BULETIN KESLINGMAS
Terbit pertama kali April 1982 Buletin Kesehatan Lingkungan Masyarakat

p-ISSN : 0215-742X
e-ISSN : 2655-8033

DOI: 10.31983/keslingmas.v45i1.13547
Vol.45 No. 1 Tahun 2026

Analisis dan Pemetaan Sebaran Polutan CO, CO2, PM10, dan VOCs di Perkantoran Petikemas

Analysis and Mapping of the Distribution of CO, CO2, PM10, and VOCs Pollutants in Container Offices

Putri Amelia Nur Widyastuti [1)]* Widya Nilandita [2)], Amrullah [3)]

[1), 2), 3)] *Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya, Surabaya, Indonesia*

Abstrak

Kualitas udara dalam ruang perkantoran memiliki peran penting terhadap kehidupan manusia karena akan berdampak terhadap kesehatan dan produktivitas penghuni gedung. Penelitian ini bertujuan menilai kualitas udara dalam ruang perkantoran dan membandingkan dengan baku mutu yang ditetapkan dalam Permenkes No. 48 Tahun 2016, menguji hubungan antara suhu dan kelembapan terhadap polutan udara dalam ruang, serta memetakan sebaran konsentrasi CO, CO_2, PM_{10}, dan VOCs dalam ruang staff. Metode analisis yang digunakan adalah analisis deskriptif, analisis kuantitatif menggunakan uji korelasi *spearman*, dan analisis spasial menggunakan *Surfer 16*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beberapa parameter seperti suhu, kelembapan, intensitas cahaya, CO_2, dan PM_{10} tidak memenuhi baku mutu pada sebagian besar titik, namun pada parameter CO dan VOCs didapatkan konsentrasi yang jauh dibawah baku mutu. Uji Korelasi *Spearman* menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara suhu terhadap VOCs dengan *p-value* 0,021<0,05 dan koefisien korelasi sebesar -0,467 yang menandakan arah hubungan negatif dengan tingkat keeratan cukup. Hasil pemetaan sebaran ditunjukkan berwarna merah untuk area dengan konsentrasi tinggi atau tidak memenuhi baku mutu, sedangkan warna hijau untuk area dengan konsentrasi dibawah baku mutu. Hal ini merupakan langkah penting dalam evaluasi dan pengembangan sistem ventilasi dan pencahayaan, dan pemeliharaan kualitas udara dalam ruang sesuai standar yang ditetapkan.

Kata kunci: Gedung Perkantoran; Kualitas Udara Ruang; Pemetaan; Sebaran Polutan

Abstract

Indoor air quality in office buildings plays a crucial role in human life as it directly impacts the health and productivity of building occupants. This study aims to assess indoor air quality and compare it with Ministry of Health Regulation No. 48 of 2016, examine the relationship between temperature and humidity on indoor air pollutants, and map the distribution of CO, CO2, PM10, and VOC concentrations in staff rooms. The analytical methods used include descriptive analysis, quantitative analysis using the Spearman correlation test, and spatial analysis using Surfer 16. The results of the study indicate that several parameters, such as temperature, humidity, light intensity, CO_2, and PM10, do not meet quality standards at most points. However, for CO and VOCs, concentrations were found to be significantly below quality standards. The Spearman correlation test showed a significant relationship between temperature and VOCs with a p-value of 0.021<0.05 and a correlation coefficient of -0.467, indicating a negative relationship with a moderate level of strength. The distribution mapping results are shown in red for areas with high concentrations or those not meeting quality standards, while green indicates areas with concentrations below quality standards. This is an important step in evaluating and developing ventilation and lighting systems, as well as maintaining indoor air quality in accordance with established standards.

Keywords: *Distribution of Pollutants; Mapping; Office Buildings; Room Air Quality*

1. Pendahuluan

Udara sangat dibutuhkan makhluk hidup terutama manusia. Udara dibagi menjadi udara luar dan dalam ruangan. Kualitas udara dalam ruang sangat berpengaruh terhadap manusia karena 90% aktivitas manusia dilakukan di dalam ruang [1]. Menurut penelitian yang dilakukan oleh *International Institute of Occupational Safety and Health* (NIOSH) pada tahum 1997, yang dirujuk oleh Departemen Kesehatan

Coresponding Author* : Putri Amelia Nur Widyastuti
Email : putriameliann@gmail.com

Republik Indonesia tahun 2005, ada beberapa penyebab pencemaran udara yang meliputi kurangnya ventilasi (52%), kontaminan dalam ruang (16%), kontaminan luar ruangan (10%), mikroba (5%), bahan bangunan (4%), dan faktor lain (13%). Selain itu, pencemaran udara dalam ruang disebabkan oleh bangunan itu sendiri, misalnya karpet, pendingin ruangan, dan perabotan, suhu, kelembaban, ventilasi, serta perilaku penghuni di dalam ruang seperti merokok [2]. Faktor kimia udara menjadi penyumbang pencemaran udara dalam ruang, seperti debu, asap, kotoran, dan jelaga yang memiliki ukuran sangat kecil, sedangkan gas memiliki karakteristik tidak berwarna dan tidak berbau sehingga tidak dapat dilihat oleh mata telanjang. Dampak kesehatan yang ditimbulkan apabila menghirup dalam jumlah yang banyak dan dalam jangka waktu yang lama adalah asma, Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA), kanker paru-paru, dan penurunan konsentrasi, hingga hilangnya kesadaran akibat menurunnya kadar oksigen dalam darah [3].

