

STUDI PENGARUH PEMASANGAN VENTILASI MEKANIK TERHADAP KADAR CO₂ DALAM RUANGAN YANG MENGUNAKAN AC *SPLIT*

STUDY OF INSTALLATION OF MECHANICAL VENTILATION EFFECT ON CO₂ IN THE ROOM USING AC SPLIT

Jovika Alitsha Hsb¹, Tri Ayodha Ajiwiguna, S.T., M.Eng.², M. Saladin Prawirasasra. S. T., M. T.³

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

¹jovikahasibuan@student.telkomuniversity.ac.id, ²triayodha@telkomuniversity.ac.id,
³prawirasasra.bibin@gmail.com

Abstrak

Sistem ventilasi merupakan salah satu faktor penting dalam sebuah bangunan atau ruangan demi menciptakan kenyamanan ruang dari segi fisika (temperatur, kelembapan, dan sirkulasi udara) bagi penggunanya. Ruang kelas atau ruang rapat merupakan contoh ruangan yang digunakan oleh banyak orang dalam waktu yang sama. Banyaknya pengguna di dalam ruangan tersebut dapat meningkatkan kadar karbondioksida (CO₂) di dalam ruangan tersebut. Ruang kelas atau ruang rapat yang menggunakan *air conditioner* (AC) memiliki kemungkinan yang lebih tinggi untuk terjadinya penularan penyakit karena pintu dan jendela yang ditutup untuk menjaga kestabilan temperatur di dalam ruangan. Pada penelitian ini dirancang sebuah konfigurasi sistem untuk mengukur kadar gas karbondioksida (CO₂) di dalam ruangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemasangan *ventilating fan* dan *exhaust fan* di dalam sebuah ruangan terhadap penurunan kadar gas karbondioksida (CO₂) di dalam ruangan. Pada penelitian ini menggunakan sensor gas karbondioksida (CO₂) MQ-135 dan tabung gas karbondioksida (CO₂) sebagai pengganti gas karbondioksida (CO₂) yang diemisikan oleh pengguna ruangan. Pengambilan data dilakukan dengan membuat empat kondisi antara *ventilating fan* dan *exhaust fan* dan selanjutnya akan dibandingkan penurunan kadar gas karbondioksida (CO₂) yang efektif di antara empat kondisi *fan* tersebut.

Kata kunci : kenyamanan ruang, *ventilating fan*, *exhaust fan*, sensor MQ-135, gas karbondioksida (CO₂)

Abstract

The ventilation system is one of the important factors in a building or room to create a comfortable space in terms of physics (temperature, humidity, and air circulation) for its users. Classrooms or meeting rooms are examples of rooms used by many people at the same time. The number of users in the room can increase the levels of carbon dioxide (CO₂) in the room. Classrooms or meeting rooms that use air conditioner (AC) have a higher possibility for disease transmission because doors and windows are closed to maintain temperature stability in the room. In this study a system configuration was designed to measure the levels of carbon dioxide (CO₂) gas in the room. This study aims to determine the effect of installation of ventilating fans and exhaust fans in a room on decreasing levels of carbon dioxide (CO₂) in the room. In this study using a carbon dioxide sensor (CO₂) MQ-135 and a tube of carbon dioxide gas (CO₂) as a substitute for carbon dioxide gas (CO₂) emitted by users of the room. Data retrieval was performed by making four conditions between the ventilating fan and exhaust fan and then will be compared to decreased levels of carbon dioxide (CO₂) which is effective between the four conditions of the fan.

Keywords : *comfortable space*, *ventilating fan*, *exhaust fan*, *MQ-135 sensor*, carbon dioxide gas (CO₂)

1. Pendahuluan

Sistem ventilasi merupakan salah satu faktor penting dalam sebuah bangunan atau ruangan demi menciptakan kenyamanan ruang dari segi fisika (temperatur, kelembapan, dan sirkulasi udara) bagi penggunanya. Ketika faktor-faktor kenyamanan ruang dari segi fisik pada sebuah ruang sudah terpenuhi, maka akan tercipta sebuah suasana lingkungan ruang yang nyaman dan dapat meningkatkan kinerja dari pengguna ruangan tersebut [1].

