui bau gas yang keluar akibat tekanan dalam tabung LPG. Dengan memahami bahwa batas aman konsentrasi LPG, sesuai dengan Standar Immediately Dangerous to Life or Health (IDLH), adalah 2000 ppm atau setara dengan 0.2% volume LPG di udara, sistem ini mampu mendeteksi kebocoran gas secara dini. Sistem ini menggunakan Sensor gas MQ-6 untuk mengukur konsentrasi LPG dalam kompartemen kompor gas, serta sensor tekanan G1/4 untuk mengukur tekanan dalam tabung gas. Sistem ini dilengkapi dengan fitur pemantauan kebocoran gas dan kapasitas gas, baik secara lokal maupun online, notifikasi peringatan dini, serta catatan kapasitas gas yang dapat diakses melalui aplikasi smartphone. Seluruh sistem terhubung ke Wemos D1 Mini, yang bertindak sebagai pusat kendali dan mendukung implementasi IoT. Hasil dari proses uji coba menunjukkan bahwa sistem monitoring kapasitas gas yang digunakan untuk mengukur tekanan gas dalam kemasan tabung mampu memberikan hasil pengukuran dengan error rata-rata sebesar ± 0.4 bar. Selain itu, dalam simulasi kebocoran gas yang dilakukan dengan menggunakan gas dalam kemasan tabung berukuran 235 gr, sistem ini berhasil mendeteksi konsentrasi LPG dalam rentang 200-10.000 ppm dengan tingkat error rata-rata sebesar 2.61%.

Kata kunci: *Kompartemen Kompor Gas, Standard IDLH, Kebocoran Gas*

PENDAHULUAN

Program konversi energi dari bahan bakar minyak ke gas adalah upaya efektif dari pemerintah. Hal ini menyebabkan peningkatan yang signifikan dalam konsumsi bahan bakar gas di Indonesia pada tahun 2016. Sebagai hasil dari konversi ini, berbagai jenis kompor gas diproduksi, termasuk yang memiliki 1 atau 2 tungku [1]. Dalam proses memasak, kompor gas adalah perangkat penting yang menyediakan sumber panas. Biasanya, kompor ini dilengkapi dengan kompartemen yang berisi beberapa perangkat pendukung, termasuk katup tabung, regulator, selang gas, dan bahan bakar gas yang dikenal sebagai Liquefied Petroleum Gas (LPG). LPG adalah bentuk cairan dari gas hidrokarbon, yang memiliki keunggulan dalam hal penyimpanan dan penanganan yang lebih praktis [2].

Penggunaan LPG dianggap lebih efisien, ekonomis, mudah digunakan, dan ramah lingkungan dibandingkan dengan bahan bakar lain seperti minyak tanah atau kayu [3]. Sejak tahun 2007, penggunaan LPG telah menjadi alternatif untuk mengurangi

penyalahgunaan minyak tanah yang bersubsidi dan mengurangi ketergantungan pada Bahan Bakar Minyak (BBM) [4]. LPG memiliki karakteristik khusus, dengan tekanan gas yang cukup tinggi yang memungkinkannya menyebar ke udara secara perlahan, namun memiliki berat jenis yang lebih besar daripada udara sekitarnya, sehingga cenderung jatuh ke bawah. Selain itu, LPG tidak mengandung zat beracun dan memiliki daya pemanasan yang tinggi [5].

Namun, seringkali terjadi kebocoran saat menggunakan LPG, baik pada tabung gas berukuran 3 Kg maupun 12 Kg. Kebocoran dapat terjadi pada komponen seperti selang gas, regulator, katup, kompor, atau tabung LPG itu sendiri, yang dapat mengakibatkan ledakan dan kebakaran [5][6]. Menurut survei yang dilakukan oleh Badan Standard Nasional (BSN), beberapa peralatan kompor gas tidak memenuhi standar, termasuk selang, katup tabung, kompor gas, dan regulator diantaranya 100 persen selang, 66 persen katup tabung, 50 persen kompor gas dan 20 persen regulator [7]. Kebocoran gas LPG yang sering terjadi berasal dari celah antara katup tabung dan regulator yang tidak berfungsi dengan baik [8]. Faktor lain yang dapat menyebabkan ledakan adalah kelalaian penggunaan dan tabung gas yang tidak layak. Deteksi kebocoran gas LPG umumnya sulit dilakukan secara manual [9]. Oleh karena itu, diperlukan sistem keamanan yang efektif untuk mendeteksi kebocoran gas LPG dan mencegah potensi kebakaran [10]. Teknologi Internet of Things (IoT), yang semakin banyak diakses, dapat membantu mengatasi masalah ini [11][12]. Beberapa penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan [13], telah mengembangkan alat pendeteksi kebocoran gas dengan menggunakan sensor MQ2 dan sensor api dengan menggunakan flame detector. Alat ini mengaktifkan alarm suara atau buzzer dan kipas secara otomatis saat terdeteksi kebocoran gas. Jika kebocoran gas ini menyebabkan percikan api, pompa air akan menyemburkan air ke arah api tersebut. Namun, pada penelitian ini, tidak ada perangkat pemantauan secara langsung atau real-time, dan tidak ada deteksi tekanan gas pada LPG.

