

Analisa Pengaruh Penggunaan Hepa Filter Dan Ultra Violet Terhadap Kualitas Udara Air Conditioning Ducting

[Analysis Of The Effect Of Using Hepa Filter And Ultra Violet On Air Quality Of Air Conditioning Ducting]

Mohammad Zainul Arifin ¹⁾, A'rasy Fahrudin, ST.,MT*²⁾

1) Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

2) Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: arasy.fahrudin@umsida.ac.id

Abstract Recent air pollution has caused an increase in dust and microorganism content in the air. In this study, the effect of using hepa filters and ultraviolet was tested on air quality in the air conditioner ducting system before and after being installed. The use of hepa filters and ultraviolet is effective in reducing fine particles in the air. Hepa and ultraviolet filters can help reduce fine particles in the air quality air conditioner ducting. Hepa filters are effective in filtering out particles, but need to be replaced periodically to maintain their performance. Air conditioner ducting systems with the use of hepa filters and ultraviolet have the potential to improve indoor air quality.

Keywords – Air conditioner ducting; Air quality; Hepa filter; Ultraviolet.

Abstrak. Polusi udara belakangan ini telah menyebabkan peningkatan debu dan kandungan mikroorganisme dalam udara. Dalam penelitian ini dilakukan uji pengaruh penggunaan hepa filter dan ultraviolet terhadap kualitas udara dalam sistem air conditioner ducting sebelum dan setelah terpasang. Penggunaan hepa filter dan ultraviolet efektif dalam mengurangi partikel halus dalam udara. Hepa filter dan ultraviolet dapat membantu mengurangi partikel halus dalam kualitas udara air conditioner ducting. filter hepa efektif dalam menyaring partikel, namun perlu diganti secara berkala untuk mempertahankan kinerjanya. Sistem air conditioner ducting dengan penggunaan hepa filter dan ultraviolet memiliki potensi untuk meningkatkan kualitas udara dalam ruangan.

Kata Kunci – Air conditioner ducting; Hepa filter; Kualitas udara; Ultraviolet.

I. PENDAHULUAN

Beberapa tahun terakhir terjadi polusi udara yang mengakibatkan banyak debu dan mikroorganisme lain di udara[1]. Ada mikroorganisme bermanfaat dan merugikan[2] bagi tubuh manusia yang mengakibatkan berbagai penyakit[3], mikroorganisme yang bercampur dengan udara akan masuk ke dalam saluran pernafasan manusia[4] yang akan keluar melalui batuk atau bersin[5] mikroorganisme bisa hidup di ruang terbuka dan ruang tertutup. mikroorganisme di ruang tertutup[6] lebih mudah dikendalikan dibandingkan dengan diruang terbuka[7]. Jika diruangan tertutup kehidupan mikroorganisme[8] bisa dikendalikan, maka ruangan tersebut dapat dikategorikan sebagai ruangan steril. sterilisasi[9] menggunakan sinar uv biasanya untuk sterilisasi suatu ruangan[10], radiasi sinar uv dapat membunuh bakteri[11] dengan panjang gelombang antara 220 – 290 nm dan radiasi yang paling efektif adalah 253,7 nm[12], mekanisme kerja sinar uv adalah absorpsi oleh asam nukleat tanpa menyebabkan kerusakan pada permukaan sel[13]. Energi yang diabsorpsi ini akan menyebabkan terjadinya ikatan antara molekul timin sehingga fungsi dari asam nukleat terganggu dan dapat mengakibatkan kematian suatu bakteri[14]. Oleh karena itu banyak penelitian menggunakan tabung uv sebagai upaya alternatif untuk menurunkan angka kuman udara pada skala mikro ini, gaya van der waals antarmolekul antara serat dan debu cukup untuk mengatasi pengaruh aliran udara dan "melekat" mereka bersama-sama[15].

II. METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yaitu melakukan percobaan terhadap bahan yang akan diuji, bahan yang akan diuji adalah filter hepa norsk dan filter hepa h14. Nilai volume udara 600 m³/h resistansi awal ≤ 180pa. Berdasarkan kajian atau analisis pada judul ini yaitu “pengaruh penggunaan hepa filter dan ultra violet terhadap kualitas udara air conditioner ducting”, diketahui ada dua variabel dalam penelitian atau analisis ini yaitu:

