



YAYASAN PENDIDIKAN DAYANG SUMBI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

Jl. PHH Mustapa 23, Bandung 40124 Indonesia, Telepon: +62-22-7272215 ext 157, Fax:022-7202892
Web site: <http://www.itenas.ac.id>, e-mail: lpp@itenas.ac.id

SURAT KETERANGAN
MELAKUKAN KEGIATAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
457/A.01/TL-FTSP/Itenas/IX/2024

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Dr. M. Rangga Sururi, S.T., M.T.
Jabatan : Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Itenas
NPP : 40909

Menerangkan bahwa,

Nama : Rimba Nur Fauzan
NRP : 252017010
Email : rimba.fauzan@gmail.com

Telah melakukan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat sebagai berikut:

Nama Kegiatan : Analisis Kualitas Udara TVOC Dalam Ruangan Serta Faktor Yang Berhubungan Di Pabrik Garmen CV. X
Tempat : Pabrik Garmen CV. X
Waktu : 20 Mei 2023 s.d. 18 Juni 2023
Sumber Dana : Dana Pribadi

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

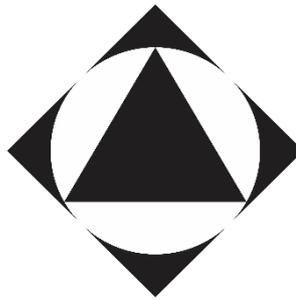
Bandung,
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan
Itenas,



(Dr. M. Rangga Sururi, S.T., M.T.)
NPP. 40909

**ANALISIS KUALITAS UDARA TVOC DALAM RUANGAN
SERTA FAKTOR YANG BERHUBUNGAN
DI PABRIK GARMEN CV. X**

KERJA PRAKTIK



Oleh:

RIMBA NUR FAUZAN

25-2017-010

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
BANDUNG
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

LAPORAN PRAKTIK KERJA

**ANALISA KUALITAS UDARA TVOC DAN HCHO DALAM RUANGAN
SERTA FAKTOR YANG BERHUBUNGAN DI PABRIK GARMEN CV. X**

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan
Mata Kuliah Praktik Kerja (TLA - 490) pada
Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Nasional Bandung

Disusun oleh :

Rimba Nur Fauzan

25-2017-010

Bandung, 30 Agustus 2023

Semester Genap 2022/2023

Mengetahui/Menyetujui

Dosen Pembimbing



(Dr. Eng. Didin Agustian Permadi, S.T., M.Eng.)
NIP : 120180701

Koordinator Praktik Kerja



26/8/24

(Siti Ainun, S.T., S.Psi, M.Sc.)
NIP: 120020123

Ketua Program Studi



(Dr., M Rangga Sururi, S.T., M.T.)

NIP : 120040909

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis kualitas udara terkait konsentrasi *Total Volatile Organic Compounds* (TVOC) di pabrik garmen CV.X, yang memiliki kapasitas produksi 20.000–22.000 pcs/bulan dengan 103 pekerja. Pengukuran dilakukan selama tiga hari di ruang produksi yang padat dan penuh aktivitas, meliputi *spreading*, *cutting*, *numbering*, *sewing*, *finishing*, *quality check*, dan *packaging*. Hasil menunjukkan bahwa konsentrasi TVOC berada dalam batas aman sesuai Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 1077/MENKES/PER/V/2011. TVOC terendah tercatat pada hari kedua (0,027 ppm) dan tertinggi pada hari ketiga (0,036 ppm). Meskipun suhu dan kelembapan tidak signifikan mempengaruhi konsentrasi, kondisi ini dapat mempengaruhi kenyamanan pekerja.

ABSTRACT

This study analyzes indoor air quality concerning the concentration of Total Volatile Organic Compounds (TVOC) in the garment factory CV. X, which has a production capacity of 20,000–22,000 pieces per month with 103 employees. Measurements were conducted over three days in the densely populated production area, which involves activities such as spreading, cutting, numbering, sewing, finishing, quality check, and packaging. The results showed that the concentrations of TVOC were within safe limits as per the Indonesian Ministry of Health Regulation No. 1077/MENKES/PER/V/2011. The lowest TVOC concentration was recorded on the second day (0,027 ppm), and the highest on the third day (0,036 ppm). Although temperature and humidity did not significantly affect the concentrations, these conditions may impact worker comfort.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kualitas udara dalam ruangan adalah aspek penting yang mempengaruhi kesejahteraan dan kesehatan para pekerja di lingkungan kerja. Terutama dalam industri manufaktur seperti pabrik garmen, di mana aktivitas produksi melibatkan penggunaan berbagai bahan dan proses yang berpotensi menghasilkan polutan udara, pemantauan dan evaluasi kualitas udara dalam ruangan menjadi semakin penting. Dalam hal ini, dua parameter yang sangat relevan untuk dianalisis adalah Total Volatile Organic Compounds (TVOC).