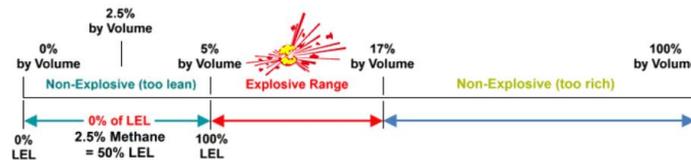
Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat deteksi kebocoran gas LPG berbasis IoT dengan menggunakan mikrokontroler Wemos D1 Mini yang terhubung ke internet. Alat ini dilengkapi dengan beberapa sensor, termasuk sensor tekanan $G \frac{1}{4}$ yang digunakan untuk mengukur tekanan dan kapasitas gas, serta sensor kebocoran gas menggunakan MQ-6. Semua komponen ini akan disusun dalam satu kompartemen kompor gas. Selanjutnya, selang dan regulator akan dimodifikasi agar sesuai dengan kebutuhan. Untuk memberikan peringatan dini, alat ini akan mengaktifkan alarm melalui suara buzzer. Kebocoran gas akan memicu peringatan, dan informasi mengenai status dan riwayat pemakaian gas dapat dimonitor melalui program aplikasi pada smartphone dengan menggunakan aplikasi Blynk. Selain itu, status dan tekanan gas juga akan ditampilkan pada layar LCD. Dalam upaya mengatasi potensi kebocoran gas di dalam kompartemen kompor, telah disertakan sebuah penyedot angin atau exhaust untuk mengurangi konsentrasi gas LPG yang dapat menyebabkan masalah.

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka yang akan dipakai dalam penelitian ini meliputi teori *Lower Explosive Limit (LEL)* untuk mengetahui standar terjadinya sebuah ledakan serta batas aman konsentrasi LPG berdasarkan IDLH, kemudian prinsip kerja sensor yang mendukung konsentrasi kadar LPG dan tekanan LPG, serta integrasi IoT dengan aplikasi Blynk dalam mendukung monitoring.

LEL (Lower Explosive Limit) dan standard IDLH

Api atau ledakan dapat terjadi jika unsur oksigen dan bahan bakar tersedia dalam jumlah tertentu sebelum akhirnya bereaksi dengan sumber panas. Jumlah yang dibutuhkan untuk terjadinya ledakan ditentukan berdasarkan rasio campuran antara oksigen dan bahan bakar. Perbedaan jenis bahan bakar juga dapat mempengaruhi nilai rasio campuran yang dibutuhkan menjadi lebih tinggi atau lebih rendah. Volume minimum yang dibutuhkan untuk mendukung terjadinya ledakan pada bahan yang mudah terbakar disebut sebagai Lower Explosive Limit atau LEL[14].



Gambar 1. visual untuk menunjukkan di mana skala % LEL diukur

Kondisi rasio campuran oksigen dan bahan bakar yang masih berada di bawah nilai LEL tidak akan memungkinkan untuk terciptanya api atau ledakan dimana grafiknya bisa terlihat pada gambar 1 .

Tabel 1. Nilai LEL Bahan Mudah Terbakar

GAS	LEL
Acetone	2.6
Acetylene	2.5
Acrylonitrile	3
Allene	1.5
Ammonia	15
Benzene	1.3
1.3 Butadine	2
Butane	1.8
n Butanol	1.7
1 Butene	1.6
Cis 2 Butene	1.7
Trans 2 Butene	1.7

Hal itu dikarenakan campuran terlalu kurus atau volume bahan bakar terlalu sedikit dibandingkan dengan volume oksigen. Butana sebagai komposisi yang terkandung dalam LPG memiliki nilai LEL 1.8%, dapat dilihat melalui Tabel 1 [14] [15] yang menunjukkan nilai LEL dari berbagai bahan mudah terbakar. Dengan demikian butana akan mulai memiliki potensi menimbulkan ledakan saat rasio campurannya terdiri dari 1.8% butana dan 98.2% udara [16].