Perkantoran tidak terlepas dari bahaya risiko lingkungan kerja karena pekerja menghabiskan 8 jam/hari atau 40 jam/minggu yang dapat membahayakan keselamatan dan kesehatan pekerja. Menurut Permenkes No.48 Tahun 2016, dalam rangka menjamin keselamatan dan kesehatan pekerja, maka harus dilakukan penyelenggaraan standar K3 perkantoran yang meliputi upaya pemenuhan keselamatan kerja, kesehatan kerja, kesehatan lingkungan kerja perkantoran, dan ergonomi perkantoran. Kondisi lingkungan kerja khususnya perkantoran harus memperhatikan kualitas udara dalam ruang yang meliputi suhu, kelembapan, intensitas cahaya, ventilasi, dan juga faktor kimia udara agar tidak menimbulkan gangguan kesehatan kerja pada penghuni gedung seperti *Sick Building Syndrome*. Penelitian kualitas udara dalam ruang perkantoran telah banyak dilakukan, salah satunya penelitian yang dilakukan di Kantor Gubernur Provinsi Sulawesi Barat menunjukkan bahwa suhu dan konsentrasi debu (>0,15 mg/m3) merupakan faktor yang berpengaruh terhadap SBS dengan nilai p = 0,006 [4]. Penelitian tersebut mengukur parameter suhu, kelembapan, intensitas cahaya, CO, CO^2, dan kadar debu. Namun dalam penelitian tersebut masih memiliki beberapa keterbatasan. Dalam perkembangan perkantoran modern terdapat aktivitas yang berpotensi memaparkan polutan lain seperti PM_{10} dan VOCs yang berkontribusi terhadap kenyamanan dan produktivitas pekerja. Oleh karena itu, penelitian ini mengisi kesenjangan tersebut dengan melakukan pengukuran kualitas udara yang lebih menyeluruh pada lingkungan perkantoran di kawasan industri, sehingga diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif terkait risiko kesehatan lingkungan kerja.

Perkembangan sektor industri dan logistik di Indonesia telah mendorong pertumbuhan infrastruktur pendukung, termasuk terminal petikemas. Salah satu contohnya adalah Terminal Petikemas XYZ yang berlokasi di area perindustrian. Lokasi strategis ini, meskipun menguntungkan dari segi operasional, menimbulkan tantangan tersendiri terkait kualitas udara di lingkungan kerja. Terminal Petikemas XYZ merupakan bangunan gedung bertingkat 9 lantai. Menurut PP No. 16 Tahun 2021 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang No. 28 tahun 2002 tentang Bangunan Gedung yang dimana gedung bertingkat dengan jumlah lantai bangunan lebih dari 8 lantai termasuk klasifikasi gedung bertingkat tinggi. Gedung Administrasi Terminal Petikemas XYZ merupakan ruang kerja tertutup dengan sistem pertukaran udara menggunakan *exhaust fan* dan *Air Conditioner* (AC) untuk mengatur kelembapan serta menjaga suhu ruangan. Selain itu juga dilengkapi dengan jendela kaca mati, terdapat komputer dan tumpukan berkas yang tersimpan di setiap meja pegawai, serta polusi udara dari luar gedung. Hal tersebut dapat meningkatkan polutan udara di dalam ruangan yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan sehingga dapat menurunkan produktivitas pekerja.

Penelitian tentang pengukuran kualitas udara faktor kimia belum pernah dilakukan di gedung Terminal Petikemas XYZ. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas udara dalam ruang dan membandingkan dengan acuan baku mutu Permenkes No. 48 Tahun 2016, menguji korelasi antara faktor fisik (suhu dan kelembapan) dan polutan udara (CO, CO_2, PM_{10}, dan VOCs), dan menganalisis hasil peta kontur sebaran polutan udara. Hasil penelitian ini dapat digunakan pihak Terminal Petikemas XYZ sebagai data pemantauan kualitas udara dalam ruang serta dapat dibuat kebijakan terkait upaya pengendaliannya.

2. Metode

Jenis penelitian yang digunakan adalah kuantitatif dengan desain analisis observasional. Pengukuran kualitas udara dalam ruang dilakukan menggunakan alat *thermohygrometer (Biotemp)* untuk suhu dan kelembapan, *Environmental Monitor* model EVM-7 untuk pengukuran CO, CO_2, PM_{10}, dan VOCs. Sedangkan untuk pencahayaan mengunaan alat *Lux Meter (Tenmars TM-204)*. Pengukuran kualitas udara faktor fisik dan kimia dilakukan selama jam kerja yaitu pukul 08.00 – 17.00 WIB dan diukur selama 15 menit dengan 3 kali pengulangan (pagi, siang, dan sore) yang kemudian dihitung konsentrasi rata-rata serta instrumen diletakkan di atas meja kerja dengan ketinggian 75 cm dari dasar lantai. Pembacaan hasil

pengukuran menggunakan sistem *direct reading* dengan membaca angka yang muncul pada monitor instrumen. Pengukuran dilakukan dengan kondisi ventilasi tertutup tirai.

Kriteria penentuan lokasi sampling adalah ruang kerja dengan pertukaran udara menggunakan AC, ruangan digunakan selama 7-8 jam setiap hari, dan dihuni oleh minimal 5 orang pekerja [5]. Jumlah titik pengambilan sampel kualitas udara didasarkan pada SNI 7230:2023 bahwa 1 titik mewakili 5mx5m atau $25m^2$ sehingga didapatkan sebanyak 4 titik di ruang staff lantai dasar dan 4 titik di ruang staff lantai 4 [6]. Sedangkan titik pengambilan sampel pencahayaan mengacu pada SNI 7062:2019 bahwa titik sampling terletak pada pertemuan dua garis diagonal dengan luas ≤3 m2 sehingga didapatkan 10 titik pada ruang staff lantai dasar dan 12 titik pada ruang staff lantai 4 [7].

