

Pengaturan Konsentrasi CO₂ Ruangan Menggunakan *Exhaust Fan* Berbasis Inverter *Vsd* dan *Plc*

Salman Fauzan Rusmana¹, Muhamad Anda Falahuddin², Pratikto³

^{1,2}Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

¹E-mail : salmanfauzan1605@gmail.com

²E-mail : m.andafalahuddin@polban.ac.id

³E-mail : pratikto @polban.ac.id

ABSTRAK

Pada penelitian ini dirancang sebuah sistem untuk mengontrol konsentrasi CO₂ pada Lab Listrik dan Instrumentasi Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara Politeknik Negeri Bandung menggunakan *variable speed drive* (VSD) dan *programmable logic controller* (PLC). Konsentrasi CO₂ dapat membahayakan penghuni ruangan jika terlalu tinggi sehingga diperlukan ventilasi untuk dapat menyalurkan udara yang terkontaminasi oleh CO₂ keluar ruangan. Selain itu, jika jumlah penghuni di dalam ruangan banyak dalam jangka waktu yang cukup lama membuat penggunaan ventilasi tidak cukup efektif sehingga digunakan *exhaust fan* untuk membantu proses pengeluaran udara dari dalam ke luar ruangan. Namun jika penggunaan *exhaust fan* terlalu lama dapat menyebabkan kerugian energi listrik sehingga kerja *exhaust fan* sesuai dengan yang dibutuhkan. Konsentrasi CO₂ untuk berada pada kisaran 300-980 ppm. Jika konsentrasi CO₂ melebihi batas yang ditentukan maka kecepatan putaran *exhaust fan* akan dirubah oleh VSD yang telah menerima instruksi koreksi sinyal dari PLC yang berperan sebagai pengontrol utamanya. Hasil yang diamati dalam penelitian ini adalah kecepatan *exhaust fan* yang diperlukan untuk mengatur konsentrasi supaya tetap berada pada kisaran 300-980 ppm dengan tiga variasi penghuni dalam ruangan, yaitu 0, 15, dan 30 orang. Hasil yang didapat pada penelitian ini adalah waktu yang dibutuhkan *exhaust fan* untuk mempertahankan konsentrasi CO₂ pada kisaran 300-980 ppm tergantung jumlah penghuni didalam ruangan. Waktu untuk membersihkan udara selama 10 menit. Selain itu, konsumsi energi listrik pun lebih rendah dari konsumsi semula, konsumsi energi listrik dapat dihemat hingga 62,36-98,38%.

Kata Kunci

CO₂, PLC, VSD, *exhaust fan*, energi listrik

1. PENDAHULUAN

Kadar CO₂ dapat meningkat akibat banyaknya aktivitas manusia serta polusi udara seiring berjalannya waktu dalam ruangan tersebut. Berdasarkan standar ASHRAE dan OSHA maksimal konsentrasi CO₂ dalam ruangan adalah 1000 ppm, jika melebihi 1000 ppm akan mengganggu kenyamanan pernapasan penghuni didalam ruangan sehingga diperlukan ventilasi dan alat yang dapat membantu proses pengeluaran udara kotor dari ruangan ke lingkungan seperti *exhaust fan*.

Akibat penggunaan *exhaust fan* dalam jumlah yang banyak dan penggunaan terus menerus dapat mengakibatkan pemborosan energi listrik sehingga diperlukan sebuah alat kontrol untuk mengatur kecepatan putaran kipas. Perubahan kecepatan putaran kipas dapat menghemat energi listrik karena kecepatan putaran kipas diubah dengan cara mengganti

frekuensi yang dipasok ke kipas sehingga arus listriknya pun dapat mengalami penurunan. Basaria Talarosha (2018) dalam kajiannya mengatakan besarnya bukaan jendela atau lubang ventilasi akan mempengaruhi konsentrasi CO₂ dalam ruangan.

Atmam, dkk (2018) dalam penelitiannya mengatakan bahwa penggunaan VSD dalam motor induksi dapat menghemat konsumsi listrik hingga 31,1%.

Pada penelitian ini dirancang sebuah sistem kontrol untuk menjaga konsentrasi CO₂ pada kisaran 300-980 ppm. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah ventilasi dan penggunaan *exhaust fan* yang dikontrol dapat menjaga konsentrasi CO₂ pada kisaran yang ditentukan, mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk membersihkan udara dalam

setiap keadaan, serta untuk mengetahui konsumsi energi listrik penggunaan sistem ini.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Andrizal, dkk (2020) dalam pengamatannya menyebutkan bahwa dibutuhkan waktu selama 16,8 menit dengan sistem pembersihnya adalah pendingin ruangan dan ventilasi yang cukup. Hal ini terjadi kemungkinan karena proses pembuangan udara dari ruangan ke dalam lingkungan kurang efektif karena tidak ada alat yang dapat memaksa proses sirkulasi udara keluar. Proses pengeluaran udara hanya dilakukan melalui ventilasi yang ada pada ruangan. Selain itu, terjadi proses pembersihan udara pada filter pendingin ruangan.