Sebagai langkah preventif terdapat suatu aturan batas aman agar keberadaan LPG di udara tidak memberikan dampak negatif bagi kesehatan ataupun keselamatan jiwa. Batas aman konsentrasi LPG yang diperbolehkan berdasarkan Immediately Dangerous to Life or Health (IDLH) [15] adalah 2000 ppm atau setara dengan 0.2% volume LPG di udara. Konsentrasi LPG di udara yang telah melewati batas IDLH dikhawatirkan dapat menyebabkan asfiksia pada orang yang menghirup LPG, serta memiliki potensi berbahaya lainnya yang dapat mengancam keselamatan jiwa.

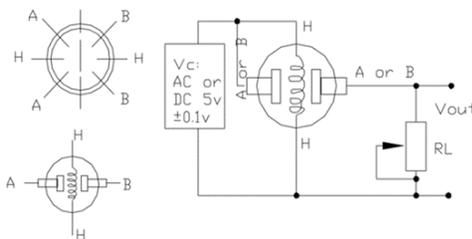
Sensor Gas dengan MQ-6

Sensor gas MQ-6 merupakan satu diantara berbagai tipe sensor gas MQ lainnya. Dirancang sebagai sensor untuk pengukuran terhadap konsentrasi LPG di udara dengan rentang 200-10000 ppm.



Gambar 2. Tampilan Sensor Gas MQ-6

Sensor gas MQ-6 dibentuk menggunakan tabung aluminium oksida (Al_2O_3), lapisan timah dioksida (SnO_2), elektroda pengukuran, serta pemanas yang ditanamkan pada plastik dengan pembungkus jaring stainless steel di sekitarnya. Gambar 2 memperlihatkan bentuk rupa dari sensor gas MQ-6.



Gambar 3. Rangkaian Sensor Gas MQ-6

Sebagai sensor yang diperuntukkan untuk mendeteksi LPG, sensor gas MQ-6 memiliki fitur meliputi sensitivitas tinggi terhadap LPG, isobutana, serta propane, dan juga sensitivitas rendah terhadap uap alkohol dan asap. Rangkaian sensor gas

dibentuk dengan penambahan hambatan beban (RL) yang saling dihubungkan terhadap sensor guna membentuk suatu rangkaian pembagi tegangan. Hambatan beban dapat diatur mulai dari 10 K Ω hingga 47 K Ω untuk penyesuaian sensitivitas sensor berdasarkan kebutuhan pengguna yang bisa terlihat pada gambar 3.

Sensor Tekanan dengan G ¼

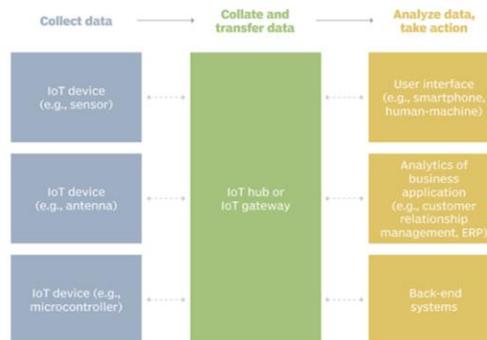
Sensor tekanan G ¼ merupakan sebuah transducer tekanan dimana tekanan yang diberikan akan menghasilkan sinyal listrik dalam bentuk besar tegangan. Tekanan yang diukur oleh sensor ini merupakan tekanan yang relatif terhadap lingkungan sekitar sehingga membuatnya dikategorikan sebagai sensor tekanan gauge. Spesifikasi pengukuran tekanan yang dapat dilakukan berdasarkan kemampuan sensor adalah mulai dari 0 MPa hingga 1.2 MPa dengan keluaran tegangan berada pada rentang 0.5 Volt hingga 4.5 Volt. Gambar 4 merupakan tampilan fisik dari sensor tekanan G1/4, dimana penghubungan sensor dapat dilakukan melalui ulir ¼ inch pada suatu pipa saluran gas atau cairan.