Tabel 1. Periode pengukuran rerata parameter ISPU

Parameter	Waktu
Partikulat, PM 2.5	24
Partikulat PM 10	24

karbon monoksida CO	8
Karbon dioksida CO ₂	8
TVOC	1

Variabel dependen adalah variabel yang dapat dipengaruhi oleh variabel independen. Variabel terikat dalam penelitian atau analisis ini adalah suhu ruangan dan kualitas udara dalam ruangan. Penelitian ini bersifat kuantitatif, dengan menggunakan angka yang menggambarkan keadaan kualitas udara dan suhu udara serta hubungan antara proses buka tutup pintu dengan jumlah orang yang ada di dalam ruangan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian

Dalam pengambilan data pada kualitas udara ini menggunakan 3 variasi dalam pengujian, meliputi kualitas udara dalam ruangan udara masuk dan udara keluar dan pengujian diluar ruangan (*outdoor*). Pengujian dilakukan selama kurang lebih 2 jam pada kualitas udara masuk (*supply*), pengujian selama 60 menit pada kualitas udara keluar (*return*) dan pengujian pada luar ruangan (*outdoor*) dilakukan selama 2 jam.



Gambar 1. Proses Dalam Pengambilan Data

B. Analisa Pengambilan Data Kualitas Udara *Indoor* (Dalam Ruangan)

Dari hasil analisa dan pengujian yang dilakukan pada dalam ruangan dengan 2 variasi yaitu kualitas udara masuk (*supply*) dan kualitas udara keluar (*return*). Pengujian pada kualitas udara indoor (*supply*) dilakukan selama 2 jam mulai pukul 11.55 wib sampai 13.55 wib, sedangkan pengujian kualitas udara keluar (*return*) dilakukan selama 1 jam mulai pukul 15.00 wib sampai 16.00 wib. Didapatkan berupa beberapa data dari kualitas udara *indoor* yang dimana pengambilan data dilakukan masing-masing 10 menit.

C. Pengambilan Data Kualitas Udara *Indoor Supply* (Udara Masuk)

Berikut ini adalah hasil yang didapat pada saat pengujian kualitas udara indoor *supply* (Udara masuk).

Tabel 2 Data Kualitas Udara *Indoor Supply* (Udara Masuk)

Pengujian Kualitas Udara <i>Indoor</i> (<i>Supply</i>)							Temperature
No	Waktu	PM10	PM2,5	SO ₂	HCHO	TVOC	°C

1	11:55	18	14	-	-	-	24
2	12:05	15	10	-	0,021	0,098	22
3	12:15	16	12	-	0,014	0,062	23
4	12:25	11	9	-	0,026	0,123	23
5	12:35	10	8	-	0,012	0,057	22
6	12:45	10	8	-	0,01	0,045	23
7	12:55	17	14	-	0,058	0,35	23
8	13:05	6	5	-	0,031	0,142	23
9	13:15	6	5	-	0,018	0,084	22
10	13:25	6	5	-	0,01	0,041	22
11	13:35	4	5	-	0,003	0,014	22
12	13:45	5	4	-	0,061	0,375	21
13	13:55	3	3	-	0,062	0,38	21

Keterangan:

- Berikut rata-rata polutan udara PM10 *indoor supply*:

$$\frac{18 + 15 + 16 + 11 + 10 + 10 + 17 + 6 + 6 + 6 + 4 + 5 + 3}{13} = \frac{127}{13} = 9,7 \text{ mg/m}^3$$

Dari perhitungan diatas diperoleh rata-rata kualitas udara PM10 *indoor supply* sebesar 9,7 mg/m³

- Berikut rata-rata polutan udara PM2,5 *indoor supply*:

$$\frac{14 + 10 + 12 + 9 + 8 + 8 + 14 + 5 + 5 + 5 + 4 + 5 + 3}{13} = \frac{102}{13} = 7,8 \text{ mg/m}^3$$

Dari perhitungan diatas diperoleh rata-rata kualitas udara PM 2,5 *indoor supply* sebesar 7,8 mg/m³

- Berikut rata-rata polutan udara HCHO *indoor supply*:

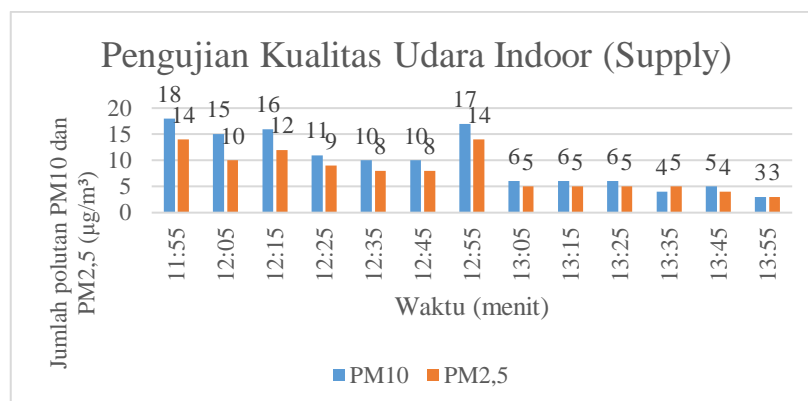
$$\frac{0,021 + 0,014 + 0,026 + 0,012 + 0,01 + 0,058 + 0,031 + 0,018 + 0,01 + 0,003 + 0,061 + 0,062}{13} = \frac{0,326}{13} = 0,02 \text{ mg/m}^3$$