Menurut Mary McMahon, *exhaust fan* merupakan sebuah kipas yang biasa digunakan untuk mengontrol kondisi udara pada interior ruangan dengan cara menghisap kontaminan yang tidak diinginkan seperti bebauan, partikel-partikel, debu, kelembaban, bahkan udara panas.

D A Krawczyk, dkk (2019) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa konsentrasi CO₂ dipengaruhi oleh jumlah manusia di dalam ruangan. Selain manusia, faktor lain yang dapat mempengaruhi konsentrasi CO₂ di dalam ruangan adalah temperatur ruangan.

Konsumsi energi listrik merupakan jumlah penggunaan daya listrik dalam waktu tertentu. Untuk mengetahui konsumsi energi listrik yang digunakan pada sistem dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P = V \times I \times \text{Cos}\phi \quad (1)$$

$$W = P \times \frac{t}{60} \quad (2)$$

dengan,

P = Daya listrik (watt)

V = Tegangan listrik (V)

I = Arus listrik (A)

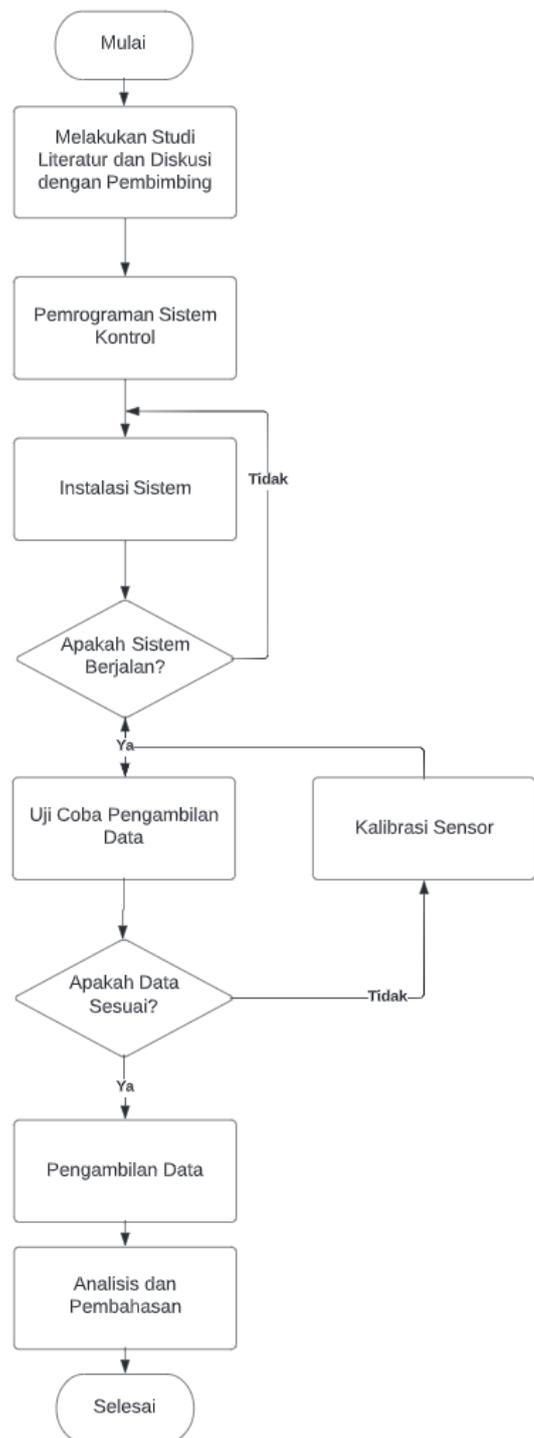
Cosφ = Faktor Daya

W = Energi listrik (Wh)

t = *Running time* (menit)

3. METODOLOGI

Penelitian dilakukan bertahap, dari tahap studi literatur sampai pada akhirnya dilakukan analisis dan pembahasan, tahap yang dilakukan dalam penelitian ini dituangkan dalam bentuk diagram alir yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini dirancang sebuah sistem kontrol untuk menjaga konsentrasi CO₂ pada kisaran 300-980 ppm. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah ventilasi dan penggunaan *exhaust fan* yang dikontrol dapat menjaga konsentrasi CO₂ pada kisaran yang ditentukan, mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk

membersihkan udara dalam setiap keadaan, serta untuk mengetahui konsumsi energi listrik penggunaan sistem ini.