Total Volatile Organic Compounds (TVOC) menurut USEPA (United States Environmental Protection Agency) adalah kelompok senyawa organik volatil yang dapat menguap menjadi udara dari berbagai sumber, termasuk bahan kimia yang digunakan dalam proses produksi, pelarut, bahan pembersih, dan bahan-bahan lain.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1077/MENKES/PER/V/2011, paparan jangka panjang terhadap TVOC dalam ruangan dapat memiliki efek negatif pada kesehatan manusia, termasuk gangguan pernapasan, iritasi mata dan kulit, serta potensi risiko karsinogenik tergantung pada jenis senyawa yang terkandung dalam TVOC.

Pabrik garmen, dengan berbagai aktivitas termasuk pemotongan, penjahitan, dan penyelesaian produk, dapat menghasilkan TVOC sebagai produk samping dari bahan-bahan yang digunakan dan proses yang dilakukan. Penggunaan bahan kimia seperti pewarna, perekat, dan produk kimia lainnya juga dapat menjadi sumber potensial TVOC di dalam pabrik.

Oleh karena itu, penting untuk melakukan pemantauan rutin terhadap kualitas udara dalam ruangan di pabrik garmen guna menilai tingkat paparan TVOC serta potensi dampaknya terhadap kesehatan pekerja. Hasil pemantauan ini dapat memberikan dasar informasi yang kuat untuk pengambilan keputusan terkait

langkah-langkah perbaikan lingkungan kerja dan perlindungan pekerja dalam menghadapi potensi risiko dari polutan udara dalam ruangan.

Dalam laporan ini, penulis akan menguraikan hasil pemantauan kualitas udara dalam ruangan yang dilakukan di pabrik garmen, dengan fokus pada parameter TVOC. Tujuan dari laporan ini adalah memberikan gambaran mendalam tentang kualitas udara dalam ruangan di pabrik garmen dan mengidentifikasi langkah-langkah potensial yang dapat diambil untuk meningkatkan lingkungan kerja dan kesehatan pekerja.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka dapat dirumuskan beberapa masalah berikut:

1. Bagaimana kualitas udara dalam ruangan di pabrik garmen CV. X, khususnya terkait dengan konsentrasi Total Volatile Organic Compounds (TVOC)?
2. Apakah konsentrasi TVOC di ruang produksi pabrik garmen CV. X masih berada dalam batas aman sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia?
3. Faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi variasi konsentrasi TVOC di ruang produksi pabrik, termasuk aktivitas produksi, suhu, kelembapan, dan ventilasi?

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dari pelaksanaan kerja praktik ini adalah untuk melakukan Analisa konsentrasi TVOC dalam ruangan serta faktor yang berhubungan di pabrik garmen CV. X. Adapun tujuan dari pelaksanaan Kerja Praktek ini, yaitu:

1. Menganalisis kualitas udara terkait konsentrasi TVOC.
2. Mengidentifikasi faktor-faktor yang berkontribusi terhadap peningkatan konsentrasi TVOC di lingkungan pabrik garmen.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pembahasan pada Kerja Praktek ini akan difokuskan pada:

1. Parameter yang digunakan dan di analisa dalam penelitian ini adalah TVOC (Total Volatile Organic Compounds).
2. Pengukuran dilakukan selama 8 jam pada hari Rabu (31 Mei 2023), Sabtu (03 Juni 2023), dan Senin (05 Juni 2023).
3. Penelitian ini mencakup faktor meteorologis, berupa suhu dan kelembaban udara dan tidak melibatkan pencemar udara lain.
4. Pengambilan data dalam penelitian ini menggunakan alat Bosen TZ01 Air Quality Detector.
5. Baku mutu yang digunakan mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1077/MENKES/PER/V/2011.
6. Titik sampling udara berada ditengah ruangan utama produksi pabrik garmen CV. X (Kota Bandung).

