

SISTEM PENGONTROL DAN PEMONITOR KUALITAS UDARA PADA LAHAN PARKIR BAWAH TANAH (BASEMENT)

CONTROLLING AND MONITORING SYSTEM OF AIR QUALITY IN BASEMENT PARKING

Allbowaghis Di-Gandra¹, Porman Pangaribuan², Ramdhan Nugraha³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹dallbowaghis@gmail.com ²porman@telkomuniversity.ac.id ³ramdhan@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Masalah pada lahan parkir bawah tanah adalah penurunan tingkat kualitas udara akibat pengaturan sistem ventilasi udara yang kurang baik. Oleh sebab itu, dirancang sistem monitor dan kontrol kualitas udara secara otomatis. Sistem dirancang untuk memonitor dan mengontrol kualitas udara khususnya kadar gas CO dan NO₂. Pembacaan kadar gas tersebut menggunakan sensor MiCS-4514. Ketika pembacaan kadar gas CO mencapai 35 PPM dan atau kadar gas NO₂ mencapai 3 PPM, maka, ventilasi mekanik bergerak secara otomatis, sehingga, dapat menurunkan kadar gas CO dan NO₂. Namin, ketika pembacaan nilai kadar gas masih di bawah batas normal, maka, ventilasi mekanik tidak bergerak, sehingga meningkatkan efisiensi dalam kontrol kedua gas tersebut. Sistem monitor dapat dilakukan melalui platform ThingSpeak™. Penerapan sistem kontrol pada prototipe *basement* mampu mengontrol kadar gas CO dan NO₂ agar kembali ke kondisi aman dengan uji coba dari empat kendaraan yang berbeda dengan rata-rata waktu kembali ke kondisi aman paling cepat 36.13333 detik mampu merubah rata-rata kadar gas CO 526.0125 PPM menjadi 11.11007 PPM dan paling lama 293.6 detik mampu merubah rata-rata kadar gas CO 1761.142 PPM menjadi 9.68165 PPM. Penerapan sistem monitor mampu memonitor kadar gas CO dan NO₂ secara *real time* dalam bentuk grafik besaran kadar gas (PPM) terhadap waktu.

Kata Kunci : *basement, CO, NO₂, kualitas udara, MiCS-4514*

Abstract

The problem of basement parking system is the decrease of air quality levels due to poor air ventilation system adjustment. Therefore, it is designed the automation of air quality monitoring and controlling system. The system is designed to monitor and control the air quality, especially the CO gas and NO₂ gas levels. The measurement of both gas levels use MiCS-4514. When the measurement of CO levels reaches 35 PPM and/or the NO₂ levels reaches 3 PPM, then, mechanical ventilation will automatically turns on, so, it will decrease the CO and NO₂ levels. However, when the measurement of both gas levels is still within normal conditions, then, the mechanical ventilation stays off, thus, increasing the efficiency in controlling both gas levels. Monitoring system can be done by using ThingSpeak™ platform. The implementation of control system on the basement prototype is able to control the CO and NO₂ levels to return to safe conditions with trials of four different vehicles with the fastest average return time is 36.13333 seconds which able to decrease the average CO gas levels from 526.0125 PPM to 11.11007 PPM and the longest average return time is 293.6 seconds which able to decrease the average CO gas levels from 1761.142 PPM to 9.68165 PPM. The implementation of monitoring system is able to monitor the CO and NO₂ levels in real-time in the form of graph of the gas levels over time.

Keywords : *basement, CO, NO₂, Air Quality, MiCS-4514*

1. Pendahuluan

Perkembangan penduduk di kota-kota besar yang meningkat, memberi dampak terhadap jumlah penggunaan kendaraan bermotor, sehingga, tidak sebandingnya jumlah kendaraan dengan lahan parkir yang tersedia. Solusi dari permasalahan tersebut adalah pengadaan lahan parkir bawah tanah biasa disebut *basement*.

Permasalahan yang timbul dari *basement* ini adalah penurunan kualitas udara akibat dari emisi kendaraan yang ada di dalam *basement*, misal, dalam keadaan kendaraan dinyalakan, antrian keluar-masuk *basement* atau bahkan ketika kendaraan hendak parkir. Emisi dari kendaraan yang khususnya mengandung gas CO dan NO₂. Dampak lainnya yaitu, gangguan pada pernapasan seperti, legionnaire, asma, dermatitis dan lain-lain[1]. Menurut hasil wawancara dari karyawan pengelola gedung, PT. LMIR Perkantoran Hijau Arkadia Di Jakarta Selatan yang berpedoman pada Panduan Gedung Hijau[2] dan karyawan Baraga City Walk di Bandung bahwa, gedung-gedung yang ada sekarang masih banyak menggunakan sistem kendali manual untuk menyalakan dan mematikan *exhaust-intake fan* di *basement* atau sistem 24 hours, sehingga, membuat tidak efektifnya sistem pada *basement*. Oleh karena itu, mengakibatkan para pekerja melalaikan tugasnya dan hanya mengandalkan *feeling* untuk merawat keamanan *basement* serta efek lainnya adalah pembengkakan biaya operasional pada sistem seperti ini.