Kontroler yang digunakan pada penelitian ini adalah SIEMENS! Logo PLC seri 0BA0, Arduino UNO yang dilengkapi *shield* untuk *ethernet modbus*, *variable speed drive*, 4 *exhaust fan* dengan daya 45 watt, dan 2 *exhaust fan* dengan daya 38 watt.

Sistem diprogram menjadi tiga tingkatan kecepatan, yaitu:

1. Tingkatan ke-1, frekuensi 20 Hz.
2. Tingkatan ke-2, frekuensi 35 Hz.
3. Tingkatan ke-3, frekuensi 50 Hz.

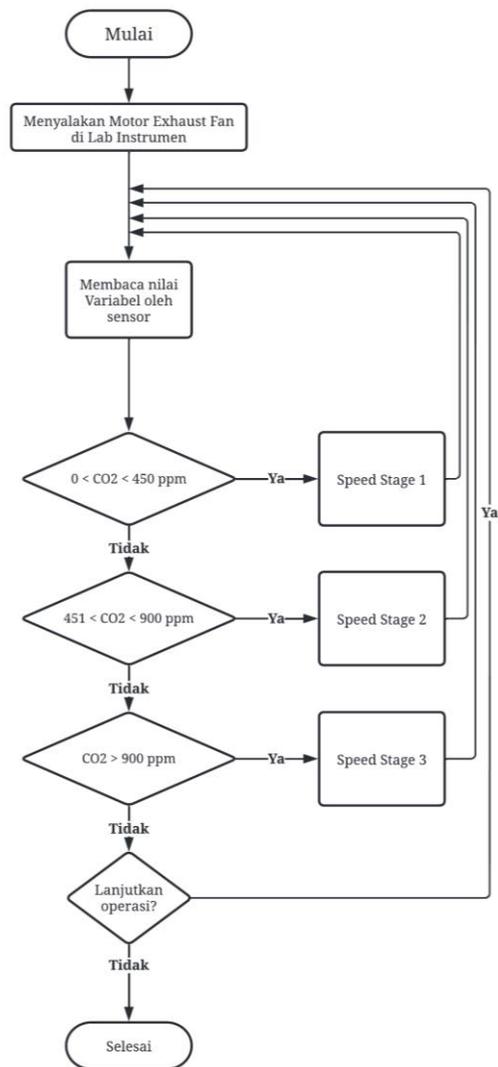
Pengambilan data dilakukan dengan 3 keadaan, yaitu:

1. Kondisi ruangan dihuni 0 orang.
2. Kondisi ruangan dihuni 15 orang.
3. Kondisi ruangan dihuni 30 orang.

Pengambilan data dilakukan selama 100 menit dari pukul 09.50 sampai 11.30 WIB yang berlokasi di Lab Listrik dan Instrumentasi Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara POLBAN.

Dalam pengambilan data dilakukan beberapa tahap sebagai berikut:

1. Memastikan setiap alat kontrol telah terhubung ke hub.
2. Menyalakan alat kontrol yang telah dirancang.
3. Mencatat data awal setelah sistem dinyalakan.
4. Mencatat data setiap 10 menit sekali secara berturut-turut sampai menit ke-100.
5. Mematikan sistem setelah selesai pengambilan data.
6. Ulangi langkah 1-5 untuk pengambilan data variasi lainnya.



Gambar 2 Diagram Alir Sistem Kontrol

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah selesai dilakukan pengambilan data dilakukan proses pengolahan data sebagai berikut.

1) Analisis Konsentrasi CO₂

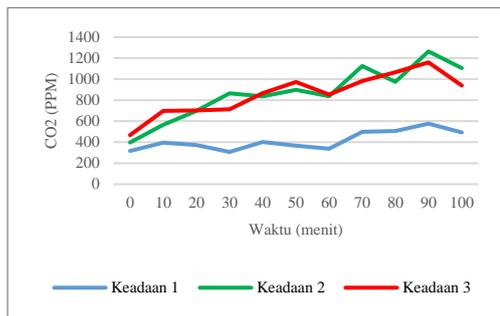
Tabel 10 Data Pengukuran CO₂

No	Parameter	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1.	CO ₂											
	Ruangan K1	316	396	372	307	402	366	338	498	506	576	493
2.	CO ₂											
	Ruangan K2	397	566	697	864	836	898	837	1124	974	1263	1105
3.	CO ₂											
	Ruangan K3	467	697	702	713	866	973	852	982	1065	1159	939

Warna hijau, kuning, dan merah pada tabel memperlihatkan saat terjadinya perubahan tingkatan kecepatan putaran sesuai urutan tingkat 1, 2 dan, 3. Berikut dibawah ini merupakan tabel yang menyajikan data mengenai waktu perubahan tingkat kecepatan.