Gambar 4. Tampilan Sensor Tekanan G ¼

Integrasi Sistem IoT

Internet of things atau disingkat sebagai IoT adalah sistem yang saling menghubungkan perangkat komputasi, mesin mekanis dan digital, hingga makhluk hidup dengan cara memberikan suatu unique identifier (UIDs) disertai kemampuan untuk mengirimkan data melalui sebuah jaringan tanpa perlu membutuhkan interaksi manusia terhadap komputer . Sederhananya segala sesuatu yang dapat didaftarkan pada sebuah Internet Protocol (IP) akan mampu melakukan pengiriman data melalui jaringan internet.



Gambar 5. Diagram Sistem Berbasis IoT

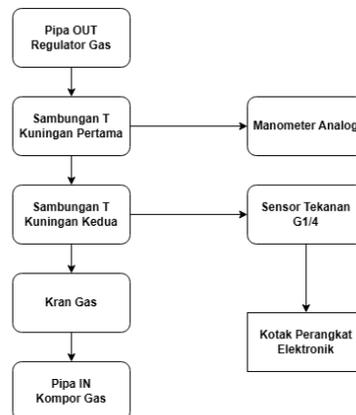
Diagram dari suatu sistem yang berbasis IoT dapat dilihat pada Gambar 5 dimana suatu sistem berbasis IoT terdiri dari mikrokontroler, sensor, dan perangkat komunikasi yang bertindak dalam mengumpulkan dan mengirim data. Data yang telah berhasil dikirimkan selanjutnya dapat diakses untuk langsung ditampilkan menggunakan tampilan antar muka seperti halnya aplikasi smartphone, diambil untuk analisa dan pengolahan lebih lebih lanjut, atau bisa juga digunakan untuk pengambilan keputusan dalam melakukan suatu tindakan.

METODE PERANCANGAN

Metode perancangan penelitian ini terdiri dari perancangan, perancangan perangkat elektronik dan perancangan perangkat lunak.

Perancangan Perpipaan dan Desain Kompartemen

Pada blok perpipaan merupakan kumpulan beberapa komponen perangkat keras yang ditujukan untuk membentuk jalur aliran gas. Berikut pada Gambar 6 adalah diagram blok perpipaan:

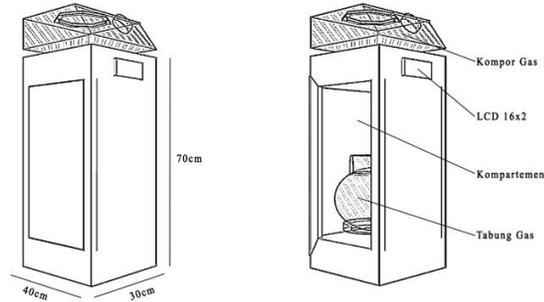


Gambar 6. Blok Diagram Perpipaan

Detail diagram blok perpipaan dimana pipa OUT regulator gas menyuplai gas melalui selang gas yang saling menghubungkan antar komponen dari perpipaan gas, kemudian sambungan T kuningan pertama membagi aliran gas menjadi 2 bagian, yaitu menuju ke manometer analog serta meneruskan aliran gas menuju ke sambungan T kuningan kedua. Pada akhirnya aliran gas yang mengarah ke manometer analog adalah untuk memberikan informasi tekanan gas secara langsung kepada pengguna melalui posisi dari jarum penunjuk seperti sebagaimana regulator gas pada umumnya.

Sambungan T kuningan kedua kemudian kembali membagi aliran gas yang diteruskan oleh sambungan T kuningan pertama menjadi 2 aliran. Aliran gas pertama diteruskan menuju ke kran gas. Aliran gas kedua diarahkan pada sensor tekanan G1/4. Sensor tekanan G1/4 yang terpasang pada alat akan menghasikan data untuk dikirimkan pada kotak perangkat elektronik sebagai monitoring terhadap tekanan. Penjelasan lebih detail mengenai kotak perangkat elektronik akan dibahas pada

bagian blok kontroler. Setelah melewati kran gas untuk mengatur aliran, gas kemudian diteruskan menuju pipa IN dari kompor gas sebagai bahan bakar untuk menyalakan kompor gas.