Gambaran lokasi penelitian pada ruang staff lantai dasar adalah aktivitas administasi yang dihuni oleh 11 orang pekerja, dengan detail ruangan ber AC, lantai *vinyl*, dan jendela kaca mati. Sedangkan ruang staff lantai 4 dihuni oleh 15 orang dengan aktivitas *control room* yang memiliki detail ruangan ber AC, lantai *vinyl*, dan ventilasi mekanis. Kedua ruang ini memiliki sumber pencemar kualitas udara yang hampir sama khususnya pada alat elektronik seperti *printer*, *scanner*, dan komputer.

Uji Korelasi *Spearman* dilakukan untuk melihat hubungan antar 2 variabel yaitu mengidentifikasi korelasi antara kualitas fisik udara (suhu dan kelembapan) terhadap polutan udara (CO, CO_2, PM_{10}, dan VOC_S) di Gedung Administrasi Terminal Petikemas XYZ. Sedangkan pemetaan sebaran konsentrasi polutan udara dilakukan menggunakan *software Surfer 16* dengan metode *gridding*. Hal ini berfungsi untuk mengetahui pola sebaran konsentrasi pencemar udara kimia dalam ruang secara tiga dimensi serta memahami dinamika pergerakan dan konsentrasi polutan. Baku mutu yang dijadikan acuan parameter adalah Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 48 Tahun 2016 tentang Standar Keselamatan dan Kesehatan Kerja Perkantoran.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengukuran Kualitas Udara dan Pencahayaan

Pengambilan sampel pada penelitian ini dilakukan selama 2 hari yaitu pada hari Rabu-Kamis tanggal 23-24 April 2025 dengan 3 kali pengukuran selama 8 jam *shift* kerja yaitu pada pagi (09.00-10.00), siang (13.00-14.00), dan sore (15.00-16.00), serta dilakukan selama 15 menit pada setiap titik. Pengukuran dilakukan di Gedung Administrasi Terminal Petikemas XYZ dengan rincian pada lantai dasar terdiri dari 4 titik pengukuran kualitas udara dalam ruang dan 10 titik pencahayaan, sedangkan pada lantai 4 terdiri dari 4 titik pengukuran kualitas udara dalam ruang dan 12 titik pencahayaan.

Berdasarkan Tabel 1, hasil pengukuran suhu menunjukkan suhu naik hampir pada semua ruang, terutama selama sesi siang dan sore. Banyak faktor yang menyebabkan kenaikan suhu, termasuk ventilasi alami dan buatan, serta struktur bangunan seperti plafon eternit yang menyerap panas dari luar ruangan dan menyalurkan panas sehingga suhu ruang meningkat [5]. Selain itu, arah sinar matahari juga dapat memengaruhi suhu ruangan, misalnya pada pukul 12.00-13.00 kedudukan matahari sejajar dengan Bumi. Terutama pada ruang staff lantai 4 yang menghadap ke arah timur. Ruangan yang menghadap ke timur dan barat menerima sinar matahari lebih banyak dari ruang yang menghadap utara dan selatan [6]. Kadar kelembapan terendah di ruang staff lantai dasar sebesar 40% dan tertinggi 53%, sedangkan di ruang staff lantai 4 cenderung mendapatkan kelembapan lebih rendah yaitu 33% dan tertinggi 42%. Kadar kelembapan di ruang staff lantai dasar didapatkan hasil memenuhi baku mutu dibandingkan dengan ruang staff lantai 4 yang lebih rendah. Hal ini disebabkan oleh banyaknya pekerja dan elektronik di lantai 4, seperti komputer, printer, mesin fotokopi, dan scanner. Apabila suhu ruang tinggi, maka didapatkan kadar kelembapan rendah, dan sebaliknya [7].

Pengukuran karbon monoksida (CO) didapatkan hasil memenuhi baku mutu yaitu dibawah 10 ppm pada seluruh titik dan lokasi. Gas karbon monoksida berasal dari aktivitas pembakaran yang tidak sempurna dari kendaraan bermotor dan aktivitas industri [11]. Rendahnya konsentrasi CO (1-2 ppm) pada kedua ruang tersebut menunjukkan tidak terdapat sumber emisi CO yang signifikan di dalam ruangan. Fenomena ini disebabkan karena lokasi gedung perkantoran Terminal Petikemas XYZ yang jauh dari aktivitas kendaraan tinggi seperti basement atau area parkir [11]. Hal ini juga didukung oleh kondisi eksisting Terminal Petikemas XYZ dengan ruang kerja tertutup dan sistem pertukaran udara menggunakan *exhaust fan* dan AC yang berfungsi dengan baik yang membantu mendispersi sebaran CO dalam ruangan sehingga tidak terakumulasi pada satu titik [12].