Ruang kelas atau ruang rapat merupakan contoh ruangan yang digunakan oleh banyak orang dalam waktu yang sama. Banyaknya pengguna di dalam ruangan tersebut dapat meningkatkan kadar gas karbondioksida

(CO₂) serta dapat meningkatkan kemungkinan penyebaran penyakit di dalam ruang tersebut. Ruang yang menggunakan *air conditioner* (AC) memiliki kemungkinan yang lebih tinggi untuk terjadinya penularan penyakit karena pintu dan jendela yang ditutup untuk menjaga kestabilan temperatur di dalam ruangan.

Exhaust fan digunakan untuk membuang udara yang berada di dalam sebuah ruangan ke lingkungan luar ruangan atau bangunan, *ventilating fan* berfungsi sebagai pemasok udara segar untuk sebuah ruangan. Ketika *ventilating fan* berfungsi untuk menghisap udara dari lingkungan ke dalam ruangan, *exhaust fan* beroperasi untuk membuang udara dari dalam ruangan dengan tujuan untuk mengurangi kadar gas karbondioksida (CO₂) di dalam ruangan.

Berdasarkan penelitian sebelumnya telah dilakukan penelitian mengenai pengaruh sudut bukaan ventilasi alami terhadap kadar gas karbondioksida (CO₂) pada ruang kelas [2]. maka dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh penurunan kadar gas karbondioksida (CO₂) dengan rentang waktu 1 jam pada sebuah ruangan dengan menggunakan *ventilating fan* dan *exhaust fan* berukuran 12 cm dan empat kondisi *fan* yang berbeda terhadap ruangan dimana *fan 1* adalah *ventilating fan* dan *fan 2* adalah *exhaust fan*, yaitu saat *fan 1* bekerja dan *fan 2* tidak bekerja, *fan 1* tidak bekerja dan *fan 2* bekerja, *fan 1* dan *fan 2* bekerja dan *fan 1* dan *fan 2* tidak bekerja. Pada penelitian ini, hal yang dianalisis adalah pengaruh pemasangan ventilasi mekanik terhadap penurunan kadar gas karbondioksida (CO₂) di dalam ruangan.

Dasar Teori

2.1 Indoor Air Quality (IAQ) pada Ruang Menggunakan AC

Indoor Air Quality (IAQ) atau kualitas udara dalam ruangan merupakan kualitas udara yang berada di dalam dan sekitar ruangan. IAQ secara khusus berkaitan dengan kesehatan dan kenyamanan dari pengguna bangunan dan ruangan [2].

Kualitas IAQ suatu ruangan dapat di klasifikasikan sebagai nyaman apabila memiliki kadar gas karbondioksida (CO₂) sekitar 600 ppm dan memiliki batas maksimal sekitar 1000 ppm yang di tetapkan oleh *ASHRAE Standard* dimana bila suatu ruangan memiliki kadar gas karbondioksida (CO₂) melebihi 1000 ppm akan membahayakan bagi kesehatan pengguna ruangan tersebut.

Untuk meningkatkan kualitas IAQ pada sebuah ruangan dapat dilakukan dengan mengoptimasi ventilasi di dalam ruangan dengan tujuan menambah suplai pergantian udara pada ruangan.

2.1.1 Dampak IAQ yang Buruk Bagi Kesehatan

Dampak terhadap kesehatan dalam jangka pendek terhadap pengguna ruangan seperti mengalami gejala iritasi pada mata, hidung dan tenggorokan, sakit kepala dan perasaan kelelahan yang diakibatkan keracunan karbondioksida (CO₂). Efek jangka panjang yang dapat dialami oleh pengguna seperti penyakit pernapasan, penyakit jantung dan kanker. Efek jangka panjang dapat terjadi ketika pengguna telah berada di dalam ruangan dalam waktu yang cukup lama atau berulang kali telah berada di dalam ruangan dalam waktu yang cukup lama [2].

2.1.2 IAQ (Indoor Air Quality) pada Ruang Air Conditioner

Air Conditioning berfungsi untuk menurunkan temperatur di dalam ruangan atau menjaga temperatur ruangan pada temperatur tertentu. Saat AC sedang beroperasi pada ruangan berventilasi alami, sering kali pintu dan jendela akan ditutup untuk menjaga temperatur ruangan tetap stabil, namun membuat tidak adanya pertukaran udara di dalam ruangan.