Pada tugas akhir ini penulis merancang sistem pengontrol dan pemonitor kualitas udara pada *basement* secara otomatis. Dengan diterapkannya sistem ini dapat mengubah kondisi *basement* lebih aman bagi pihak penyewa, pengelola dan pengunjung, khususnya pada unit *basement* gedung.

2. Dasar Teori

2.1. Kadar Gas CO dan NO₂ di Udara

Basement menghadapi tantangan signifikan dalam menjaga kualitas udara yang baik akibat emisi kendaraan bermotor yang dapat meningkatkan konsentrasi gas CO dan NO₂ ke tingkat yang berbahaya. Dampak perubahan kualitas udara akan menyebabkan timbulnya beberapa dampak lanjutan, baik terhadap kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya, aspek estetika udara, keutuhan bangunan dan lain-lain [3]. Dapat dinyatakan konsentrasi maksimum gas CO yang ditentukan untuk daerah Ibu Kota Jakarta, saat sistem ventilasi beroperasi secara otomatis, adalah 50 PPM [4] dan maksimum gas NO₂ dinyatakan 3 PPM [5]. Lain halnya di kota Bandung, konsentrasi maksimum gas CO adalah 35 PPM [6].

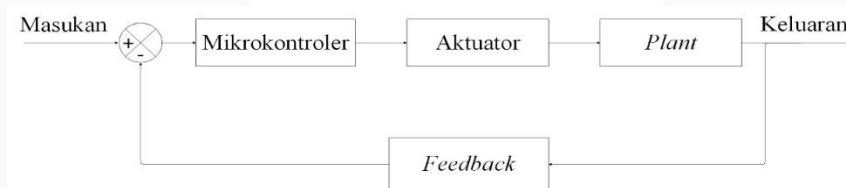
2.2. Ventilasi Mekanik

Sistem pertukaran udara pada *basement* adalah elemen yang penting dari sistem ventilasi karena di dalam *basement* terdapat emisi gas yang mengandung CO dan NO₂, gas tersebut dapat menurunkan tingkat kenyamanan para pengguna *basement*.

Ventilasi dibagi dia macam [2] yaitu, ventilasi alami dan ventilasi mekanik. Perbedaannya adalah apabila ventilasi alami memanfaatkan udara segar dengan mengikuti alur pergerakan angin, sedangkan, ventilasi mekanik memanfaatkan *exhaust fan* untuk mengeluarkan udara kotor dan *intake fan* untuk menyuplai udara segar. *Basement* membutuhkan kedua macam ventilasi tersebut untuk mementingkan kenyamanan peengguna namun, permasalahan muncul dari ventilasi mekanik yang diaktifkan selama 24 jam maka, menimbulkan pemborosan pemakaian listrik yang berdampak pada peningkatan biaya operasional.

2.3. Sistem Kontrol Loop Tertutup

Untuk merealisasikan sistem pengontrol dan pemonitor kualitas udara pada *basement* secara otomatis, dibutuhkan sistem kontrol loop tertutup seperti pada Gambar 1 berikut:



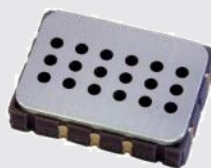
Gambar 1. Diagram Blok Kontrol Loop Tertutup

Sistem kontrol loop tertutup adalah suatu sistem yang sinyal keluarannya memiliki pengaruh langsung terhadap aksi pengendalian yang dilakukan. Sinyal *error* yang merupakan selisih dari sinyal masukan dan sinyal umpan balik (*feedback*), lalu diumpangkan ke komponen pengendali (kontroler) untuk memperkecil *error* sehingga nilai keluaran sistem semakin mendekati nilai yang diinginkan.

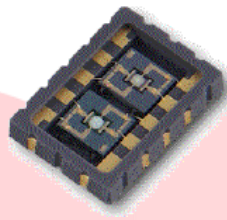
Keuntungan sistem kontrol loop tertutup adalah adanya pemanfaatan nilai umpan balik (*feedback*) yang dapat membuat respon sistem lebih *reliable* terhadap gangguan eksternal dan perubahan internal pada parameter sistem.

2.4. Kombinasi Sensor Gas CO dan NO₂

Kombinasi sensor gas CO dan NO₂ adalah sensor gabungan yang mengubah besaran fisik berupa gas CO dan NO₂ ke besaran elektronika secara individu, namun, dalam satu wadah, sehingga dapat dihitung nilai dari kepekatan udara yang mengandung gas CO dan / atau gas NO₂ tersebut. Salah satu sensor kombinasi gas CO dan NO₂ yaitu sensor gas MiCS-4514. Berdasarkan metode pendeteksian gas MiCS-4514 masuk ke subfamili sensor MOS yang ada pada kelompok metode berdasarkan variasi sifat listrik[9]. Dapat dilihat secara fisik sensor MiCS-4514 pada Gambar 2[10] dan Gambar 3. *Inside View* Sensor MiCS-4514 [10].