Tabel 1. Hasil Pengukuran Kualitas Udara Dalam Ruang

Lokasi	Titik	Suhu (^{o}C)	Kelembapan (%)	CO (ppm)	CO_2 (ppm)	PM_{10} (mg/m^3)	VOCs (ppm)
		23-26 ^{o}C	**40-60%**	**10 ppm**	**1000 ppm**	**0,15 mg/m^3**	**3 ppm**
1. PENGUKURAN PAGI							
Ruang Staff Lantai Dasar	Titik 1	26,3	42	2	1172	0,356	4,41
	Titik 2	26	45	2	1316	0,373	3,95
	Titik 3	25,1	42	2	1268	0,345	2,16
	Titik 4	25,9	50	2	1276	0,444	3,39
Ruang Staff Lantai 4	Titik 1	28,1	41	2	1211	0,600	2,53
	Titik 2	27,3	41	2	1291	0,479	2,29
	Titik 3	25,9	38	2	1432	0,406	2,33
	Titik 4	26,4	38	2	1297	0,459	1,75
2. PENGUKURAN SIANG							
Ruang Staff Lantai Dasar	Titik 1	26,9	45	2	1297	0,259	1,44
	Titik 2	26,9	43	2	1422	0,274	1,89
	Titik 3	24,5	44	1	1346	0,280	1,89
	Titik 4	25,3	52	2	1354	0,335	1,19
Ruang Staff Lantai 4	Titik 1	28,4	40	2	1267	1,532	1,26
	Titik 2	27,7	33	2	1414	0,450	1,19
	Titik 3	26,7	37	2	1584	0,201	1,24
	Titik 4	27	37	2	1418	0,440	1,03
3. PENGUKURAN SORE							
Ruang Staff Lantai Dasar	Titik 1	28	40	1	1253	0,204	1,64
	Titik 2	27	42	1	1308	0,208	1,79
	Titik 3	24,7	42	1	1254	0,201	2,02
	Titik 4	25	53	1	1239	0,266	1,00
Ruang Staff Lantai 4	Titik 1	31,2	35	2	1369	0,195	0,00
	Titik 2	29,4	35	2	1413	0,187	0,09
	Titik 3	27,8	42	2	1461	0,192	0,11
	Titik 4	28,1	40	2	1411	0,216	0,08

Sumber : Hasil Analisis, 2025

Selanjutnya, pada tabel 1 menunjukkan data hasil pengukuran karbon dioksida (CO_2) didapatkan pengukuran diatas 1000 ppm yang artinya tidak memenuhi baku mutu pada seluruh titik. Dalam pengukuran CO_2, jendela dan tirai dalam posisi tertutup sehingga mempengaruhi konsentrasi CO_2 dan didapatkan hasil pengukuran >1000 ppm. konsentrasi CO_2 dipengaruhi oleh aktivitas dalam ruangan, jumlah, ukuran, dan posisi jendela. Penelitian terkait kualitas udara dalam ruang kelas dengan ventilasi terbuka didapatkan konsentrasi CO_2 dibawah 1000 ppm yang diperkuat oleh pendapat yang menyebutkan bahwa ventilasi alami dengan jendela terbuka sebesar 10° dan 30° dapat mempertahankan kualitas udara dengan baik [8]. Kemudian, konsentrasi PM_{10} juga mendapatkan konsentrasi tinggi di semua ruang yaitu di ruang staff lantai dasar berkisar antara 0,20-0,44 mg/m^3 sedangkan di ruang staff lantai 4 berkisar antara 0,18-1,53 mg/m^3. Sumber partikulat di ruang kerja dapat berasal dari primer maupun sekunder. Partikulat primer di ruang staff lantai dasar dan lantai 4 berasal dari kegiatan mencetak dokumen yang dapat menghasilkan partikel halus dari tumpukan kertas dan printer, asap rokok yang menempel pada pakaian pekerja, dan partikulat yang menempel pada sepatu penghuni yang terbawa masuk ke dalam ruang. Selain itu, perawatan sistem HVAC yang buruk dapat menyebabkan bakteri atau virus berkembang biak di filter yang kotor. Pertukaran udara yang buruk menyebabkan stagnasi udara dan masuknya partikel ke dalam ruang [9].

Sumber partikulat sekunder juga dapat berasal dari alat tulis kantor, seperti lem dan spidol yang menghasilkan partikel halus. Hal ini karena senyawa VOC terjadi reaksi dengan nitrogen di bawah sinar

matahari, serta cairan pembersih ruangan yang menghasilkan terjadinya reaksi asam basa yaitu amonia dengan asam nitrat menghasilkan amonium nitrat yang merupakan jenis partikulat di udara. Parameter VOCs didapatkan hasil pengukuran dibawah baku mutu yaitu <3 ppm. Sumber penghasil VOCs di ruang staff Terminal Petikemas XYZ adalah pengharum ruangan sintesis, *wallpaper* dinding dengan perekat lem, aktivitas penghuni seperti penggunaan parfum, serta penggunaan lantai vinyl, komputer, dan mesin scanner. Lantai vinyl berbahan PVC dengan perekat lem mengeluarkan senyawa *formaldehide*, *xilene*, dan *toluene* yang termasuk jenis VOC. Sebanyak 25 produk pengharum ruangan yang telah diteliti oleh Steinimann pada tahun 2010, terbukti menghasilkan senyawa beracun dan berbahaya yaitu terdapat sebanyak 133 jenis VOCs yang terkandung didalam pengharum ruangan [10]. Contohnya metilen klorida, asetaldehid, 1-4-dioksidan. Pada umumnya, jenis VOC yang terkandung dalam pengharum raungan sintesis adalah *benzene, xilene*, dan *toluene* [11].

Pengukuran intensitas cahaya menggunakan *Lux Meter* dengan metode *Direct Reading* dan pembacaan dilakukan sebanyak 3 kali. Ruang staff merupakan ruang kerja yang membutuhkan cahaya yang cukup untuk membantu pekerja dalam menyelesaikan tugasnya. Berdasarkan Permenkes No. 48 Tahun 2016, baku mutu intensitas cahaya di ruang kerja adalah sebesar 300 lux. Hasil pengukuran intensitas cahaya di ruang staff lantai dasar dan lantai 4 Gedung Administrasi Terminal Petikemas XYZ dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya

Lokasi	Titik	Intensitas Cahaya (lux) Rata-rata	Baku Mutu (lux)	Keterangan
Ruang Staff Lantai Dasar	Titik 1	197,7	Ruang Kerja: 300	Tidak Memenuhi
	Titik 2	184,8		Tidak Memenuhi
	Titik 3	2053,3		Memenuhi
	Titik 4	190,7		Tidak Memenuhi
	Titik 5	166,5		Tidak Memenuhi
	Titik 6	160,8		Tidak Memenuhi
	Titik 7	104,7		Tidak Memenuhi
	Titik 8	105,0		Tidak Memenuhi
	Titik 9	78,7		Tidak Memenuhi
	Titik 10	194,2		Tidak Memenuhi
Ruang Staff Lantai 4	Titik 1	150,4		Tidak Memenuhi
	Titik 2	124,2		Tidak Memenuhi
	Titik 3	115,9		Tidak Memenuhi
	Titik 4	142,1		Tidak Memenuhi
	Titik 5	136,4		Tidak Memenuhi
	Titik 6	87,1		Tidak Memenuhi
	Titik 7	100,5		Tidak Memenuhi
	Titik 8	129,4		Tidak Memenuhi
	Titik 9	104		Tidak Memenuhi
	Titik 10	52,1		Tidak Memenuhi
	Titik 11	47,6		Tidak Memenuhi
	Titik 12	108,0		Tidak Memenuhi

Sumber : *Hasil Analisis, 2025*

Berdasarkan Tabel 2, didapatkan hasil pengukuran intensitas cahaya di ruang staff lantai dasar dan lantai 4 masih banyak yang tidak memenuhi baku mutu. Hanya 1 dari total 22 titik yang memenuhi baku mutu yaitu didapatkan hasil sebesar 2053,3 lux. Meskipun ruangan menghadap ke timur yang cenderung lebih banyak menerima sinar matahari, akan tetapi hal ini berbanding terbalik pada ruang staff lantai 4, yang disebabkan peletakan lampu yang menempel pada langit plafon sehingga intensitas tidak merata pada seluruh ruang yang menyebabkan intensitas cahaya tidak memenuhi standar. Sedangkan ruang staff lantai dasar menghadap utara sehingga kurang tersinari matahari. Faktor penyebab rendahnya intensitas cahaya di ruang tersebut salah satunya karena tidak adanya jendela yang menghadap ke arah timur atau barat.

Uji Korelasi Spearman

Korelasi *spearman* ditujukan untuk melihat hubungan antar dua variabel tanpa mengharuskan distribusi data normal. Selain itu, nilai koefisien korelasi dikembalikan dalam rentang nilai yang berkisar antara -1, 0, dan 1 [12]. Sehingga uji korelasi *spearman* antara kualitas fisik udara (suhu dan kelembapan) terhadap polutan udara (CO, CO_2, PM_{10}, dan VOC_S) dapat disajikan berupa tabel yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Korelasi Spearman antara Faktor Fisik terhadap Polutan Udara

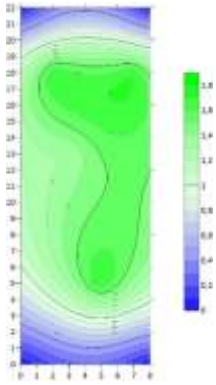
No.	**Parameter**	***p-value***	**Keterangan**
1.	Suhu → CO	0,103	Tidak Berkorelasi
2.	Suhu → CO_2	0,422	Tidak Berkorelasi
3.	Suhu → PM_{10}	0,620	Tidak Berkorelasi
4.	Suhu → VOCs	0,021	Berkorelasi
5.	Kelembapan → CO	0,168	Tidak Berkorelasi
6.	Kelembapan → CO_2	0,071	Tidak Berkorelasi
7.	Kelembapan → PM_{10}	0,974	Tidak Berkorelasi
8.	Kelembapan → VOCs	0,072	Tidak Berkorelasi

Sumber : Hasil Analisis, 2025

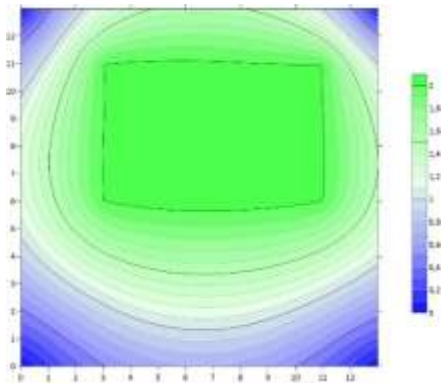
Berdasarkan Tabel 3 hasil uji korelasi *spearman* suhu terhadap konsentrasi *Volatile Organic Compounds* didapatkan nilai signifikansi sebesar 0,021 atau <0,05. Maka dapat disimpulkan bahwa hubungan antara suhu dengan konsentrasi *Volatile Organic Compounds* terdapat korelasi yang signifikan dengan arah hubungan negatif dan tingkat kekuatan hubungan cukup yang ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi sebesar -0,467*. Arah hubungan negatif menandakan hubungan yang berlawanan yaitu semakin tinggi suhu maka semakin rendah konsentrasi VOCs atau sebaliknya. Hasil uji statistik pada penelitian ini berlawanan dengan teori umum yang menyebutkan bahwa semakin tinggi suhu maka semakin tinggi juga konsentrasi VOCs yang menguap di udara (hubungan positif). Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan aktivitas ruangan dan sumber VOCs yang tidak merata pada tiap titik pengukuran. Misalnya seperti pada pagi hari dengan suhu lebih rendah mendapatkan konsentrasi VOCs yang tinggi akibat penggunaan parfum, printer, dan pembersih ruangan. Sehingga suhu tinggi tidak selalu menyebabkan konsentrasi VOCs tinggi jika tidak ada sumber VOCs di area pengukuran. Hal ini dikuatkan oleh penelitian yang di ruang kelas SD yang juga mendapatkan rata-rata konsentrasi VOC total yang rendah yaitu sebesar 0,0054 ppm meskipun didapatkan suhu tinggi pada saat pengukuran yaitu antara 28,8°C–31,9°C [13]. Rendahnya konsentrasi VOC total di ruang kelas dipengaruhi oleh minimnya sumber VOC dalam ruang.