1.5 Sistematika Penulisan Laporan

Sistematika penyusunan laporan kerja praktik analisis kualitas udara TVOC dalam ruang dan faktor terkait di pabrik garmen CV. X adalah sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Bab I berisikan tentang latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan, ruang lingkup, serta sistematika pelaporan dari pengerjaan laporan kerja praktek.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab II membahas tentang literatur-literatur yang terkait berupa jurnal, buku, serta laporan penelitian terdahulu ataupun publikasi lainnya yang menjadi dasar pertimbangan aspek yang digunakan dalam penelitian ini yang berisikan mengenai pencemaran udara dalam ruangan, faktor-faktor yang mempengaruhi konsentrasi TVOC dalam ruangan, dan dampak TVOC bagi kesehatan manusia.

BAB III METODOLOGI

Bab III berisikan tentang langkah-langkah perencanaan yang dilakukan dalam pengerjaan kerja praktek yang di gambarkan dengan diagram alir. Langkah-langkah perencanaan ini dimulai dengan studi literatur, pengumpulan data, dan analisa data

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

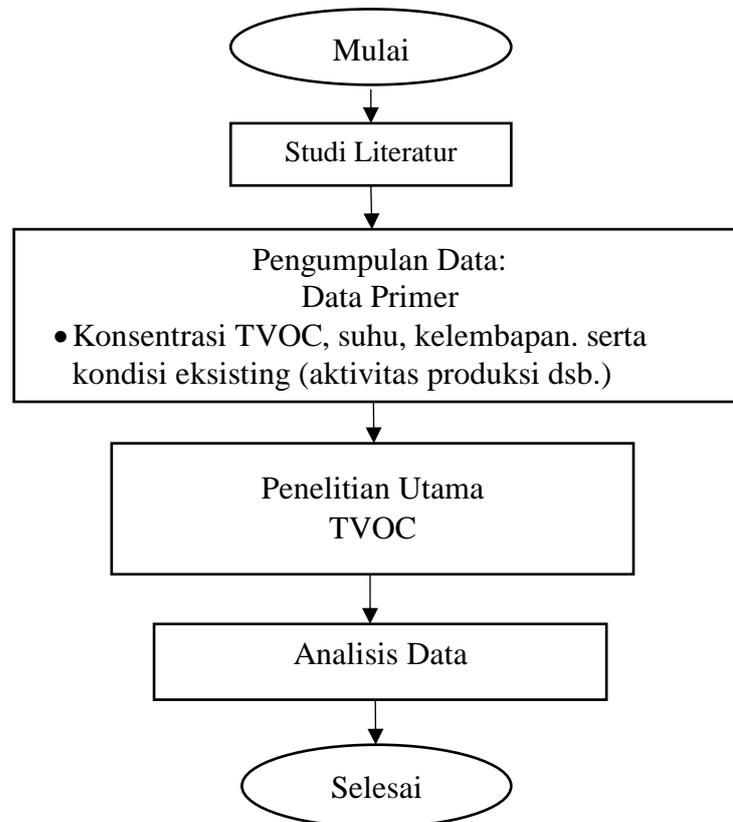
Bab IV berisikan kondisi lokasi penelitian serta data-data yang digunakan untuk menganalisa perbandingan kualitas udara dalam ruang parameter fisik berupa tempetur dan Kelembapan, distribusi konsentrasi TVOC, dan perbandingan TVOC dengan baku mutu. Hal ini akan dilakukan analisis untuk menjawab rumusan masalah dari laporan kerja praktek ini.

BAB V PENUTUP

Bab V berisikan dari rangkuman dan kesimpulan dari hasil analisis dan pembahasan yang telah dibuat, juga terdapat saran untuk meningkatkan kualitas udara dalam ruang dan masukan yang ditujukan untuk penelitian selanjutnya.