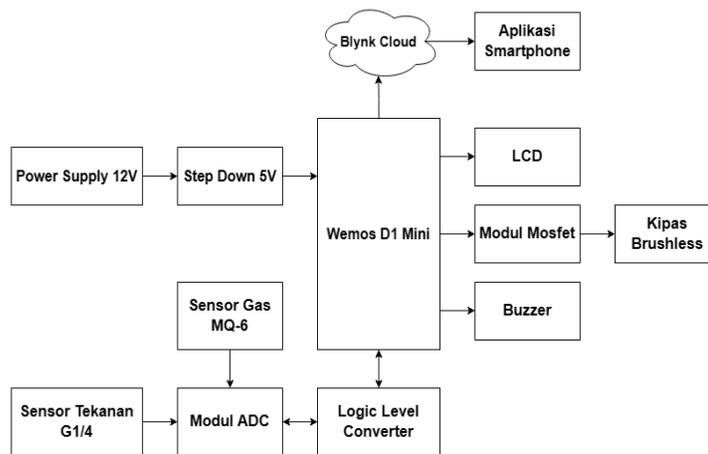


Gambar 7. Desain Kompartemen Kompor Gas

Kompartemen pada gambar 7 kompor gas dirancang dengan kombinasi material logam dan plastik. Rangka kompartemen kompor dibentuk menggunakan pipa galvanis untuk menopang beban dari penggunaan kompor gas satu tungku. Selanjutnya pada tiap sisi rangka terpasang plastik fiber tahan panas untuk membentuk suatu kompartemen yang dapat digunakan untuk menyimpan atau meletakkan tabung gas selama penggunaan kompor gas.

Perancangan Perangkat Elektronik

Kompartemen kompor gas dengan monitoring tekanan gas dan peringatan dini kebocoran gas terdiri dari beberapa perangkat elektronik yaitu adaptor 12V, Wemos D1 Mini, sensor tekanan G1/4, sensor gas MQ-6, LCD, modul ADC, modul Logic Level Converter, modul Buck Converter 5V, buzzer, modul mosfet dan kipas brushless. Perancangan alat yang dibuat dapat digambarkan seperti pada diagram blok kontroler dari Gambar 8.



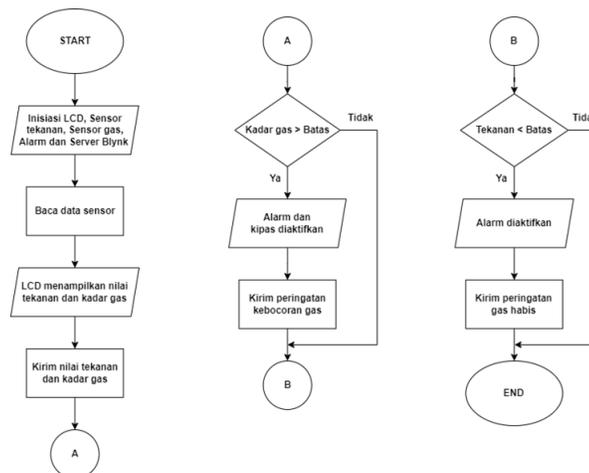
Gambar 8. Blok Diagram Elektronik

Detail diagram blok kontroler dimana adaptor 12V sebagai sumber daya untuk kipas brushless dan perangkat elektronika lainnya. Step down atau modul buck converter 5V untuk menurunkan tegangan dari adaptor 12V menjadi 5V sehingga sesuai dengan tegangan input maksimal dari Wemos D1 Mini. Wemos D1 mini sebagai pengendali utama dan komponen penunjang realisasi IoT. Sensor tekanan G1/4 menerima tekanan gas lalu mengubahnya menjadi sinyal analog. Sensor gas MQ-6 sebagai sensor untuk mengukur konsentrasi gas dalam kompartemen dan mendeteksi bila terjadinya kebocoran gas. Modul ADC sebagai perangkat tambahan untuk mengatasi keterbatasan jumlah pin analog dari Wemos D1 Mini. Logic Level Converter mengubah keluaran modul ADC agar sesuai dengan tegangan kerja Wemos D1 Mini.

LCD menampilkan data yang telah diolah menjadi hasil monitoring tekanan dan konsentrasi gas. Modul mosfet untuk menggerakkan kipas brushless yang akan aktif sebagai tindakan penanganan dini terhadap akumulasi konsentrasi gas dalam kompartemen. Buzzer sebagai alarm peringatan dini secara offline. Data yang telah diolah oleh Wemos D1 Mini dikirimkan ke Blynk Cloud selaku cloud server yang menjadi perantara hubungan alat dan smartphone pengguna. Aplikasi smartphone sebagai monitoring dan peringatan dini secara online.