Pemetaan Sebaran Konsentrasi Polutan Udara

Pemetaan sebaran konsentrasi dilakukan menggunakan *software Surfer 16* dengan metode *gridding* yang memasukkan data koordinat titik sampling dan konsenstrasi yang disesuaikan dengan hasil pengukuran di ruang staff lantai dasar dan lantai 4 dengan tujuan untuk memberikan gambaran tentang tingkat polutan gas karbon monoksida yang ada di ruang staff.



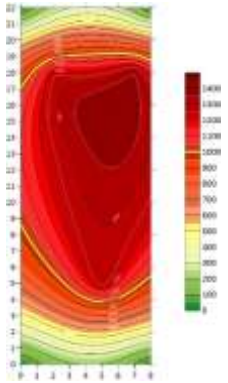
Gambar 1. Peta Sebaran Konsentrasi CO di Ruang Staff Lantai Dasar



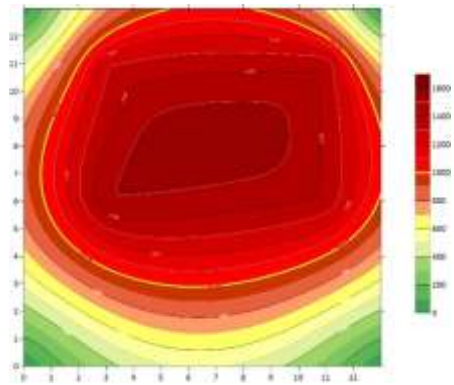
Gambar 2. Peta Sebaran Konsentrasi CO di Ruang Staff Lantai 4

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa pemetaan konsentrasi CO di ruang staff lantai dasar menunjukkan warna hijau dan biru, yakni warna hijau menunjukkan konsentrasi CO yang masih jauh dibawah baku mutu yang ditunjukkan dengan konsentrasi rata-rata CO pada semua titik didapatkan sebesar 1,3-1,7 ppm. Oleh karena itu, hasil pemetaan pada semua titik berwarna hijau. Sedangkan warna biru merupakan area yang tidak diteliti sehingga tidak diketahui konsentrasinya. Berdasarkan Permenkes No. 48 Tahun 2016, baku mutu CO di tempat perkantoran adalah sebesar 10 ppm.

Selanjutnya, berdasarkan Gambar 2 merupakan hasil pemetaan konsentrasi CO yang dilakukan di ruang staff lantai 4 juga menunjukkan warna hijau dan biru, yakni warna hijau menunjukkan konsentrasi CO yang masih jauh dibawah baku mutu yang ditunjukkan dengan konsentrasi rata-rata CO pada semua titik didapatkan sebesar 2 ppm. Sedangkan warna biru menunjukkan konsentrasi CO pada nilai yang mendekati 0 ppm. Keberadaan exhaust fan dan Air Conditioner sebagai ventilasi mekanis sehingga tidak ada emisi gas yang masuk ke dalam ruangan mendukung terhadap rendahnya konsentrasi CO di ruang staff Gedung Administrasi Terminal Petikemas XYZ.



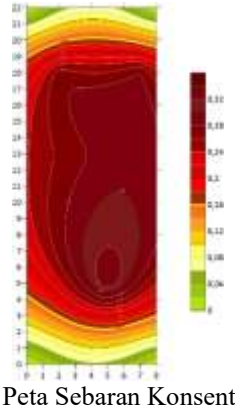
Gambar 3. Peta Sebaran Konsentrasi CO_2 di Ruang Staff Lantai Dasar



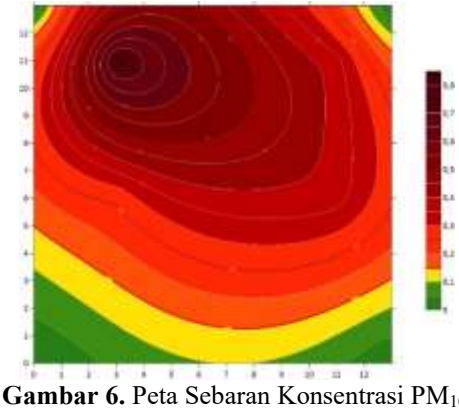
Gambar 4. Peta Sebaran Konsentrasi CO_2 di Ruang Staff Lantai 4

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa hasil pemetaan konsentrasi CO^2 di ruang staff lantai dasar menunjukkan warna merah pada semua titik. Hal ini dikarenakan konsentrasi rata-rata CO_2 di semua titik menunjukkan nilai diatas 1000 ppm yang artinya diatas baku mutu. Konsentrasi CO_2 dipengaruhi oleh kepadatan, aktivitas, dan waktu yang dihabiskan di dalam ruangan. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa semakin banyak orang, maka semakin besar konsentrasi CO^2 yang dihasilkan.

Kemudian, dapat dilihat pada Gambar 4 bahwa hasil pemetaan konsentrasi CO^2 di ruang staff lantai 4 juga menunjukkan warna merah pada semua titik yang artinya konsentrasi yang dihasilkan melebihi baku mutu. Selain kepadatan penghuni, tingginya konsentrasi CO^2 di ruang staff lantai 4 juga disebabkan oleh posisi jendela dan tirai dalam posisi tertutup saat pengukuran berlangsung.