Tabel 11 Data Perubahan Tingkat Kecepatan

Keadaan	Menit ke-	Perubahan
1	1	Off-Tingkat 1
	66	Tingkat 1-Tingkat 2
2	1	Off-Tingkat 1
	9	Tingkat 1-Tingkat 2
	62	Tingkat 2-Tingkat 3
3	1	Off-Tingkat 1
	1	Tingkat 1-Tingkat 2
	44	Tingkat 2-Tingkat 3
	51	Tingkat 3-Tingkat 2
	68	Tingkat 2-Tingkat 3



Gambar 3 Grafik Konsentrasi CO₂ Terhadap

Jika dilihat pada Tabel 1 dan 2, serta Gambar 3, pada keadaan 1 atau jumlah penghuni sebanyak 0 orang tidak mengalami kenaikan yang menyebabkan harus terjadinya perubahan kecepatan putaran *exhaust fan* karena konsentrasi CO₂ berada pada kisaran 316 sampai 576.

Perubahan tingkatan kecepatan pun hanya sampai tingkat 2 pada menit ke-76, hal ini menandakan kondisi ruangan bersih sesuai dengan teori yang menyebutkan bahwa kondisi ruangan bersih berada pada kisaran 300-600 ppm selain itu tidak ada hal yang mempengaruhi perubahan konsentrasi CO₂.

Untuk pada keadaan 2 atau jumlah penghuni sebanyak 15 orang, konsentrasi cenderung mengalami kenaikan seiring berjalannya waktu, perubahan tingkat kecepatan terjadi pada menit ke-19 dan menit ke-80, hal ini terjadi karena pada 10 menit pertama ruangan sudah mulai terkontaminasi oleh CO₂ yang dihembuskan oleh manusia, kemudian seiring berjalannya waktu ketika aktivitas penghuni semakin banyak yang menyebabkan tempo pernapasan berubah mengakibatkan konsentrasi CO₂ terus meningkat. Untuk keadaan 3 atau jumlah penghuni sebanyak 30 orang terlihat dapat mengembalikan konsentrasi CO₂ pada 939 pada periode menit ke-100 setelah sebelumnya pada periode menit ke-90 konsentrasi CO₂ sebesar 1159 ppm. Hal ini menandakan sistem berhasil untuk

mmengontrol konsentrasi CO₂ ruangan dengan jumlah 30 orang.

2) Analisis Waktu Pembersihan Udara

Tabel 12 Waktu Pembersihan Udara

Keadaan	Periode	CO ₂ PPM	Waktu yang dibutuhkan
2	70-80	1124-974	10 menit
3	90-100	1159-939	10 menit

Berdasarkan Tabel 3, dapat terlihat bahwa pada keadaan 2 di periode menit ke-70 sampai 80 terjadi perubahan konsentrasi CO₂ dari 1124 ppm pada menit ke-72 menuju 974 ppm pada menit ke-80, waktu yang dibutuhkan untuk menyalurkan udara terkontaminasi keluar ruangan selama 10 menit. Sedangkan pada keadaan 3 di periode 90-100 menit terjadi perubahan konsentrasi CO₂ dari 1159 ppm pada menit ke-91 menjadi 939 ppm pada menit ke-100, waktu yang dibutuhkan selama 10 menit. Jika dirata-ratakan dari kedua waktu yang ada maka sistem dapat menyalurkan udara terkontaminasi selama 10 menit yang menandakan bahwa sistem menggunakan *exhaust fan* ini cukup untuk mengatur konsentrasi CO₂ supaya ruangan dapat memenuhi standar ASHRAE dan OSHA, yaitu maksimal konsentrasi CO₂ sebesar 1000 ppm.

3) Analisis Konsumsi Energi Listrik

Tabel 13 Data Arus Fan

No	Parameter	Arus Fan	Arus Pengukuran	Satuan
1.	Keadaan 1	0,308	0,005	A
2.	Keadaan 2	0,308	0,028	A
3.	Keadaan 3	0,308	0,116	A

Pada penelitian ini tegangan dan faktor daya diasumsikan konstan. Untuk nilai tegangan diasumsikan sebesar 220 V dan faktor daya diasumsikan sebesar 0,98.