Perancangan Perangkat Lunak

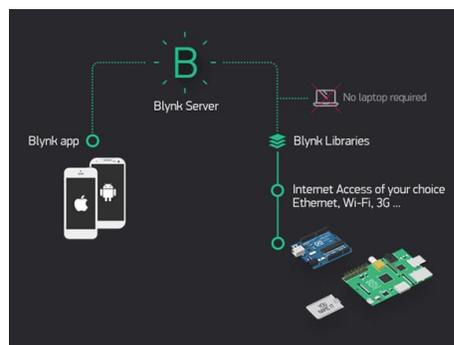
Pada sub bab ini akan meliputi alur dari program yang dijalankan, implementasi sensor dan modul yang digunakan, dan pembuatan aplikasi smartphone melalui pemanfaatan layanan Blynk IoT. Berikut keterangan dari flowchat program pada gambar 9 pertama kali alat menyala, akan dimulai hubungan terhadap semua komponen seperti sensor tekanan, sensor gas, alarm, dan server Blynk. Saat semuanya telah terhubung diambil data-data yang dihasilkan oleh sensor untuk diolah menjadi data monitoring. Data yang telah diolah selanjutnya ditampilkan secara langsung pada LCD sebagai monitoring lokal terhadap nilai tekanan dan konsentrasi gas.



Gambar 9. Flowchart program

Hasil monitoring juga dikirimkan pada server Blynk yang kemudian dapat diakses melalui aplikasi smartphone sebagai monitoring online. Ketika konsentrasi gas yang terukur ditemukan melebihi batas yang telah ditentukan maka kipas dan alarm diaktifkan sebagai tindakan penanganan dan peringatan dini kebocoran gas.

Saat tekanan atau kapasitas gas juga terdeteksi rendah maka alarm kapasitas rendah diaktifkan. Notifikasi peringatan tekanan rendah dikirimkan pada smartphone pengguna. Blynk adalah suatu platform IoT yang memberikan layanan software untuk keperluan prototyping, perancangan, dan pengendalian perangkat elektronik mulai dari skala kecil hingga besar. Melalui pemanfaatan Blynk pada gambar 10 dapat menghubungkan alat yang dibuat pada cloud untuk ditampilkan melalui web atau aplikasi smartphone, bahkan mengendalikannya secara jarak jauh.



Gambar 10. Alur Kerja Layanan Blynk

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap uji coba secara garis besar dibagi menjadi 5 hal yaitu uji coba sensor tekanan, uji coba sensor gas, uji penanganan dini kebocoran gas, uji coba aplikasi smartphone, dan uji coba alat secara keseluruhan. Hasil dari realisasi desain perancangan pada bab sebelumnya akan di perlihatkan pada bab ini dimana telah terkoneksi semua perangkat keras dan perpipaan yang dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Penampakan keseluruhan alat

Tampilan dari tekanan yang terukur dapat dilihat pada Gambar 12. Sebagai contoh nilai tekanan yang sedang ditampilkan oleh LCD adalah hasil ukur terhadap tekanan

yang diberikan pada sensor dengan tekanan terukur sebesar 4.6 bar yang nanti akan dibandingkan dengan ukuran pada tampilan standard analog.



Gambar 12. Penampakan hasil pengukuran

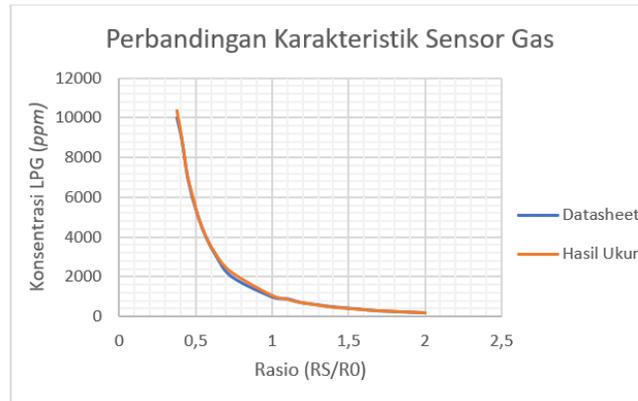
Satuan tekanan yang diterapkan adalah sama seperti sebagaimana yang digunakan pada hasil pengukuran sensor tekanan, yakni satuan tekanan bar.