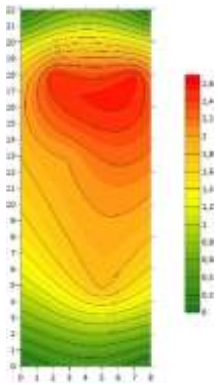
Gambar 5. Peta Sebaran Konsentrasi PM_{10} di Ruang Staff Lantai Dasar



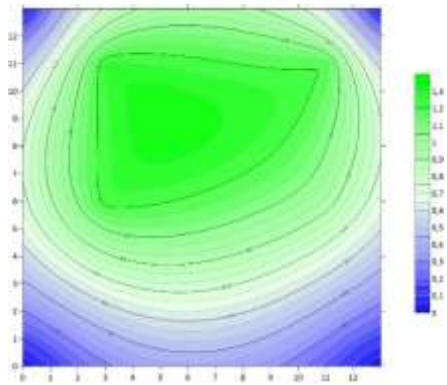
Gambar 6. Peta Sebaran Konsentrasi PM_{10} di Ruang Staff Lantai 4

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat bahwa hasil pemetaan konsentrasi PM_{10} di ruang staff lantai dasar menunjukkan warna merah pada semua titik yang artinya konsentrasi PM_{10} yang didapatkan melebihi baku mutu yang diperkenankan yaitu diatas 0,15 mg/m^3. Berdasarkan uji statistik yang dilakukan terdapat hubungan antara kelembapan dengan konsentrasi PM_{10} yang ditunjukkan dengan *p-value* = 0,048 yang artinya semakin tinggi kadar kelembapan maka konsentrasi PM_{10} mengalami penurunan [7]. Hal ini sejalan dengan hasil pengukuran yang dilakukan di ruang staff lantai dasar bahwa didapatkan konsentrasi kelembapan tinggi sehingga konsentrasi PM_{10} di ruang staff lantai dasar lebih rendah jika dibandingkan dengan ruang staff lantai 4 yang memiliki kelembapan rendah dengan konsentrasi PM_{10} tinggi. Meskipun angka PM_{10} di ruang staff lantai dasar lebih rendah, namun masih terbilang tidak memenuhi baku mutu.

Selanjutnya, berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat bahwa hasil pemetaan konsentrasi PM_{10} di ruang staff lantai 4 juga menunjukkan warna merah pada semua titik. Warna merah menunjukkan konsentrasi tertinggi pertama, sedangkan warna *orange* menunjukkan konsentrasi tertinggi kedua berdasarkan hasil pengukuran. Kegiatan konstruksi di sekitar ruang staff lantai 4 yang menyebabkan terbawanya debu ke dalam ruang. Selain itu, suhu tinggi pada ruang staff lantai 4 juga menyebabkan tingginya konsentrasi PM_{10} dalam ruang tersebut. Konsentrasi PM_{10} dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah suhu. Semakin tinggi suhu ruangan maka konsentrasi PM_{10} mengalami peningkatan. Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa konsentrasi PM_{10} meningkat sebesar 0,48 µg/m^3 setiap peningkatan suhu 1°C [14].



Gambar 6. Peta Sebaran Konsentrasi VOCs di Ruang Staff Lantai Dasar



Gambar 7. Peta Sebaran Konsentrasi VOCs di Ruang Staff Lantai 4

Berdasarkan Gambar 7 dapat dilihat bahwa hasil pemetaan konsentrasi VOCs di ruang staff lantai dasar menunjukkan warna orange dan kuning. Warna orange menunjukkan konsentrasi tertinggi pertama, sedangkan warna kuning menunjukkan konsentrasi tertinggi kedua. Dilakukan pewarnaan dengan warna orange menandakan konsentrasi yang mendekati dengan baku mutu. Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan, konsentrasi VOCs yang didapatkan di ruang staff lantai dasar adalah rata-rata sebesar 1,86-2,54 ppm yang artinya masih memenuhi baku mutu dengan batas 3 ppm.

Sedangkan berdasarkan Gambar 8 hasil pemetaan konsentrasi VOCs di ruang staff lantai 4 menunjukkan warna hijau dan biru. Hal ini dikarenakan konsentrasi VOCs yang didapatkan memiliki nilai yang memenuhi baku mutu pada semua titiknya yaitu dengan rata-rata sebesar 0,95-1.86 ppm. Hal ini memiliki nilai yang lebih rendah jika dibandingkan dengan ruang staff lantai dasar. Faktor yang mempengaruhi tingginya kadar VOCs dalam ruang staff Terminal Petikemas XYZ adalah penggunaan pengharum ruangan, wallpaper dinding dengan perekat lem, aktivitas penghuni seperti penggunaan parfum, keberadaan komputer, serta printer dan mesin scan. Meskipun hasil pengukuran yang didapatkan masih tergolong memenuhi baku mutu, namun VOCs dalam ruang memiliki dampak negatif terhadap kesehatan bagi yang menghirupnya. Oleh karena itu, penting untuk dilakukan upaya pengendalian terhadap bahaya kualitas udara dalam ruang, misalnya dengan menggunakan biji kopi robusta sebagai alternatif pengharum ruangan.

4. Simpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian mengenai Pemetaan Kualitas Udara Dalam Ruang di Gedung Perkantoran Terminal Petikemas XYZ maka dapat diambil kesimpulan bahwa berdasarkan Permenkes

No. 48 Tahun 2016 terdapat beberapa parameter seperti suhu, kelembapan, intensitas cahaya, CO_2, dan PM_{10} tidak memenuhi baku mutu pada sebagian besar titik, namun pada parameter CO dan VOCs didapatkan konsentrasi yang jauh dibawah baku mutu dan hasil Uji Korelasi *Spearman* antara kualitas fisik udara (suhu dan kelembapan) terhadap polutan udara (CO, CO_2, PM_{10}, dan VOCS) didapatkan hasil bahwa terdapat korelasi antara suhu terhadap VOCs dengan *p-value*= 0,021. Hasil pemetaan sebaran ditunjukkan berwarna merah untuk area dengan konsentrasi tinggi atau tidak memenuhi baku mutu, sedangkan warna hijau untuk area dengan konsentrasi dibawah baku mutu.