Penggunaan AC berhubungan dengan berkurangnya pertukaran udara di dalam ruangan yang membuat polutan yang berada di dalam ruangan terperangkap di dalam ruangan. Pengurangan pertukaran udara berkemungkinan akan meningkatkan konsentrasi polutan yang dihasilkan oleh reaksi kimia antara udara dan material di dalam ruangan [4]. Dampak terhadap kesehatan dalam jangka pendek terhadap pengguna ruangan seperti mengalami gejala sakit kepala, iritasi mata, hidung, tenggorokan, batuk, kulit kering, mual, dan merasa kelelahan [5]. Efek jangka panjang yang dapat dialami oleh pengguna seperti penyakit pernapasan, penyakit jantung dan kanker. Efek jangka panjang dapat terjadi ketika pengguna telah berada di dalam ruangan dalam waktu yang cukup lama atau berulang kali telah berada di dalam ruangan dalam waktu yang cukup lama [2].

2.2 Fan

Fan merupakan alat yang digerakkan oleh motor untuk menggerakkan fluida yang berada di sekitarnya. *Fan* memiliki beberapa fungsi seperti mendinginkan lingkungan di sekitarnya, mengalirkan fluida, penyedot debu, dan pengering. Pada penelitian ini, ada dua jenis *fan* yang digunakan, yaitu *ventilating fan* dan *Exhaust fan* yang dibedakan berdasarkan arah putaran *fan* tersebut.

2.2.1 Ventilating Fan

Ventilating fan merupakan *fan* yang dipasang di dinding yang sudah diberi lubang. *Ventilating fan* berfungsi untuk memasok udara ke suatu ruangan dengan menyedot udara dari luar ruangan dan mengalirkannya ke dalam ruangan.

2.2.2 Exhaust Fan

Exhaust fan merupakan *fan* yang di pasang di dinding yang sudah diberi lubang. *Exhaust fan* berfungsi untuk membuang udara dari suatu ruangan ke lingkungan

2.3 Oksigen (O₂) dan Karbondioksida (CO₂)

Sistem pernapasan manusia dimulai dengan oksigen yang dihirup oleh paru-paru dan terjadi pertukaran antara oksigen (O₂) dan karbondioksida (CO₂) di dalam paru-paru, selanjutnya paru-paru menghembuskan karbondioksida (CO₂) keluar dari tubuh manusia.

Di dalam sebuah ruangan yang di huni oleh banyak orang, oksigen (O₂) akan berada di bagian atas ruangan dan karbondioksida (CO₂) akan berada di bagian bawah ruangan. Hal ini dikarenakan oksigen (O₂) memiliki berat molekul yang lebih ringan dibandingkan dengan karbondioksida (CO₂) dimana berat molekul oksigen (O₂) adalah 32,00 g/mol dan berat molekul karbondioksida (CO₂) adalah 44,01 g/mol.

2.4 Sensor

Sensor adalah sebuah alat ukur yang bekerja untuk mendeteksi adanya perubahan lingkungan baik dari segi fisika atau kimia [11]. Sensor bekerja dengan mendeteksi adanya perubahan-perubahan yang berasal dari energi fisika, energi kimia, energi listrik dan lainnya yang selanjutnya besaran energi yang terima akan ditransformasikan menjadi besaran energi lainnya oleh transduser. Transduser memiliki *output* berupa sinyal listrik agar *output* dari transduser dapat langsung dibaca oleh pengamat dan diketahui nilai besaran dari energi yang sedang diamati.

2.4.1 Sensor MQ-135

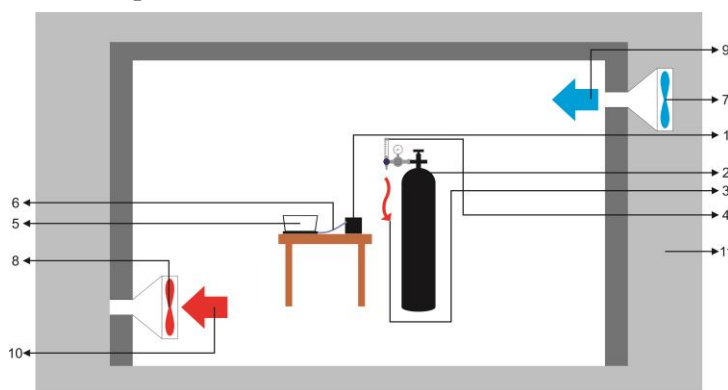
Sensor MQ-135 adalah sensor yang digunakan untuk penentuan kualitas udara. Sensor MQ-135 dapat mendeteksi berbagai macam gas yang terdapat di dalam sebuah ruangan seperti NH₃, NO_x, alkohol, bensol, asap, dan karbondioksida (CO₂). Sensor MQ-135 ideal digunakan untuk penentuan kualitas udara di dalam sebuah ruangan kantor dan pabrik[12]. Sensor MQ-135 memiliki *output* berupa sinyal analog dan selanjutnya sinyal analog dapat dibaca melalui *input* analog dari arduino uno.