Tabel 2. Hasil Uji Coba Error Ketelitian Sensor Gas

No.	Data Berdasarkan Datasheet		Data Berdasarkan Pengukuran Sensor		Perbedaan	%
	RS/R0	ppm	RS/R0	ppm		
1	2.00	200	2.00	200.17	0.17	0.09
2	1.70	300	1.70	302.53	2.53	0.84
3	1.55	400	1.55	385.65	14.47	3.72
4	1.40	500	1.40	480.48	19.52	4.06
5	1.30	600	1.30	588.04	11.96	1.99
...
13	0.52	5000	0.52	5012.87	12.87	0.26
14	0.48	6000	0.48	6154.19	154.19	2.57
15	0.45	7000	0.45	7044.28	44.28	0.63
16	0.43	8000	0.43	8013.34	13.34	0.17
17	0.41	9000	0.41	9064.83	64.83	0.72
18	0.38	10000	0.38	10372.09	372.09	3.72
Rata - Rata						2.61

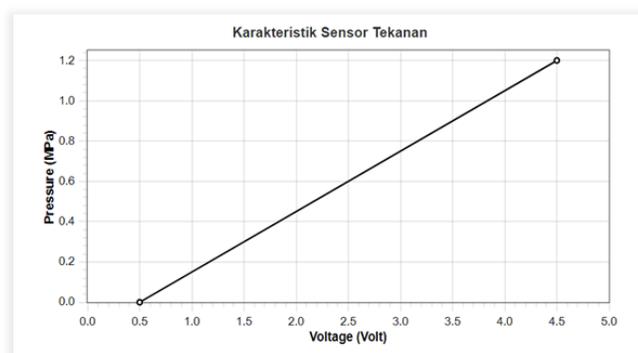
Dengan demikian proses pengamatan hasil ukur manometer analog hanya akan meliputi posisi jarum penunjuk pada skala dengan satuan bar. Pada tabel 2 hasil uji

error ketelitian sensor tekanan setelah melalui proses kalibrasi berdasarkan karakteristik sensor pada datasheet.



Gambar 13. Grafik Perbandingan Karakteristik Sensor Gas MQ-6

Pada Gambar 13 merupakan grafik perbandingan antara hasil pembacaan konsentrasi LPG berdasarkan datasheet sensor dengan hasil ukur sensor gas yang telah terkalibrasi dan digunakan selama proses. Pada sumbu X terdapat rasio perbandingan antara nilai RS dan R0 dari sensor sedangkan sumbu Y merupakan nilai konsentrasi LPG di udara. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa keakurasian sensor gas yang telah melalui proses kalibrasi dapat memberikan hasil pengukuran terhadap konsentrasi LPG di udara dengan baik dalam rentang 0-10000 ppm. Sementara itu penyimpangan hasil ukur terbesar terjadi pada 2000 ppm yaitu sebesar 221.39 ppm atau 11.07% saat dibandingkan terhadap data dari datasheet sensor. Kalibrasi sensor tekanan G1/4 yang merupakan sebuah pressure transmitter. Sensor dapat mengukur tekanan gas mulai dari 0 Megapascal hingga 1.2 Megapascal dengan hasil output berupa tegangan yang berada pada rentang 0.5 Volt hingga 4.5 Volt.



Gambar 14. Grafik Karakteristik Sensor Tekanan

Melihat karakteristik sensor pada Gambar 14 maka proses kalibrasi dapat dilakukan dengan memanfaatkan persamaan garis. Dimana sumbu (y) mewakili tekanan yang diterima oleh sensor atau input, sedangkan sumbu (x) mewakili tegangan yang dihasilkan oleh sensor atau output