Perlunya penelitian lanjutan yang menganalisis pengaruh kondisi ventilasi saat pengukuran berlangsung dan melakukan pemetaan menggunakan software selain Surfer, serta perlunya tindakan pengendalian terhadap bahaya kualitas udara dalam ruang baik fisik dan kimia untuk menghindari dampak kesehatan bagi pekerja.

5. Daftar Pustaka

1. Ginting DB, Santosa I, Trigunarso SI. Pengaruh Suhu, Kelembaban Dan Kecepatan Angin Air Conditioner (AC) Terhadap Jumlah Angka Kuman Udara Ruangan. J Anal Kesehat. 2022;11(1):44.
2. Dewi WC, Raharjo M, Wahyuningsih NE. Literatur Review : Hubungan Antara Kualitas Udara Ruang dengan Gangguan Kesehatan Pada Pekerja. An-Nadaa J Kesehat Masy. 2021;8(1):88.
3. Sulistiani E, S ASK. Fenomena Pencemaran Lingkungan: Dampak Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan. J Manaj dan Bisnis Ekon [Internet]. 2024 Feb 3;2(2):301–5. Available from: https://jurnal.itbsemarang.ac.id/index.php/JMBE/article/view/1599
4. Adiningsih R, Hairuddin MC. The Incidence of Sick Building Syndrome and Its Causes on Employees at the Governor's Office of West Sulawesi Province. Indones J Occup Saf Heal. 2021;10(2):153–60.
5. Mawarni FM, Lestari M, Windusari Y, Andarini D, Camelia A, Nandini RF, et al. Keluhan Sick Building Syndrome di Gedung PT. X. J Kesehat Lingkung Indones [Internet]. 2021 Feb 3;20(1):39–46. Available from: https://ejournal.undip.ac.id/index.php/jkli/article/view/32970
6. Badan Standardisasi Nasional. SNI 7230:2023 tentang Penentuan titik pengambilan sampel faktor kimia di udara tempat kerja. 2023.
7. Badan Standardisasi Nasional. SNI 7062:2019/Ralat 1:2020 tentang Pengukuran Intensitas Pencahayaan di Tempat Kerja. 2020.
8. Oktaviani DA, Prasasti CI. Kualitas Fisik dan Kimia Udara, Karakteristik Pekerja, serta Keluhan Pernapasan pada Pekerja Percetakan di Surabaya. J Kesehat Lingkung. 2015;8(2):195.
9. Furqoni A, Prianto E. Kajian Aspek Kenyamanan Visual pada Rumah Tinggal Berdasarkan Pencahayaan Alami. J Penelit dan Pengabdi Kpd Masy UNSIQ. 2021;8(2):118–24.
10. Kahfi M, Falgenti K, Rizqi LD, Megawulan D. Analisis Pengaruh Suhu Udara Rata-Rata Terhadap Kelembaban di Wilayah DKI Jakarta Menggunakan Regresi Linear. Conf Electr Eng Informatics, Ind Technol Creat Media. 2023;3(1).
11. Environmental Protection Agency US. Basic Information about Carbon Monoxide (CO) Outdoor Air Pollution [Internet]. 2024 [cited 2025 Mar 14]. Available from: https://www.epa.gov/co-pollution/basic-information-about-carbon-monoxide-co-outdoor-air-pollution#Effects
12. Rontos AAP, Maddusa SS, Sondakh RC. Analisis Kadar Karbon Monoksida (CO) Di Area Parkir Basement Jumbo Swalayan Kota Manado Tahun 2018. J Kesehat Masy Univ Sam Ratulangi. 2018;7(4).
13. Ririn Yulianti, Hartami PN, Hidayat T. Penurunan Konsentrasi Gas Karbon Monoksida Dengan Model Fisik Terowongan Skala Laboratorium. J Teknol Miner dan Batubara. 2022;18(1):59–67.
14. Talarosha B. Konsentrasi CO2 pada Ruang Kelas dengan Sistem Ventilasi Alami sebuah Penelitian Awal. J Lingkung Binaan Indones. 2023;6(1):43–8.
15. Shidki H, Chandra I, Djunaedy E. Analisis Kualitas Udara dalam Ruangan pada Kantor Terbuka di Universitas Telkom. In: e-Proceeding of Engineering. 2020. p. 1121–8.
16. Mahriani, Wathon S, Utami ET. Diversifikasi Produk Olahan Limbah Biji Kopi Robusta (Coffea

canephora) Menjadi Pengharum Ruangan Aroma Terapi. War Pengabdi. 2020;14(2):141–52.

17. Ugranli T, Gungormus E, Sofuoglu A, Sofuoglu SC. Indoor Air Quality in Chemical Laboratories [Internet]. Vol. 73, Comprehensive Analytical Chemistry. Elsevier Ltd; 2016. 859–878 p. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/bs.coac.2016.04.007
18. Nurhalijah SD, Cahyati N, Romadhona A, Maulani N, Rahayu MS. Analisis Korelasi Spearman untuk Mengetahui Hubungan antara Penggunaan Media Sosial dan Tingkat Produktivitas Akademis Mahasiswa Agribisnis (Studi Kasus : Universitas Sultan Ageng Tirtayasa). J Ilm Wahana Pendidik. 2024;10(16):800–9.
19. Syamiyah N, Wahyuni S. Pencemaran Udara dalam Ruangan (Karbon Dioksida dan Total Senyawa Organik Volatile) serta Gangguan Paru pada Siswa SD di Depok. J Baja Heal Sci. 2021;1(02):126–40.
20. Putri NBD. Studi Reduksi Particulate Matter 10 (PM10) Udara Ambien oleh Ruang Terbuka Hijau di Kawasan PT Petrokimia Gresik [Internet]. Institut Teknologi Sepuluh November; 2017. Available from: https://repository.its.ac.id/42600/%0Ahttps://repository.its.ac.id/42600/7/3313100032-Undergraduate-Theses.pdf