Dari perhitungan diatas diperoleh rata-rata kualitas udara HCHO *indoor supply* sebesar 0,02 mg/m³

- Berikut rata-rata polutan udara TVOC *indoor supply*:

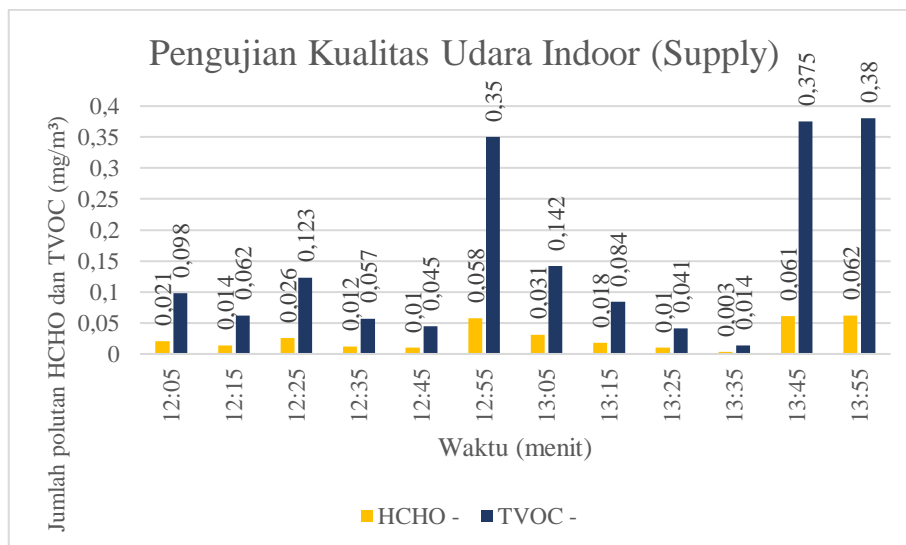
$$\frac{0,098 + 0,062 + 0,123 + 0,057 + 0,045 + 0,35 + 0,142 + 0,084 + 0,041 + 0,014 + 0,375 + 0,38}{13} = \frac{1,77}{13} = 0,1 \text{ mg/m}^3$$

Dari perhitungan diatas diperoleh rata-rata kualitas udara TVOC *indoor supply* sebesar 0,1 mg/m³



Gambar 2 Grafik Kualitas Udara *Indoor (Supply)*

Pada gambar 2 merupakan grafik hasil pengukuran *indoor supply* polutan pm10 dan pm2,5 menunjukkan bahwa pada hari kerja polutan pm10 dan pm2,5 tertinggi adalah pada pukul 11:55 sebesar 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan temperatur ruangan 24 $^{\circ}\text{c}$, sedangkannya hasil terendah pada pukul 13:55 sebesar 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan temperatur ruangan sebesar 21 $^{\circ}\text{c}$. Jika dirata-rata dari hasil pengukuran polutan pm10 dan pm2,5 sebesar 9,7 mg/m^3 dan 7,8 mg/m^3 .



Gambar 3 Grafik Kualitas Udara *Indoor (Supply)*

Pada gambar 3 merupakan tabel hasil pengukuran *indoor supply* polutan hcho dan tvoc menunjukkan bahwa pada hari kerja polutan hcho dan tvoc tertinggi adalah pada pukul 13:55 sebesar 0,38 mg/m^3 dan 0,062 mg/m^3 pada temperatur 21 $^{\circ}\text{c}$, sedangkannya hasil terendah pada pukul 12:45 sebesar 0,045 mg/m^3 dan 0,01 mg/m^3 pada temperatur 21 $^{\circ}\text{c}$. Jika dirata-rata dari hasil pengukuran polutan hcho dan tvoc sebesar 0,02 mg/m^3 dan 0,1 mg/m^3 .