Sensor gas karbondioksida (CO₂) MQ-135 bekerja dengan mendeteksi kandungan gas-gas sasaran dari sensor tersebut dimana saat gas-gas sasaran tersebut mengenai material sensitif SnO₂ akan meningkatkan nilai hambatannya. Berdasarkan gambar 2.4 dimana *output* pada sensor adalah RL akan meningkat seiring dengan semakin banyaknya material sensitif SnO₂ terpapar oleh gas-gas sasaran dari sensor.

3. Pembahasan

Metode penelitian ini meliputi pembuatan alat, pemasangan alat dan pengambilan data. Metodologi penelitian yang akan dilakukan dengan metode eksperimen. Data yang akan diambil adalah kadar karbondioksida (CO₂) di dalam ruangan saat *fan* bekerja dalam 4 kondisi yaitu, *fan* 1 bekerja dan *fan* 2 tidak bekerja, *fan* 1 tidak bekerja dan *fan* 2 bekerja, *fan* 1 dan *fan* 2 bekerja dan *fan* 1 dan *fan* 2 tidak bekerja. Peralatan penelitian yang digunakan adalah *ventilating fan*, *exhaust fan*, sensor gas karbondioksida (CO₂) MQ-135 dan tabung gas karbondioksida (CO₂) yang akan menjadi sumber gas karbondioksida (CO₂) pada penelitian ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemasangan ventilasi mekanik terhadap tingkat kenyamanan ruangan berdasarkan aspek kadar karbondioksida (CO₂) di dalam sebuah ruangan.

3.1 Deskripsi Alat



Gambar 3.1 Konfigurasi Sensor CO₂ MQ-135 dan *fan* dengan Ruangan

Keterangan :

1. Sensor gas karbondioksida (CO₂) MQ-135
2. Sumber gas karbondioksida
3. Gas karbondioksida (CO₂)
4. Regulator tabung gas karbondioksida (CO₂)
5. Laptop/data logger
6. Arduino UNO
7. *Ventilating fan*
8. *Exhaust fan*
9. Udara segar masuk
10. Udara *exhaust* keluar
11. Udara lingkungan

3.2 Skema Pengukuran Data

Pada tahap pertama proses pengukuran data, sensor gas karbondioksida (CO₂) MQ-135 digunakan untuk mengukur kadar karbondioksida (CO₂) di dalam ruangan sebelum ruangan digunakan dengan *ventilating fan* dan *exhaust fan* masih dalam keadaan belum bekerja.

Pada tahap pengukuran selanjutnya, tabung gas karbondioksida (CO₂) yang pada penelitian ini sebagai pengganti pengguna ruangan akan mengeluarkan gas karbondioksida (CO₂) secara berkala dengan jumlah karbondioksida (CO₂) yang sama dengan yang dihasilkan oleh sejumlah pengguna ruangan dalam interval waktu tertentu. Keluaran gas karbondioksida (CO₂) dari tabung gas tersebut akan dikontrol keluarannya dengan menggunakan regulator agar mendapatkan keluaran gas karbondioksida (CO₂) sesuai dengan jumlah pengguna ruangan.

Tingkatan Aktivitas	Respirasi per Orang (m ³ /jam)	Emisi Gas Karbondioksida (CO ₂) per Orang (m ³ /jam)
Tidur	0.3	0.013
Beristirahat atau aktivitas rendah	0.5	0.02
Aktivitas menengah	2 - 3	0.08 - 0.13
Aktivitas tinggi	7 - 8	0.33 - 0.38

Saat tabung telah mengeluarkan gas karbondioksida (CO₂), sensor gas karbondioksida (CO₂) akan digunakan untuk mengukur kadar gas karbondioksida (CO₂) pada empat kondisi *fan*, yaitu saat *fan* 1 bekerja dan *fan* 2 tidak bekerja, *fan* 1 tidak bekerja dan *fan* 2 bekerja, *fan* 1 dan *fan* 2 bekerja dan *fan* 1 dan *fan* 2 tidak bekerja dengan waktu pengukuran pada setiap kondisi *fan* selama satu jam.