Berikut hasil perhitungan daya listrik pada fan.

- Daya Fan sebelum menggunakan sistem kontrol.

$$P = V \times I \times \cos\phi$$

$$PFan = 220 \times 0,32 \times 0,98$$

$$PFan = 66,405 \text{ Watt}$$

- Daya *Fan* setelah menggunakan sistem kontrol.

$$P = V \times I \times \cos\phi$$

$$PK1 = 220 \times 0,005 \times 0,98$$

$$PK1 = 1,078 \text{ Watt}$$

$$PK2 = 220 \times 0,029 \times 0,98$$

$$PK2 = 6,037 \text{ Watt}$$

$$PK3 = 220 \times 0,116 \times 0,98$$

$$PK3 = 25,001 \text{ Watt}$$

Perhitungan konsumsi energi listrik.

- Energi listrik sebelum menggunakan sistem kontrol

$$Running \ time = 100 \text{ menit}$$

$$W = P \times Running \ Time$$

$$W_{Fan} = 66.405 \times \frac{100}{60}$$

$$W_{Fan} = 110,675 \text{ Wh}$$

- Energi listrik setelah menggunakan sistem kontrol

$$W = P \times Running \ Time$$

$$WK1 = 1,078 \times \frac{100}{60}$$

$$WK1 = 1,797 \text{ Wh}$$

$$WK2 = 1,078 \times \frac{100}{60}$$

$$WK2 = 10,062 \text{ Wh}$$

$$WK3 = 25,001 \times \frac{100}{60}$$

$$WK3 = 41,668 \text{ Wh}$$

Jika dilakukan perbandingan maka akan terlihat seperti pada tabel dibawah.

Tabel 14 Perbandingan Konsumsi Energi Listrik

No.	Parameter	Energi Listrik <i>Fan</i>	Energi Listrik Pengukuran	Penghematan Energi Listrik
1.	Keadaan 1	110,675	1,797	98,38%
2.	Keadaan 2	110,675	10,062	90,91%
3.	Keadaan 3	110,675	41,668	62,36%

Berdasarkan Tabel 5 terlihat bahwa penghematan energi listrik dapat tercapai dari 62,36 sampai 98,38% meskipun pada keadaan

1 sebaiknya sistem dinonaktifkan karena tidak ada penghuni di dalam ruangan.

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat dikatakan bahwa sistem kualitas udara ini dapat digunakan untuk pembersihan udara, khususnya konsentrasi CO₂ dalam ruangan dengan waktu yang dibutuhkan untuk membersihkan udara menggunakan sistem ini adalah selama 10 menit.

Konsumsi energi listrik lebih rendah dibandingkan dengan semula. Pada keadaan 0 orang, energi listrik yang dikonsumsi sebesar 1,797 Wh atau 98,38% penghematan energi listrik; untuk keadaan 15 orang sebesar 10,062 Wh atau penghematan energi listrik sebesar 90,91%; dan untuk keadaan 30 orang sebesar 41,668 Wh atau penghematan energi sebesar 62,36%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih sebesar-besarnya saya ucapkan kepada Politeknik Negeri Bandung yang telah memberikan fasilitas dan bantuan dana untuk dapat membantu penulis menyelesaikan tugas akhir dan *paper* proseding nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Basaria Talarosha. (2018). Jendela dan Dampaknya terhadap Konsentrasi CO₂ di dalam Ruang Kelas, Kajian Literatur Window and Its Impact on the CO₂ Concentration in the Classroom, A Literature Review. Jurnal Lingkungan Binaan Indonesia.13, 46-53.
- [2] Atmam, A. Tanjung, and Zulfahri, "Analisis Penggunaan Energi Listrik Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Variable Speed Drive (VSD)", SainETIn, vol. 2, no. 2, pp. 52 - 59, Nov. 2018.
- [3] Andrizal, Yani, P. I., & Antonisfia, Y. (2020). MONITORING DAN KONTROL KADAR CO₂ DALAM RUANGAN BERBASIS SISTEM PENCIUMAN ELEKTRONIK. Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV), 6(1), 388-395.
- [4] Salman, F. R., *Perancangan sistem kontrol kenyamanan menggunakan exhaust fan dan variable speed drive berbasis PLC*. 2022.
- [5] ASHRAE, "ASHRAE Standard," Atlanta, GA 30329, 2010.

- [6] D A Krawczyk, P Zielinko, A Rodero, *dormitory rooms in Poland and Spain – a case study*. 2019.
“*Measurements of carbon dioxide concentration and temperature in*