KESIMPULAN

Kesimpulan diperoleh berdasarkan beberapa tahap uji coba yang sudah dilaksanakan berkali-kali. Analisa mendalam juga dilakukan pada rancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Berikut kesimpulan-kesimpulan yg diperoleh yaitu Pengkalibrasian sensor tekanan berdasarkan karakteristik sensor dari datasheet sensor dapat memberikan hasil pengukuran tekanan dengan error rata-rata sebesar ± 0.4 bar saat dibandingkan terhadap manometer analog. Sensor gas yang telah melalui proses kalibrasi dapat digunakan untuk mengukur konsentrasi gas LPG di udara dengan error rata-rata sebesar 2.61% saat dibandingkan terhadap data karakteristik sensor yang terdapat dalam datasheet sensor. Melalui pengujian kebocoran gas yang dilakukan mengikuti kaidah Immediately Dangerous to Life or Health (IDLH) didapatkan waktu rata-rata 1 menit 28 detik hingga LPG dapat terakumulasi mencapai kadar 2000 ppm di udara. Aplikasi yang dibuat menggunakan layanan Blynk dapat digunakan untuk monitoring secara jarak jauh atau online, serta dapat memberikan notifikasi peringatan dini bilamana terdeteksi kebocoran gas atau kapasitas gas rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Fiki Candra Setiyawan. *Perancangan Ulang Kompor Gas Dua Tungku Dengan Menggunakan Metode Design For Assembly (DFA)*. Institutional Repository Universitas Muhammadiyah Surakarta. 2018.
- [2]. Desmira, & Aribowo, D. Desain Alat Pendeteksi Kebocoran Gas Elpiji Menggunakan Mikrokontroler Atmega16. *VOLT Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 1(1), 73–80. 2016.
- [3]. Hasibuan, M. S., Syafriwel, & Idris, I. Intelligent LPG Gas Leak Detection Tool with SMS Notification. *Journal of Physics: Conference Series*, 1424(1), 1–7. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1424/1/012020>. 2019
- [4]. Departemen ESDM. (2007), “Konversi MITAN ke Gas,” 2007, Sumber : <http://www.migas.esdm.go.id/post/read/konversi-minyak-tanah-ke-lpg-3-kg>. [diakses pada 25 Juli, 2017].
- [5]. Ismai, R. L., Endro, J., & Suryono, S. Rancang Bangun Sistem Pengaman Kebocoran Gas LPG (Liquefied Petroleum Gas) Menggunakan Mikrokontroler. *Youngster Physics Journal*, 6(4), 368–376. 2017.
- [6]. Sinaga, S. F., Kurniawan Lase, B., Sagga Putta, P., Partiwini, J., & Azmi, F. Implementasi Fuzzy Logic Tsukamoto Untuk Deteksi Gas LPG Berbasis Arduino. *Jurnal Mantik Penusa*, 3(1), 51– 55. <http://geospasial.bnpb.go.id>. 2019.

- [7]. Nursal, S., “Ledakan Kompor Gas dan Dimana Perhatian Negara,” 2010 Sumber : <http://politik.kompasiana.com/2010/08/14/ledakan-kompor-gas-dan-dimana-perhatian-negara/> [diakses pada 1 Agustus, 2017]
- [8]. Rahmalisa, U., Febriani, A., & Irawan, Y. Detector Leakage Gas LPG Based on Telegram Notification Using Wemos D1 and MQ-6 Sensor. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 2(4), 287–290. <https://doi.org/10.18196/jrc.2493>. 2021.
- [9]. Budianto, A., Muhtadan, Dipta, I. M. Y., & Iman, A. N. Development of Liquefied Petroleum Gas (LPG) leakage detection wheeled robot on horizontal pipes based on Arduino Uno. *Journal of Physics: Conference Series*, 1511(1), 1–11. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1511/1/012087>. 2020.
- [10]. Evalina, N., & A Azis, H. Implementation and Design Gas Leakage Detection System Using ATmega8 Microcontroller. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 821(1), 1–5. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/821/1/012049>. 2020.
- [11]. Daru, A. F., Adhiwibowo, W., & Prawoto, A. Penerapan Sensor Mq2 Untuk Deteksi Kebocoran Gas Dan Sensor Bb02 Untuk Deteksi Api Dengan Pengendali Aplikasi Blynk. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 12(1), 37–43. 2021.
- [12]. Hafiz, M., & Candra, O. Perancangan Sistem Pendeteksi Kebakaran Berbasis Mikrokontroler dan Aplikasi Map dengan Menggunakan IoT. *Jurnal Teknik Elektro Dan Voksdional*, 7(1), 53–63. <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/jtev/article/view/111420>. 2021.
- [13]. Hutagalung, D. D. Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kebocoran Gas dan Api dengan Menggunakan Sensor MQ2 dan Flame Detector. *Jurnal Rekayasa Informasi*, 7(2), 43–53. <https://ejournal.istn.ac.id/index.php/rekayasainformasi/article/download/279/233/>. 2018.
- [14]. Matheson Gas Products. *Data extracted from Gas Data Book, 7th edition, Bulletin 627, Flammability Characteristics of Combustible Gases and Vapors*, copyright 1965 by U.S. Department of the Interior, Bureau of Mines. 2001
- [15]. Carl L. Yaws. *Handbook of Chemical Compound Data for Process Safety*. Elsevier Inc. All rights reserved. ISBN 978-0-88415-381-8. 1997.
- [16]. Michael G. Zabetakis. *Flammability Characteristics Of Combustible Gases And Vapors*. J.S Government Printing Office. 1965.