D. Pengambilan Data Kualitas Udara *Indoor Return* (Udara Keluar)

Tabel 3 Data Kualitas Udara *Indoor Return* (Udara Keluar)

No	Waktu	`Pengujian Kualitas Udara <i>Indoor (Return)</i>					Temperature $^{\circ}\text{C}$
		PM10	PM2,5	SO2	HCHO	TVOC	
1	15:00	5	4	-	0,082	0	31
2	15:10	5	4	-	0,041	0,19	28
3	15:20	5	4	-	0,005	0,04	24
4	15:30	3	3	-	0,041	0,195	23
5	15:40	4	3	-	0,011	0,055	22
6	15:50	3	3	-	0,002	0,012	22
7	16:00	3	3	-	0,074	0,488	22

Keterangan:

Berikut rata-rata temperatur kualitas udara *indoor return*:

➤ Berikut rata-rata polutan udara PM10 *indoor return*:

$$\frac{5 + 5 + 5 + 3 + 4 + 3 + 3}{7} = \frac{28}{7} = 4 \text{ mg}/\text{m}^3$$

Dari perhitungan diatas diperoleh rata-rata kualitas udara PM10 *indoor return* sebesar 4 mg/m^3

➤ Berikut rata-rata polutan udara PM2,5 *indoor return*:

$$\frac{4 + 4 + 4 + 3 + 3 + 3 + 3}{7} = \frac{24}{7} = 3,4 \text{ mg}/\text{m}^3$$

Dari perhitungan diatas diperoleh rata-rata kualitas udara PM2,5 *indoor return* sebesar 3,4 mg/m³

- Berikut rata-rata polutan udara HCHO *indoor return*:

$$\frac{0,082 + 0,041 + 0,005 + 0,041 + 0,011 + 0,002 + 0,074}{7}$$

$$= \frac{0,25}{7} = 0,03 \text{ mg/m}^3$$

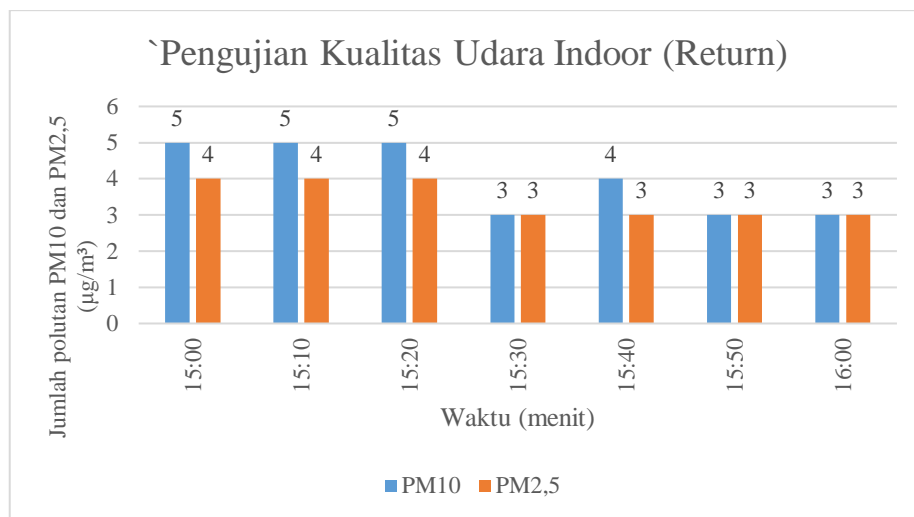
Dari perhitungan diatas diperoleh rata-rata kualitas udara HCHO *indoor return* sebesar 0,03 mg/m³

- Berikut rata-rata polutan udara TVOC *indoor return*:

$$\frac{0 + 0,19 + 0,04 + 0,195 + 0,055 + 0,012 + 0,488}{7}$$

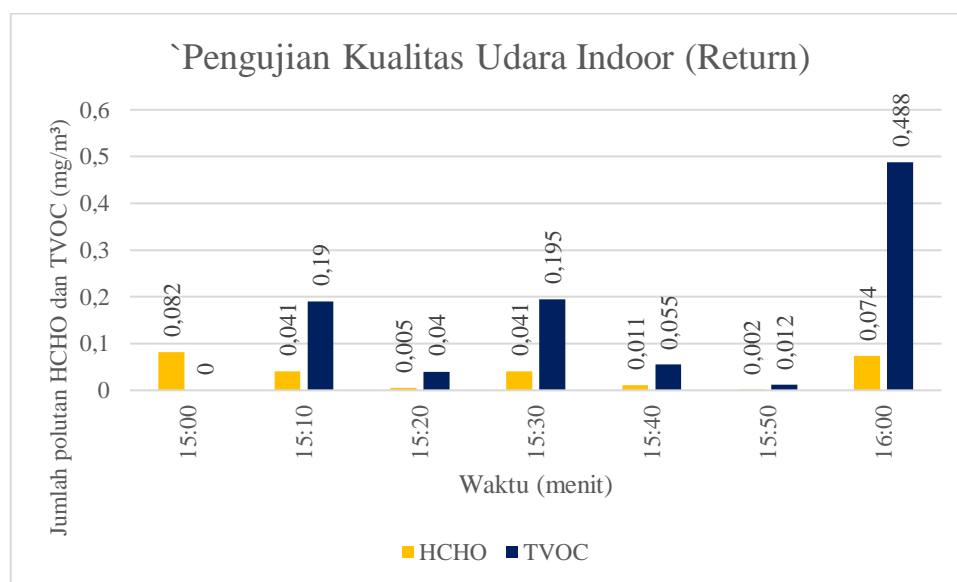
$$= \frac{0,98}{7} = 0,14 \text{ mg/m}^3$$

Dari perhitungan diatas diperoleh rata-rata kualitas udara TVOC *indoor return* sebesar 0,14 mg/m³



Gambar 4 Grafik Kualitas Udara *Indoor (Return)*

Pada gambar 4 merupakan hasil pengukuran *indoor return* polutan pm10 dan pm2,5 menunjukkan bahwa pada hari kerja polutan pm10 dan pm2,5 tertinggi adalah pada pukul 15:00 sebesar 5 µg/m³ dan 4 µg/m³ dengan temperatur ruangan 31°C, sedangkan hasil terendah pada pukul 15:30, 15:50 dan 16:00 sebesar 3 µg/m³, 3 µg/m³ dan 3 µg/m³ dengan temperatur ruangan rata-rata 22°C. Jika dirata-rata dari hasil pengukuran polutan pm10 dan pm2,5 sebesar 4 mg/m³ dan 3,4 mg/m³.



Gambar 5 Grafik Kualitas Udara *Indoor (Return)*

Dari hasil pengukuran *indor return* polutan hcho dan tvoc menunjukkan bahwa pada hari kerja polutan hcho dan tvoc tertinggi adalah pada pukul 16:00 sebesar 0,074 mg/m³ dan 0,488 mg/m³ pada temperatur 22°C, sedangkan hasil terendah pada pukul 15:20 sebesar 0,005 mg/m³ dan 0,04 mg/m³ pada temperatur 24°C. Jika dirata-rata dari hasil pengukuran polutan hcho dan tvoc sebesar 0,03 mg/m³ dan 0,14 mg/m³

E. Analisa Pengambilan Data Kualitas Udara *Outdoor* (Luar Ruangan)

Tabel 4 Data Kualitas Udara *Outdoor* (Luar Ruangan)

No	Waktu	Pengujian Kualitas Udara <i>Outdoor</i>					Temperature °C
		PM10	PM2,5	SO2	HCHO	TVOC	
1	12:40	64	49	-	0,009	0,043	26
2	12:50	54	43	-	0,028	0,137	28
3	13:00	41	33	-	0,025	0,115	26
4	13:10	60	45	-	0,005	0,002	28
5	13:20	37	30	-	0,001	0,001	27
6	13:30	34	26	-	0,044	0,207	28
7	13:40	36	28	-	0,023	0,111	28
8	13:50	33	26	-	0,051	0,255	29
9	14:00	24	19	-	0,022	0,098	27
10	14:10	27	21	-	0,014	0,067	28
11	14:20	79	60	-	0,019	0,084	28
12	14:30	50	39	-	0,001	0	28
13	14:40	39	31	-	0,037	0,173	27

Keterangan:

Berikut rata-rata temperatur kualitas udara *outdoor*:

➤ Berikut rata-rata polutan udara PM10 *outdoor*:

$$\frac{64 + 54 + 41 + 60 + 37 + 34 + 36 + 33 + 24 + 27 + 79 + 50 + 39}{13}$$

$$= \frac{578}{13} = 44,4 \text{ mg/m}^3$$

Dari perhitungan diatas diperoleh rata-rata kualitas udara PM10 *outdoor* sebesar 44,4 mg/m³

➤ Berikut rata-rata polutan udara PM2,5 *outdoor*:

$$\frac{49 + 43 + 33 + 45 + 30 + 26 + 28 + 26 + 19 + 21 + 60 + 39 + 31}{13}$$

$$= \frac{450}{13} = 34,6 \text{ mg/m}^3$$

Dari perhitungan diatas diperoleh rata-rata kualitas udara PM2,5 *outdoor* sebesar 34,6 mg/m³