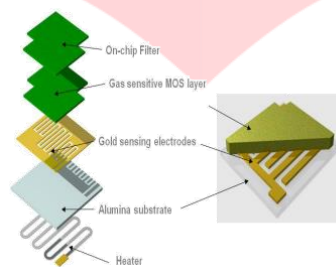


Gambar 2. Fisik Sensor MiCS-4514



Gambar 3. Inside View Sensor MiCS-4514

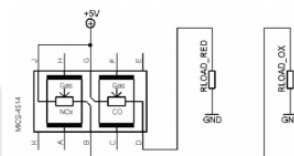
Struktur sensor MiCS-4514 terdiri dari diafragma mikro yang ditunjukkan pada Gambar II-7 di atas, dengan resistor *heating* yang tertanam dan lapisan pengindera di bagian atas. Penjelasan lebih lanjut bisa dilihat dari Gambar 4 [11] berikut.



Gambar 4. Struktur Lapisan Sensor MOS

MOS adalah jenis material yang merupakan kategori sensor gas yang terbuat dari elektroda platina (Pt) sebagai *heater*. Struktur lapisan sensor yaitu, *on-chip filter*, adalah lapisan teratas yang ada pada sensor untuk menjaga sensor dari debu dan bahan-bahan yang dapat mengganggu kinerja sensor, ditunjukkan pada Gambar II-6 dan *gas sensitive MOS layer*, adalah lapisan kedua dari sensor untuk mendeteksi kepekatan gas yang ada di udara. Lapisan ini biasanya terbuat dari bahan SnI₂, CeO₂, dan TiO₂[5]. Namun, bahan yang paling sensitif untuk mendeteksi gas CO dan NO₂ adalah SnI₂[12]. MiCS-4514 salah satu sensor yang memanfaatkan bahan SnI₂ untuk menjadi bahan pada lapisan keduanya.

Sensor membutuhkan rangkaian perhitungan yang berguna untuk mendapatkan nilai *V_{out}* yang melewati *load resistor* yang dihubungkan secara seri dengan sensor. Berikut rangkaian perhitungan sensor.



Gambar 5. Struktur Lapisan Sensor MOS [10]

DC *voltage* dibutuhkan sebagai *power supply* karena, sensor memiliki sebuah polaritas. Rangkaian sumber catu daya bisa dijadikan untuk kedua *V_s* (*V Supply*) dan *V_h* agar memenuhi persyaratan elektronika sensor ini. Hasil dari *load resistor* harus dipilih untuk mengoptimalkan hasil *threshold*. *Power consumption* akan lebih tinggi ketika hasil dari *R_s = R_L* pada pembacaan untuk gas. Berikut adalah rumus perhitungan untuk *P_s* dan *R_s*:

$$P_s = \frac{(V_C - V_{out})^2}{R_s} \tag{1}$$

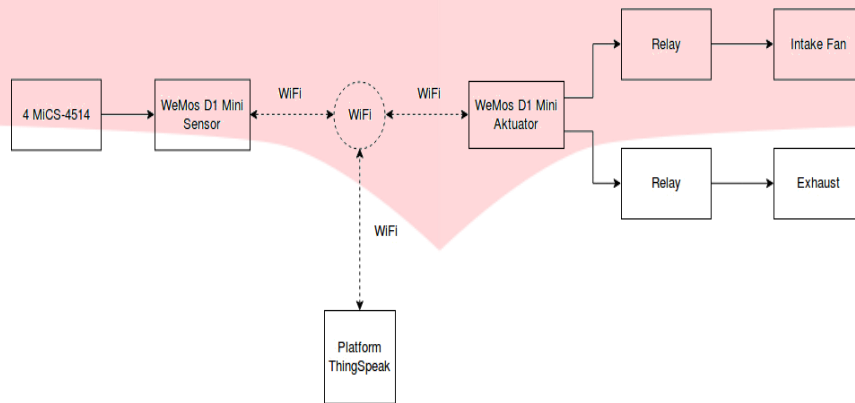
$$R_s = \frac{V_C \times R_L}{V_{out}} - R_L \tag{2}$$

Nilai yang dihasilkan dari pembacaan sensor MiCS-4514 adalah nilai analog, sedangkan, nilai analog ini harus dirubah ke nilai PPM. Perubahan nilai PPM sesuai dengan perubahan nilai resistansi sensor saat udara tidak bersih (*R_s*) banding resistansi sensor saat udara bersih (*R_o*) pada masing-masing gas.