BAB II METODOLOGI

Diagram alir perencanaan yang dilakukan dalam kerja praktek Analisa Kualitas Udara TVOC Dalam Ruang Serta Faktor Yang Berhubungan di pabrik garmen CV. X dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Diagram Alur Metodologi

Sumber: *Hasil Analisis Pribadi, 2023*

2.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk meninjau berbagai sumber informasi dan teori dasar yang akan menjadi dasar atau landasan teori dalam penelitian. Studi literatur dapat bersumber dari buku, jurnal, peraturan

terkait dan lain sebagainya yang berhubungan dengan pencemaran udara dalam ruangan, faktor-faktor yang mempengaruhi konsentrasi TVOC dalam ruangan, dan dampak TVOC bagi kesehatan manusia

2.2 Pengumpulan Data

2.2.1 Lokasi Sampling

Penelitian ini dilaksanakan di 1 titik dalam ruangan bangunan produksi yang lokasinya di CV. X (Kota Bandung) yang merupakan pabrik garmen di pinggir jalan dengan aktivitas transportasi cukup padat sehingga memungkinkan dapat menurunkan kualitas udara dalam ruangan.

2.2.2 Waktu Sampling

Penelitian dan pengumpulan data dilakukan selama 3 hari dimana 2 hari *weekdays* (senin dan rabu) dan 1 hari di *weekend* (sabtu) yaitu pada tanggal 31 Mei - 5 Juni 2023. Pengambilan sampel dilakukan dengan durasi 8 jam, kecuali pada hari sabtu dikarenakan kendala praktis dimana produksi telah selesai dan karyawan sudah pulang, sehingga pengukuran hanya bisa dilakukan selama 6,5 jam.

2.2.3 Teknik Sampling

Air quality detector yang digunakan adalah Bosean TZ01 *Air Quality Detector* yang merupakan detektor yang dikembangkan oleh Henan Bosean Elektronik Technology Co.,Ltd. Detektor ini dapat memantau temperatur, Kelembapan, konsentrasi PM2.5, konsentrasi HCHO, konsentrasi TVOC, konsentrasi CO, konsentrasi CO₂, dan *air quality level*.



Gambar 2.2 Bosean TZ01 Air Quality Detector

Sumber: Darmasakti, 2022

Tabel 2.1 Spesifikasi Air Quality Detector

Item	Spesifikasi
Sensor	TVOC & Formaldehyde sensor, Particulate matter sensor, Air quality sensor Temperature, Humidity sensor
Measuring range	HCHO 0 - 1,999 mg/m ³
	TVOC 0 - 9,999 mg/m ³
	PM 2.5 0 - 999 µg/m ³
Screen	3,2 inch color LCD display Resolution of 320 × 240
Working temperature	0 - 50
Working humidity	≤ 90% RH
Power supply	1500 mAh lithium battery
Charger	5VCD - 1.5 A
Charging interface	Type-C
Weight	About 240 g

Sumber: *Buku Panduan*

Berikut adalah Langkah-langkah dalam menggunakan *air quality detector*, yaitu:

1. Nyalakan detektor dengan menggeser tombol *on* yang ada pada samping kiri detektor

2. Tunggu *loading* detektor hingga muncul angka pengukuran seperti pada **Gambar 2.3**



Gambar 2.3 Angka Pengukuran Air Quality Detector

Sumber: *Dokumentasi Penulis, 2023*

3. Hasil pengukuran dapat dicatat setiap 5 menit selama 8 jam.



Gambar 2.4 Proses Pencatatan

Sumber: *Dokumentasi Penulis, 2023*

Pengukuran dilakukan selama 8 jam dalam 3 hari yaitu 2 hari *weekday* dan 1 hari *weekend* sehingga dalam 1 kali pengukuran menghasilkan 96 data.

2.3 Analisa Data

Data yang telah didapatkan dari pengukuran TVOC dalam ruangan akan dilakukan yaitu statistik deskriptif. Statistik deskriptif adalah statistik yang digunakan untuk menganalisis data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum atau generalisasi (Sugiyono, 2015). Dengan statistik deskriptif, data yang terkumpul di analisis dengan perhitungan rata-rata sehingga dapat menggambarkan rata-rata konsentrasi TVOC.

BAB III

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi jawaban dari pencapaian tujuan dilihat dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan masukan untuk meningkatkan kualitas udara dalam ruang dan masukan yang ditujukan untuk penelitian selanjutnya.