➤ Berikut rata-rata polutan udara HCHO *outdoor*:

$$\frac{0,009 + 0,137 + 0,025 + 0,005 + 0,001 + 0,044 + 0,023 + 0,051 + 0,022 + 0,014 + 0,019 + 0,001 + 0,037}{13}$$

$$= \frac{0,38}{13} = 0,02 \text{ mg/m}^3$$

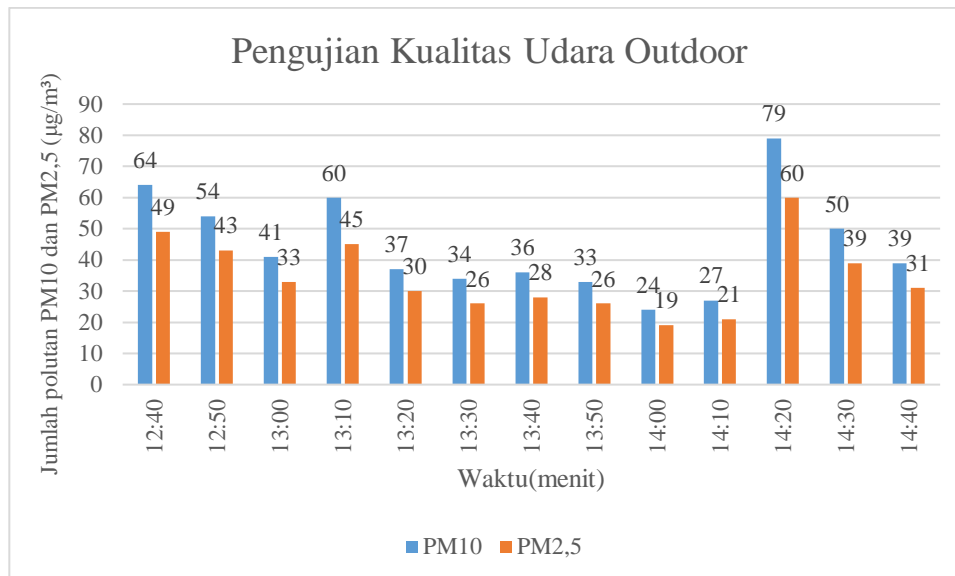
Dari perhitungan diatas diperoleh rata-rata kualitas udara HCHO *outdoor* sebesar 0,02 mg/m³

➤ Berikut rata-rata polutan udara TVOC *outdoor*:

$$\frac{0,043 + 0,137 + 0,115 + 0,002 + 0,001 + 0,207 + 0,111 + 0,255 + 0,098 + 0,067 + 0,084 + 0 + 0,173}{13}$$

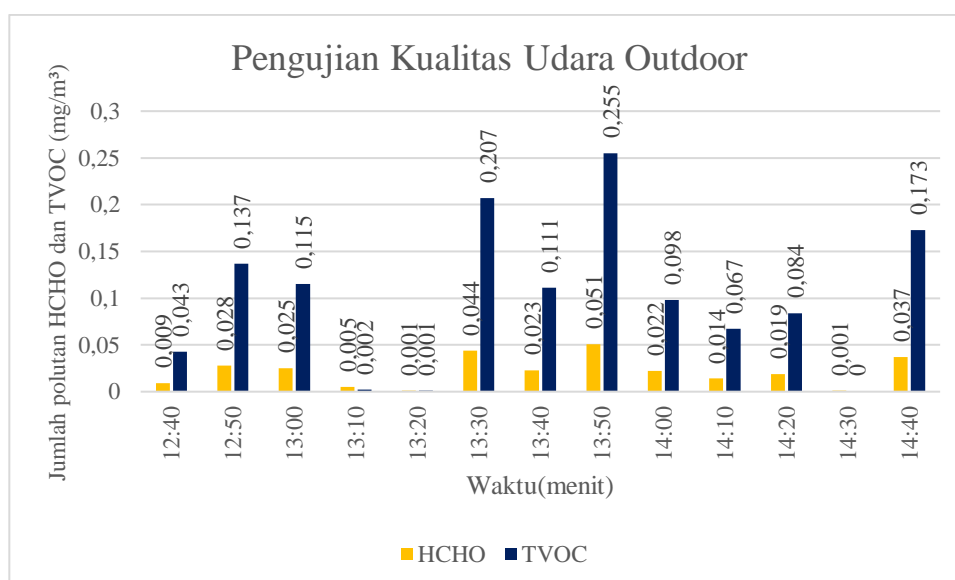
$$= \frac{1,29}{13} = 0,09 \text{ mg/m}^3$$