3. Perancangan Sistem

3.1. Rancangan Umum Sistem

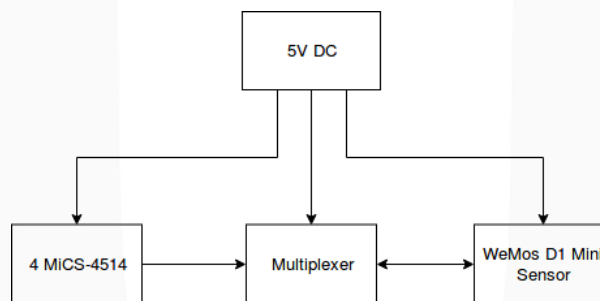
Sistem pemonitor dan pengontrol kualitas udara pada *basement* ini adalah sistem yang dirancang untuk memonitor kadar gas CO dan NO₂ agar tidak melebihi baku mutu gas di Bandung, yaitu, maksimum kadar gas CO = 35 PPM dan NO₂ = 1 PPM. Informasi kedua kadar gas tersebut dijadikan keluaran berupa *set point* pembacaan hasil sensor MiCS-4514 yang dihubungkan ke WeMos Sensor sebagai mikrokontrolernya. Kemudian, hasil pembacaan tersebut digunakan untuk masukan sistem kontrol otomatis *intake fan* dan *exhaust fan* yang dihubungkan ke WeMos Aktuator sebagai mikrokontrolernya dan masukan data ke ThingSpeak™ agar dapat dilihat secara visual berupa grafik. WeMos Sensor dan WeMos Aktuator saling berkomunikasi melalui WiFi *Local* yang telah di *setting* oleh operator. Berikut konsep perancangan sistem ditunjukkan pada Gambar 6:



Gambar 6. Konsep Perancangan Sistem

3.2. Konsep Sistem pada WeMos Sensor

Diagram blok untuk sistem pada WeMos Sensor akan dijelaskan pada Gambar 7 sebagai berikut:

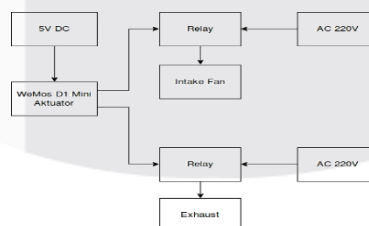


Gambar 7. Sistem pada WeMos Sensor

Berdasarkan diagram blok di atas, catu daya untuk WeMos Sensor, 4 Sensor MiCS-4514 dan Multiplexer adalah 5V DC. Fungsi dari multiplexer adalah untuk membantu WeMos Sensor membaca hasil 4 sensor MiCS-4514 karena, WeMos Sensor hanya memiliki satu analog sedangkan, dibutuhkan delapan analog.

3.3. Konsep Sistem pada WeMos Aktuator

Diagram blok untuk sistem pada WeMos aktuator akan dijelaskan pada Gambar III-3. Sebagai berikut:

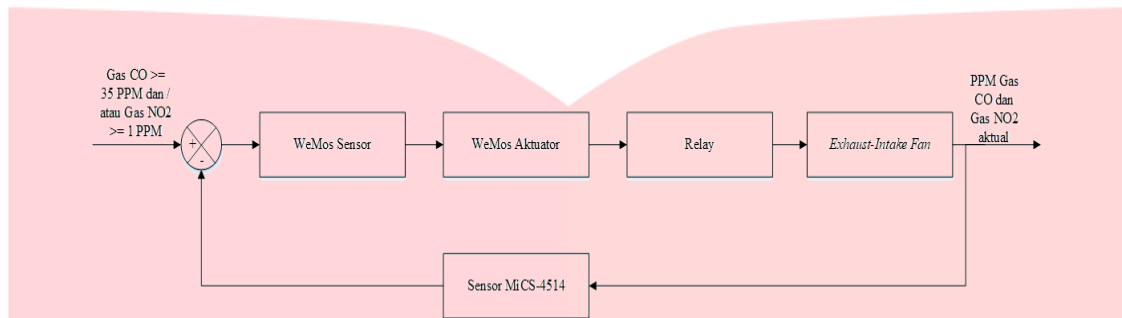


Gambar 8. Sistem pada WeMos Aktuator

Berdasarkan diagram blok di atas, catu daya untuk WeMos aktuator adalah 5 V DC. Tegangan AC 220 V disambungkan ke relay untuk menjalankan *intake-exhaust fan* ketika diberi logika 0 karena relay di set *active low*.

3.4. Diagram Blok Sistem Kendali

Diagram blok untuk sistem pengontrol kualitas udara pada *basement* adalah sebagai berikut:

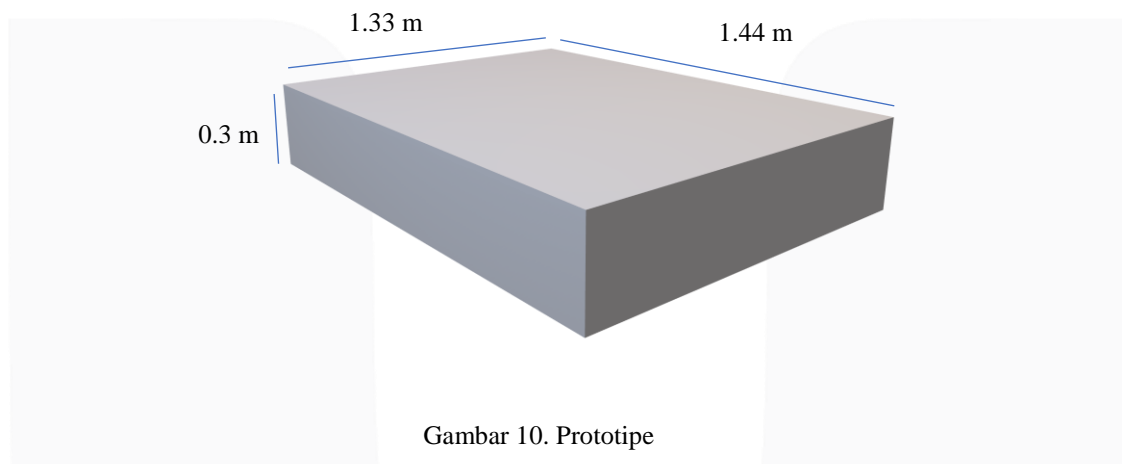


Gambar 9. Diagram Blok *Loop* Tertutup Sistem

Intake dan *exhaust fan* akan digerakan oleh relay melalui komando dari WeMos aktuator dengan kondisi apabila kadar gas CO \geq 35 PPM dan atau hasil pembacaan kadar gas NO₂ \geq 3 PPM dari WeMos sensor. Sistem pemonitor dikomando oleh WeMos sensor untuk mengirim data kadar gas CO dan NO₂ ke ThingSpeak™.

3.5. Perancangan Perangkat Keras

Berikut prototipe sistem pemonitor dan pengontrol kualitas udara yang digunakan untuk tugas akhir ini :



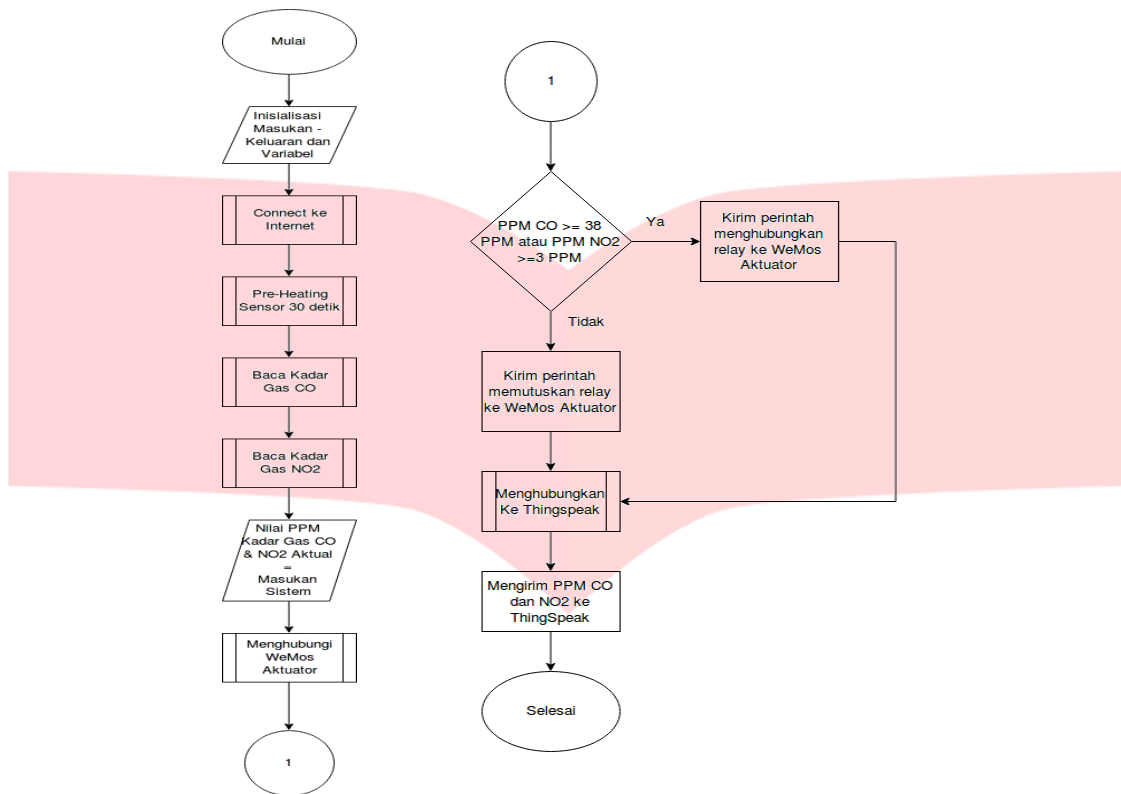
Gambar 10. Prototipe

Untuk merealisasikan sistem pemonitor dan pengontrol kualitas udara pada *basement*, dibutuhkan komponen-komponen untuk mempermudah pembuatan sistem ini agar sesuai spesifikasi yang diinginkan. Berikut komponen-komponen yang dibutuhkan:

- 2 WeMos D1 Mini
- 4 Sensor MiCS-4514
- Multiplexer HC067
- Platform ThingSpeak™
- Exhaust-Intake fan
- 2 Relay

3.6 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak sistem pemonitor dan pengontrol kualitas udara pada *basement* menggunakan bahasa pemrograman Arduino. Untuk memudahkan dalam pembuatan *source code* maka, dibutuhkan diagram alir sistem pemonitor dan pengontrol kualitas udara pada *basement* secara umum yang ditunjukkan pada Gambar 11 di bawah ini



Gambar 11. Algoritma Sistem

Algoritma sistem dari sistem *mobile robot* dapat dilihat pada Gambar. 11 langkah dari setiap blok tersebut dijelaskan sebagai berikut:

- Inisialisasi: Ketika sistem ini dimulai, maka sistem ini akan mendefinisikan pin-pin yang digunakan, mengaktifkan informasi bilangan yang dibutuhkan untuk masukan-keluaran sistem.
- Koneksi ke jaringan internet: proses ini harus dijalankan sebelum lanjut ke proses selanjutnya, karena sistem ini menggunakan jaringan internet agar sistem ini berjalan dengan baik. Dilanjut ke proses pre-heating, proses ini ditujukan untuk sensor agar ada sistem pemanasan selama 30 detik[].
- Pembacaan kadar gas CO dan NO₂: Hasil dari pembacaan sensor MiCS-4514 berupa nilai analog yang akan dirubah ke nilai kadar gas dalam satuan PPM di dalam proses ini, pembacaan secara bergantian, pertama CO dan kedua NO₂.
- Koneksi ke WeMos aktuator: Proses ini dijalankan antara WeMos sensor dan WeMos aktuator agar saling berkomunikasi untuk menentukan kapan aktuator harus menyala atau mati sesuai dengan kondisi kadar gas aktual dibandingkan dengan *set point* yang telah ditentukan.
- Koneksi dengan ThingSpeak™: Proses ini adalah proses untuk mengirim data aktual sensor ke ThingSpeak™ dalam bentuk grafik *gas concentration* (PPM) terhadap waktu.

4. Hasil Pengujian dan Analisis

Pengujian sistem pemonitor dan pengontrol kualitas udara pada *basement* dilakukan di *basement 2* Braga City Walk untuk sistem pemonitor dan pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan pada prototipe dengan sumber asap empat kendaraan yang berbeda dinyalakan selama 5 menit asumsi dalam keadaan pengujung hendak parkir dan antri keluar *basement* dengan kecepatan 1000 Rpm. Berikut hasil pengujian dan analisisnya.

Tabel 1. Kadar Gas Keempat Sensor MiCS-4514 terhadap Gas CO

5 Menit Ke-	Tanggal Waktu	Jumlah Kendaraan Roda Dua*	Jumlah Kendaraan Roda Empat**	Jumlah Kendaraan Roda Empat***	Kadar Gas CO pada Sensor Ke-1	Kadar Gas CO pada Sensor Ke-2	Kadar Gas CO pada Sensor Ke-3	Kadar Gas CO pada Sensor Ke-4
1	11:36	7	2	0	6.04	9.53	9.32	22.9
2	11:41	4	3	0	6.75	11.28	11.03	24.95
3	11:46	6	2	0	7.37	12.72	11.04	28.89
4	11:51	10	5	0	7.33	12.6	11.92	29.22
5	11:56	5	3	0	6.97	11.67	11.59	28.23
6	12:01	9	5	0	6.37	9.06	11.6	25.25
7	12:06	5	3	0	0.03	0.69	4.2	7.54
8	12:11	7	5	0	0.07	0.67	4.13	8.24
9	12:16	5	4	0	0.07	0.67	4.13	11.69
10	12:21	9	4	0	0.07	0.69	5.06	10.88
11	12:26	10	4	0	5.65	4.86	9.37	24.95
12	12:31	6	3	0	4.61	3.77	6.34	25.71
13	12:36	6	1	0	0.05	0.03	8.93	23.04
14	12:41	8	2	0	9.8	17.68	13.63	36.95
15	12:46	3	1	0	18.62	32.38	14.66	40.99
16	12:51	4	2	0	17.67	21.6	13.92	45.58
17	12:56	3	1	0	21.25	36.84	24.97	68.98
Rata-Rata Jumlah Kendaraan Bermotor		6	3	2				

*yang masuk ke basement 2 Braga City Walk selama 5 menit. ** yang masuk ke basement 2 Braga City Walk selama 3 menit. *** yang masuk ke basement 2 Braga City Walk selama 1 menit. **** yang masuk ke basement 2 Braga City Walk selama 5 menit. ***** yang masuk ke basement 2 Braga City Walk selama 10 menit.