4. Hasil dan Analisis

Pada penelitian ini, Pengambilan data dilakukan dengan empat kondisi *fan* pada ruangan P221 Gedung Deli Universitas Telkom yang dilengkapi dengan *Air Conditioner* (AC) jenis split. Selanjutnya akan dilakukan analisis dari data yang diperoleh dari empat kondisi *fan*. Data yang diperoleh berupa grafik penurunan kadar gas karbondioksida yang selanjutnya akan dilakukan perbandingan nilai rata-rata kadar gas karbondioksida dengan data kadar gas karbondioksida di dalam ruang P221 Gedung Deli Universitas Telkom saat ruangan sedang tidak digunakan dan ditarik kesimpulan.

4.1 Pengambilan Data Eksperimen

Proses pengambilan data dilakukan dengan menggunakan rangkaian sensor gas karbondioksida (CO₂) MQ-135 yang disambungkan dengan laptop dan digunakan sebagai *data logger*. Pada setiap urutan kondisi *fan* dilakukan pengambilan data selama satu jam dan melakukan pengambilan data kadar gas karbondioksida (CO₂) pada saat ruangan sedang tidak digunakan sebagai nilai perbandingan penurunan kadar gas karbondioksida (CO₂) di dalam ruangan.

4.1.1 Data Sebelum Percobaan

Proses pengambilan data diawali dengan pengambilan data kadar gas karbondioksida (CO₂) di dalam ruangan saat ruangan sedang tidak digunakan. Berikut adalah data kadar gas karbondioksida (CO₂) yang di peroleh di dalam ruangan saat ruangan sedang tidak digunakan.

Diketahui nilai rata-rata gas karbondioksida di dalam ruangan saat sedang tidak digunakan adalah 38,676 PPM. Nilai rata-rata kadar gas karbondioksida (CO₂) tersebut akan digunakan dalam perhitungan persentase penurunan kadar gas karbondioksida (CO₂) di dalam ruangan.

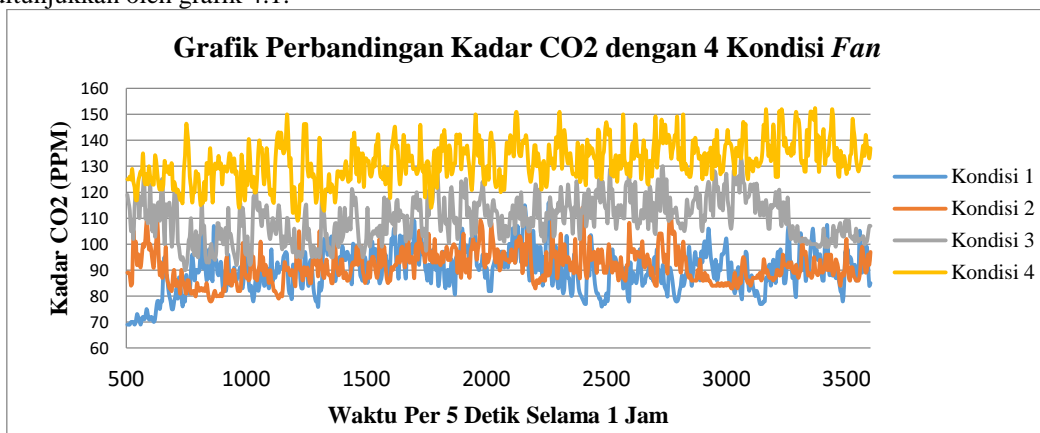
4.1.2 Data Setelah Percobaan

Pengambilan data diawali dengan menyalakan *fan* sesuai dengan urutan kondisi *fan*, kemudian mengeluarkan gas karbondioksida (CO₂) dari dalam tabung gas karbondioksida (CO₂) selama lima menit dengan mengasumsikan setelah gas karbondioksida (CO₂) dilepaskan di dalam ruangan selama lima menit, gas karbondioksida (CO₂) sudah memenuhi seluruh ruangan dan selanjutnya melakukan pengambilan data dengan menggunakan sensor gas karbondioksida (CO₂) MQ-135.