Dari perhitungan diatas diperoleh rata-rata kualitas udara TVOC *outdoor* sebesar 0,09 mg/m³



Gambar 6 Grafik Kualitas Udara *Outdoor*

Pada gambar 6 merupakan hasil pengukuran *outdoor* polutan pm10 dan pm2,5 menunjukkan bahwa pada hari kerja polutan pm10 dan pm2,5 tertinggi adalah pada pukul 14:20 sebesar 79 µg/m³ dan 60 µg/m³ dengan temeperatur ruangan 28°C, sedangkan hasil terendah pada pukul 14:00 sebesar 24 µg/m³ dan 19 µg/m³ pada temperatur ruangan 27°C. Jika dirata-rata dari hasil pengukuran polutan pm10 dan pm2,5 sebesar 44,4 mg/m³ dan 34,6 mg/m³.



Gambar 7 Grafik Kualitas Udara *Outdoor*

Dari hasil pengukuran *outdoor* polutan hcho dan tvoc menunjukkan bahwa pada hari kerja polutan hcho dan tvoc tertinggi adalah pada pukul 13:50 sebesar 0,051 mg/m³ dan 0,255 mg/m³ pada temperatur 29°C, sedangkan hasil terendah pada pukul 14:30 sebesar 0,001 mg/m³ dan 0 mg/m³ pada temperatur 28°C. Jika dirata-rata dari hasil pengukuran polutan hcho dan tvoc sebesar 0,02 mg/m³ dan 0,09 mg/m³.

IV. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil survei dan analisis terhadap Pengaruh Hepa Filter dan ultra violet pada kualitas udara Air Conditioner Ducting adalah pengambilan data pada kualitas udara ini menggunakan 3 variasi dalam pengujian, meliputi kualitas udara dalam ruangan udara masuk dan udara keluar dan pengujian diluar ruangan. Sedangkan hasil pengukuran indoor supply polutan HCHO dan TVOC menunjukkan bahwa rata-rata dari hasil pengukuran sebesar 0,02 mg/m³ dan 0,1 mg/m³. hasil pengukuran indoor return polutan PM10 dan PM2,5 menunjukkan rata-rata dari hasil pengukuran polutan PM10 dan PM2,5 sebesar 4 mg/m³ dan 3,4 mg/m³. Dari hasil

pengukuran outdoor polutan PM10 dan PM2,5 menunjukkan bahwa pada hasil rata-rata dari hasil pengukuran polutan PM10 dan PM2,5 sebesar 44,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya ucapkan kepada program studi teknik mesin universitas muhammadiyah sidoarjo yang telah memberikan ilmu dan wawasan yang bermanfaat serta para rekan aslab dan juga teman-teman yang telah membantu untuk menyelesaikan penelitian ini