Tabel 2. Kadar Gas Keempat Sensor MiCS-4514 terhadap Gas NO₂

5 Menit Ke-	Tanggal Waktu	Jumlah Kendaraan Roda Dua*	Jumlah Kendaraan Roda Empat**	Jumlah Kendaraan Roda Empat***	Kadar Gas NO ₂ pada Sensor Ke-1	Kadar Gas NO ₂ pada Sensor Ke-2	Kadar Gas NO ₂ pada Sensor Ke-3	Kadar Gas NO ₂ pada Sensor Ke-4
1	11:36	7	2	0	285.35	0.16	0.16	0.16
2	11:41	4	3	0	285.35	0.16	0.16	0.16
3	11:46	6	2	0	285.35	0.16	0.16	0.16
4	11:51	10	5	0	285.35	0.16	0.16	0.16
5	11:56	5	3	0	302.25	0.16	0.16	0.16
6	12:01	9	5	0	285.35	0.16	0.16	0.16
7	12:06	5	3	0	302.25	0.35	0.16	0.44
8	12:11	7	5	0	285.35	0.35	0.27	0.44
9	12:16	5	4	0	285.35	0.67	0.16	0.16
10	12:21	9	4	0	302.25	0.16	0.16	0.16
11	12:26	10	4	0	285.35	0.23	0.23	0.23
12	12:31	6	3	0	285.35	0.16	0.48	0.48
13	12:36	6	1	0	285.35	0.16	0.48	0.48
14	12:41	8	2	0	285.35	0.16	0.48	0.48
15	12:46	3	1	0	285.35	0.16	0.44	0.53
16	12:51	4	2	0	285.35	0.16	0.68	0.68
17	12:56	3	1	0	302.25	0.16	0.8	0.8
Rata-Rata Jumlah Kendaraan Bermotor		6	3	2				

*yang masuk ke basement 2 Braga City Walk selama 5 menit. ** yang masuk ke basement 2 Braga City Walk selama 3 menit. *** yang masuk ke basement 2 Braga City Walk selama 1 menit. **** yang masuk ke basement 2 Braga City Walk selama 5 menit. ***** yang masuk ke basement 2 Braga City Walk selama 10 menit.

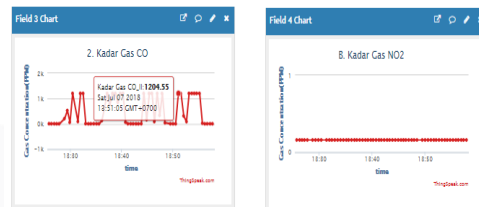
Tabel 3. Waktu *Exhaust-Intake Fan* Kembalikan Udara Normal

Motor Nyala (hh:mm:ss)	Motor Mati (hh:mm:ss)	Rata-Rata Kadar		Exhaust-Intake Fan Nyala (hh:mm:ss)	Exhaust-Intake Fan Mati (hh:mm:ss)	Rata-Rata Kadar	
		CO	NO ₂			CO	NO ₂
12:46:00	12:51:00	2300.78	0.16	12:47:26	12:52:04	5.7625	0.16
12:53:00	12:58:00	2605.78	0.16	12:56:38	12:59:08	5.36	0.16
13:00:00	13:05:00	2605.78	0.16	13:01:25	13:06:06	5.72	0.16
13:07:00	13:12:00	1387.93	0.16	13:07:38	13:12:48	16.765	0.16
13:13:00	13:18:00	1942.29	0.16	13:13:49	13:18:59	5.62	0.16
13:20:00	13:25:00	714.485	0.16	13:20:33	13:25:48	8.85	0.16
13:27:00	13:32:00	1386.51	0.16	13:27:49	13:32:58	8.985	0.16
13:35:00	13:40:00	1385.98	0.16	13:35:37	13:41:16	5.422	0.16
13:43:00	13:48:00	1895.76	0.16	13:43:50	13:49:30	5.26	0.16
13:50:00	13:55:00	1386.17	0.16	13:50:33	13:55:47	29.072	0.16

Tabel 1 dan 2 adalah hasil pembacaan sensor di *basement* menunjukkan perubahan kadar gas CO dan NO₂ yang bergantung pada jumlah kendaraan dan bahan bakar kendaraan.

Tabel 3 pengujian sistem kontrol *exhaust* dan *intake fan* pada prototipe sumber asap honda accord tahun 1990 mesin karburator. Pengaruh sistem kontrol terhadap rata-rata waktu yaitu, Honda Accord tahun 1990 mesin karburator mencapai 293,6 detik, dengan total durasi percobaan selama 50 menit dan mengalami nyala matinya *fan* sebanyak 10 kali dengan rata-rata kadar gas CO tidak aman adalah 1761.142 PPM menjadi rata-rata kadar gas CO aman adalah 9.86165 PPM dan rata-rata kadar gas NO₂ aman adalah 0.16 PPM.

Untuk grafik yang dimunculkan di ThingSpeak™ akan ditunjukkan pada Gambar 12. berikut.