Setelah proses pengambilan data pada kondisi *fan* pertama dilakukan, aliran gas karbondioksida (CO₂) akan dihentikan dan kemudian seluruh ventilasi yang berada di ruangan dibuka supaya kadar gas karbondioksida (CO₂) kembali dalam keadaan normal. Untuk pengambilan data pada kondisi *fan* berikutnya dilakukan dengan langkah yang sama.

Data yang diperoleh berupa data penurunan kadar gas karbondioksida (CO₂) terhadap waktu. Data yang ditampilkan pada grafik 4.1 adalah data yang diambil setelah detik ke-1000 yaitu saat nilai kadar gas

karbondioksida (CO_2) sudah menunjukkan dalam keadaan *steady state*. Berikut adalah data yang diperoleh yang ditunjukkan oleh grafik 4.1.



Grafik 4. 1 Perbandingan kadar gas karbondioksida (CO_2) dengan 4 kondisi *fan*

Berikut adalah analisis dari pengambilan data percobaan 1 dan percobaan 2 :

Tabel 4. 3 Analisis Pengambilan Data

Kondisi <i>Fan</i>	Keterangan	PPM	Waktu
<i>Fan 1 dan Fan 2 Bekerja</i>	Nilai Maksimum	116	00.00
	Nilai Minimal	76	
	Nilai Rata-Rata	91,013	
<i>Fan 1 Bekerja</i>	Nilai Maksimum	114	01.10
	Nilai Minimal	79	
	Nilai Rata-Rata	92,117	
<i>Fan 2 Bekerja</i>	Nilai Maksimum	133	02.15
	Nilai Minimal	92	
	Nilai Rata-Rata	110,365	
<i>Fan 1 dan Fan 2 Tidak Bekerja</i>	Nilai Maksimum	152	03.45
	Nilai Minimal	109	
	Nilai Rata-Rata	133,188	

Dari hasil pengambilan data percobaan 1 dan percobaan 2 yang dilakukan, diperoleh data kadar gas karbondioksida (CO_2) dengan kondisi *fan 1* dan *fan 2* bekerja memiliki kadar gas karbondioksida (CO_2) yang paling rendah dan kadar gas karbondioksida (CO_2) tertinggi diperoleh saat kondisi *fan 1* dan *fan 2* tidak bekerja.

Pada saat *fan* kondisi 2 dan *fan* kondisi 3 menghasilkan nilai kadar gas karbondioksida (CO_2) yang berada diantara *fan* kondisi 1 dan *fan* kondisi 2. Hal tersebut menunjukkan pada saat *fan* kondisi 2, *fan 1* memasok gas oksigen (O_2) ke dalam ruangan dan pada saat kondisi hanya *fan* kondisi 3, *fan 2* membuang gas karbondioksida (CO_2) keluar ruangan. Namun dengan kondisi hanya salah satu dari *fan 1* atau *fan 2* yang bekerja tidak bisa mencapai nilai penurunan kadar gas karbondioksida (CO_2) yang lebih efektif seperti pada saat kondisi *fan 1*.

Data kadar gas karbondioksida (CO_2) dengan nilai maksimum, minimum, dan rata-rata tertinggi ditemukan pada saat *fan* kondisi 4. Hal tersebut dikarenakan saat *fan* kondisi 4 tidak ada terjadi proses pertukaran udara dari dalam ruangan keluar ruangan ataupun sebaliknya. Hal tersebut membuat udara yang berada di dalam ruangan menjadi terperangkap seiring dengan meningkatnya kadar gas karbondioksida (CO_2) di dalam ruangan tersebut.

Berdasarkan dari data yang diperoleh dapat ditarik kesimpulan yaitu pada saat *fan* kondisi 1 merupakan kondisi yang menurunkan kadar gas karbondioksida (CO_2) paling efektif di dalam ruangan

sedangkan pada saat *fan* kondisi 4 merupakan kondisi yang paling tidak efektif dalam menurunkan kadar gas karbondioksida (CO₂) di dalam ruangan.