REFERENSI

- [1] M. Greenstone and Q. (Claire) Fan, "Kualitas udara Indonesia yang memburuk dan dampaknya terhadap harapan hidup," *Air Qual. Life Index*, pp. 1–10, 2019, [Online]. Available: <https://aqli.epic.uchicago.edu/wp-content/uploads/2019/03/Indonesia.Indonesian.pdf>.
- [2] E. Guanabara, K. Ltda, E. Guanabara, and K. Ltda, "PERTUMBUHAN DAN PENGENDALIAN MIKROORGANISME II."
- [3] A. Sofwan, A. Muis, and M. Juliarto, "Sistem Sterilisasi Microorganismes Dengan Penyinaran Ultra Violet Berbasis Internet Of Things," *Sainstech J. Penelit. dan Pengkaj. Sains dan Teknol.*, vol. 32, no. Vol. 32 No. 4 (Desember 2022), p. 88, 2022, doi: 10.37277/stch.v32i4.1477.
- [4] dharminto angga Dwi Sulistiyo, suhartono, "Studi Tentang Angka Kuman Udara Di Ruang Operasi Rsud Tugurejo Semarang," *J. Kesehat. Masy.*, vol. 5, no. 1, pp. 2356–3346, 2017.
- [5] N. Rozi, "Perancangan Mesin Pendingin Ikan Portable Pada Perahu Nelayan Bertenaga Surya Isi 260 Kg," pp. 1–75, 2018.
- [6] S. Wang, *ASHRAE Handbook of air conditioning and refrigeration*. 2015.
- [7] A. Kurniawan, "Pengukuran Parameter Kualitas Udara (Co, No2, So2, O3 Dan Pm10) Di Bukit Kototabang Berbasis Ispu," *J. Teknosains*, vol. 7, no. 1, p. 1, 2018, doi: 10.22146/teknosains.34658.
- [8] M. *) Giolding Hotma L, Ir. Mochtar Hadiwidodo and Ms. , Dr. Ing. Sudarno, ST, "PENGARUH KELEMBABAN, SUHU, ARAH DAN KECEPATAN ANGIN TERHADAP KONSENTRASI NITROGEN DIOKSIDA (NO2) DENGAN MEMBANDINGKAN 2 VOLUME SUMBER PENCEMAR DI AREA PABRIK DAN DI PERSIMPANGAN JALAN (Studi Kasus: PT. Inti General Yaja Steel dan Persimpangan Krakah)," no. 2, pp. 1–10, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/134246-ID-pengaruh-kelembaban-suhu-arah-dan-kecepa.pdf>.
- [9] K. Ramayana and T. Istirokhatun, "PENGARUH JUMLAH KENDARAAN DAN FAKTOR METEOROLOGIS (SUHU , KELEMBABAN , KECEPATAN ANGIN) TERHADAP PENINGKATAN KONSENTRASI GAS PENCEMAR CO (Karbon Monoksida) PADA PERSIMPANGAN JALAN KOTA SEMARANG (STUDI KASUS JALAN KARANGREJO RAYA , SUKUN RAYA , dan NGESREP TIMUR V) Karangrejo Raya street , Sukun Raya street Ngesrep Timur V street of Semarang are located at the intersections in Banyumanik . All streets located at the traffic lighted intersection which caused the vehicles have to stop at the red light that causing the increasing of CO . The otther factors that affect the concentration of CO is the meteorological factors , temperature , humidity , and wind speed . The method of this study is direct sampling at sampling locations using a CO Meter , Anemometer , Hand Tally Counter and Compass . Sampling was conducted in rush time . The concentration of CO in the Karangrejo Raya ranged from 8 ppm - 14 ppm , the concentration of CO in the Sukun Raya ranging from 8 ppm - 17 ppm , and the concentration of CO in the Ngesrep Timur V 8 ppm - 19 ppm . The relation of the number of vehicles and the air humidity is directly proportional to the concentration of CO that will gain along with the increasing number of vehicles and humidity , while the air temperature and wind speed which is inversely proportional to the concentration of CO that is getting decreased when the air temperature and wind speed are getting in creased as well . Keywords : Air pollution , Carbon Monoxide (CO) , Number of vehicle , Meteorologist factors," 2004.
- [10] D. B. Istantinova, M. Hadiwidodo, and D. S. Handayani, "Pengaruh Kecepatan Angin, Kelembaban dan Suhu Udara Terhadap Konsentrasi Gas Pencemar Sufur Dioksida (SO2) dalam Udara Ambien di Sekitar PT. INTI GENERAL YAJA STEEL Semarang," *J. Tek. Lingkung.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–10, 2013, [Online]. Available: <http://www.depkes.go.id>.

- [11] A. Fauzi and W. Sumbodo, "PENGARUH PARAMETER PEMAKANAN TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN ST 40 PADA MESIN BUBUT CNC," 2021. [Online]. Available: <https://journal.uny.ac.id/index.php/dynamika/issue/view/2049>
- [12] B. Luhur Widodo and A. T. Makruf, "ANALISA PERBANDINGAN KEKUATAN STRUKTUR BED MESIN BUBUT CNC KIRANA BPPT TERHADAP BED MODIFIKASI DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE ANALYSIS COMPARATIVE ANALYSIS OF STRUCTURAL STRENGTH OF THE BPPT KIRANA CNC LATHE BED AGAINST MODIFIED BED BY SOFTWARE ANALYSIS," 2019.
- [13] J. Ilham, B. D. Haripriadi, J. T. Mesin, and P. N. Bengkalis, "EVALUASI CAIRAN PENDINGIN TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN PADA PROSES MILLING CNC ROUTER ALUMINIUM SHEET 1100," 2019.
- [14] K. Purbono, J. Teknik Mesin, P. Negeri Semarang, and J. Administrasi Bisnis, "ANALISIS PARAMETER PEMESINAN DAN DEBIT PENDINGIN CNC ROUTER TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN BATU GRANIT," 2019, [Online]. Available: <http://prosiding.unimus.ac.id>
- [15] R. Mulyadi, Y. Oktriadi, M. Riva'i, T. Mesin, M. Negeri, and B. Belitung, "STUDI KASUS NILAI KEKASARAN PERMUKAAN MATERIAL BAJA S45C PADA PROSES PEMESINAN CNC BUBUT," 2022.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.