Gambar 12. Tampilan Sistem Monitor

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Setelah membuat perancangan sistem dan melakukan pengujian serta analisis dari sistem pemonitor dan pengontrol kualitas udara pada *basement*, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Sensor MiCS-4514 dapat dioperasikan di *basement 2* Braga City Walk, dengan pembacaan yang cukup sesuai karena dilihat dari perbandingan jumlah kendaraan bermotor roda 2, roda 4 bahan bakar bensin, dan roda 4 bahan bakar solar.
2. Penerapan sistem kontrol pada prototipe *basement* mampu mengontrol kadar gas CO dan NO₂ agar kembali ke kondisi aman dengan uji coba dari empat kendaraan yang berbeda dengan rata-rata waktu kembali ke kondisi aman paling cepat 36.13333 detik mampu merubah rata-rata kadar gas CO 526.0125 PPM menjadi 11.11007 PPM dan paling lama 293.6 detik mampu merubah rata-rata kadar gas CO 1761.142 PPM menjadi 9.68165 PPM.
3. Penerapan sistem monitor mampu memonitor kadar gas CO dan NO₂ secara *real time* dalam bentuk grafik besaran kadar gas terhadap waktu.

5.2. Saran

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, Tugas Akhir ini masih memiliki beberapa kekurangan. Tentunya dengan memperbaiki kekurangan tersebut dapat mengembangkan alat yang sudah dibuat. Berikut beberapa saran penulis, yang dapat dikembangkan di penelitian berikutnya:

1. Sebelum menjalankan seluruh sistem, langkah pertama adalah menangani sensor MiCS-4514 dengan baik. Dan harus dihindari dari temperature solder yang terlalu panas dan terlalu lama, juga dari debu dan kotoran dan perhatikan proses perhitungan untuk merubah ke dalam satuan PPM.
2. Lakukan prosedur pengukuran sebelum menjalankan sensor MiCS-4514.
3. Untuk pengerjaan penelitian selanjutnya, alangkah lebih baik apabila dikembangkan ke *wireless sensor network*, bisa menggunakan selain WiFi *Local*, dan bisa diterapkan di *basement* langsung.
4. Perhatikan pemilihan *exhaust-intake fan* pada prototipe *basement*.

Daftar Pustaka

- [1] Gabriel Andari Kristanto, Jachrizal Sumabrata dan Siti Kurnia Astuti, "Analisis Kualitas Udara di Ruang Parkir Bawah Tanah dan Pengaruhnya terhadap Pengguna," *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, ISSN: 2085-1227, vol. 5, pp. 117-126, 2013.
- [2] P. P. D. Jakarta, Sistem Pengkodisian Udara dan Ventilasi, DKI Jakarta: Pemerintah Provinsi DKI Jakarta, 2012.
- [3] Ramdan Satra dan Abdul Rachman, "Pengembangan Sistem Monitoring Pencemaran Udara Berbasis Protokol Zigbee dengan Sensor CO," *Jurnal Ilmiah ILKOM*, vol. 8, 2016.
- [4] P. G. D. J. N. 52, Pedoman Pengendalian Kualitas Udara Dalam Ruangan, DKI Jakarta: GUBERNUR PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA, 2006.
- [5] P. J. Barat, Peraturan Walikota Bandung Nomor 1023 tentang Bangunan Gedung Hijau, Jawa Barat: Walikota Bandung, 2016.
- [6] Gunadarma, "Emisi Gas Buang yang Berbahan Bakar Bensin," *gunadarma*.
- [7] S. SENSORTECH, "Data Sheet MiCS-5524," dalam *Data Sheet MiCS-5524*, Switzerland, SGX Sensortech, rev 8, pp. 1-5.
- [8] e2v, "Data Sheet MiCS-2714," dalam *Data Sheet MiCS-2714*, UK, e2v, 2007, pp. 1-3.
- [9] Xiao Liu 1, Sitian Cheng, Hong Liu, Sha Hu, Daqiang Zhang and Huansheng Ning, "A Survey on Gas Sensing Technology," *www.mdpi.com/journal/sensors*, ISSN : 1424-8220, p. 9637, 2012.
- [10] S. S. TECH, "Data Sheet MiCS-4514," dalam *Data Sheet MiCS-4514*, Switzerland, SGX Sensortech, pp. 1-5.
- [11] George F. Fine, Leon M. Cavanagh, Ayo Afonja and Russell Binions, "Metal Oxide Semi-Conductor Gas Sensors in Environmental," *www.mdpi.com/journal/sensors*, ISSN 1424-8220, vol. 10, p. 5475, 2010.
- [12] Chengxiang Wang, Longwei Yin, Luyuan Zhang, Dong Xiang and Rui Gao, "Metal Oxide Gas Sensors: Sensitivity and Influencing Factors," *www.mdpi.com/journal/sensors*, ISSN: 1424-8220, p. 2091, 2010.
- [13] S. SENSORTECH, "SGX Metal Oxide Gas Sensors (How to Use Them and How They Perform)," dalam *SGX Metal Oxide Gas Sensors (How to Use Them and How They Perform)*, England, SGX SENSORTECH, 2014, p. 3.
- [14] wikipedia, "https://en.wikipedia.org/wiki/Air_changes_per_hour," [Online].