4.1.3 Perhitungan Persentase Penurunan Kadar Gas Karbondioksida (CO₂)

Dengan menggunakan rumus perhitungan persentase penurunan kadar gas karbondioksida (CO₂). Dapat diketahui persentase penurunan kadar gas karbondioksida (CO₂) di dalam ruang P221 Gedung Deli Universitas Telkom seperti yang ditunjukkan oleh tabel.

Tabel 4. 4 Persentase penurunan kadar gas karbondioksida (CO₂)

Kondisi <i>fan</i>	Persentase Penurunan (%)
Kondisi 1	57,5
Kondisi 2	58
Kondisi 3	64,9
Kondisi 4	70,9

5. Simpulan dan Saran

5.1 Simpulan

Dari hasil studi yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah dibuat sebuah konfigurasi sistem untuk mengukur kadar gas karbondioksida (CO₂) dengan menggunakan sensor gas karbondioksida (CO₂) MQ-135 di dalam ruang P221 Gedung Deli Universitas Telkom.
2. Berdasarkan dari hasil pengambilan data, diketahui bahwa penggunaan *fan* berpengaruh dalam menurunkan kadar gas karbondioksida (CO₂) di dalam ruangan. Hal ini dibuktikan berdasarkan dari data percobaan penurunan kadar gas karbondioksida (CO₂) dengan *fan* kondisi 1 menghasilkan persentase nilai penurunan 57,5%.

5.2 Saran

Saran untuk studi lebih lanjut :

1. Dalam proses pengukuran sebaiknya dilakukan pada waktu yang sama. Sehingga dalam proses pengukuran akan diperoleh hasil pengukuran yang konsisten.
2. Untuk studi selanjutnya dapat ditambahkan mencari pengaruh dari perbedaan kecepatan *fan* terhadap penurunan kadar gas karbondioksida (CO₂) di dalam ruangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pemerintah Provinsi DKI Jakarta, "Sistem Pengkondisian Udara & Ventilasi," *Pandu. Pengguna Bangunan Gedung Hijau Jakarta Berdasarkan Peraturan. Gubernur No.38/2012*, vol. 2, no. 38, 2012.
- [2] K. Angin, "Jurnal Lingkungan Binaan Indonesia," vol. 12, no. September 2018, pp. 6–11, 2016.
- [3] "United States Environmental Protection Agency."
- [4] R. L. Hedrick *et al.*, "Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality ASHRAE Staff Liaison: Mark Weber," vol. 2013, pp. 2–3, 2015.
- [5] B. Lab, "Increased Use of Air Conditioning," *Berkeley Lab, Indoor Environment Group*. [Online]. Available: <https://iaqscience.lbl.gov/cc-ac>.
- [6] A. E. Ardian and Sudarmaji, "Faktor Yang Memengaruhi Sick Building Syndrome," vol. 7, no. 2, pp. 107–117, 2014.
- [7] M. Pierce, "Fans and Blowers - Introduction," *Energy*, pp. 93–112, 1997.
- [8] Khair, "Penjelasan Lengkap Tentang Pengertian, Manfaat dan," *berkah khair*. [Online]. Available: <https://berkahkhair.com/atmosfer/>.
- [9] B. Gustomo, "Arduino," pp. 6–21, 2013.
- [10] T. Haryanto, "Analog Input pada Arduino," *Codepolitan*. [Online]. Available: <https://www.codepolitan.com/analog-input-pada-arduino>.
- [11] O. W. SN, "KENDALI MOTOR DC MENGGUNAKAN SENSOR SRF (Sonar Range Finder) PADA ROBOT WEBCAM BERBASIS ANDROID," *Politek. Negeri Sriwij.*, pp. 5–37, 2015.
- [12] R. Tem, "Mq-135 Sensor," vol. 1, pp. 3–4.

- [13] Electronic project focus, “MQ135 Alcohol Sensor Circuit And Working,” *Electronic project focus*. [Online]. Available: <https://www.elprocus.com/mq-135-alcohol-sensor-circuit-and-working/>.
- [14] “MQ-135 - Gas Sensor for Air Quality,” *components 101*. [Online]. Available: <https://components101.com/sensors/mq135-gas-sensor-for-air-quality>.
- [15] T. C. Co, T. Controller, P. P. Million, and A. Co, “1200 Ppm Timing Chart,” pp. 11–12.
- [16] Engineering ToolBox, “Carbon Dioxide Emission from People,” 2003. .