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dalam pengukuran TVOC dalam ruang serta faktor yang berhubungan di pabrik garmen CV. X:

1. Konsentrasi TVOC terendah terdapat di hari kedua (sabtu) dimana hari sabtu merupakan *weekend*, dengan rata-rata konsentrasi adalah sebesar 0,027. Namun, perlu dicatat bahwa pada hari kedua, pengukuran hanya dilakukan selama 6,5 jam karena kendala praktis akibat produksi telah selesai dan karyawan sudah pulang, hal ini dapat memengaruhi interpretasi data. Sedangkan konsentrasi TVOC pada hari pertama (rabu) dan ketiga (senin) memiliki konsentrasi TVOC yang lebih tinggi yaitu sebesar 0,029 ppm untuk hari pertama dan 0,036 ppm untuk hari ketiga. Kadar TVOC di pabrik garmen CV. X berada dalam rentang aman, sesuai dengan standar maksimal yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1077/MENKES/PER/V/2011, yaitu sebesar 3 ppm/8 jam.
2. Parameter kenyamanan seperti temperatur dan Kelembapan tidak secara signifikan mempengaruhi konsentrasi TVOC dalam ruangan meskipun tempat penelitian memiliki rata-rata suhu dan Kelembapan yang berada diambang batas atas baku mutu, namun hal itu mempengaruhi kenyamanan bagi pekerja.

Sumber pencemaran TVOC dalam produksi garmen, terdapat berbagai faktor yang berpotensi meningkatkan kadar TVOC di lingkungan. Penggunaan bahan baku seperti serat sintetis dan perekat, proses cutting dan finishing, serta penggunaan mesin, kandungan bahan kimia seperti

formaldehyde pada bahan baku, kondisi pemanasan, dan paparan panas selama proses produksi, semuanya dapat menjadi sumber pelepasan TVOC. Faktor lain seperti ventilasi juga dapat mempengaruhi kondisi dengan akumulasi senyawa-senyawa volatil di udara.

5.2 Saran

Rekomendasi dari hasil penelitian ini adalah melakukan upaya pengendalian bahan baku, proses produksi yang lebih aman, pengaturan ventilasi yang baik, serta pemantauan ketat terhadap regulasi lingkungan diperlukan untuk mengurangi potensi peningkatan kadar TVOC dalam lingkungan produksi garmen.

Menggunakan masker dapat digunakan dengan tujuan untuk mengurangi dampak polusi udara terhadap kesehatan paru akibat polusi udara terutama untuk pekerja.

Tetapkan jadwal rutin untuk membersihkan seluruh area produksi, termasuk peralatan dan permukaan yang rentan mengumpulkan debu. Pembersihan berkala dapat mencegah penumpukan debu dan partikel lainnya yang dapat merugikan kualitas udara.

Pasang sistem ventilasi mekanis seperti *exhaust* skala industri yang mampu mengatur sirkulasi udara dalam ruangan. Pastikan sistem ini memiliki kemampuan untuk mengeluarkan udara kotor dan menggantinya dengan udara segar dari luar. Pengaturan kecepatan dan aliran udara perlu disesuaikan dengan ukuran ruangan dan jumlah pekerja di dalamnya. Alternatif lain dapat menggunakan filter udara HEPA (*High Efficiency Particulate Air*) untuk menghilangkan partikel-partikel kecil seperti debu, serat, dan mikroorganisme dari udara. Pastikan filter diganti secara teratur sesuai dengan panduan produsen.

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebaiknya melakukan pengukuran lebih dari 1 titik dan evaluasi pada konsentrasi di luar ruangan sehingga dapat di analisa rasio konsentrasi *indoor/outdoor* dan membuat korelasinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, L., Simanjuntak, P., Nisa'ul Khoir, A., Tinggi, S., Klimatologi, M., Geofisika, D., Kualitas, B. I., & Bmkg, U. (2019). *PENGARUH PARAMETER METEOROLOGI TERHADAP KONSENTRASI CO₂ DAN CH₄ DI DKI JAKARTA. Dalam Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika* (Vol. 6, Nomor 2).
- Allen, J. G., MacNaughton, P., Satish, U., Santanam, S., Vallarino, J., Spengler, J. D., & Nazaroff, W. W. (2016). *Associations of cognitive function scores with carbon dioxide, ventilation, and volatile organic compound exposures in office workers: a controlled exposure study of green and conventional office environments*. *Environmental Health Perspectives*, 124(6), 805-812.
- Apicillya, A., Rontos, P., Maddusa, S., Sondakh, R. C., Kesehatan, F., Universitas, M., & Ratulangi, S. (2018). *Analisis Kadar Karbon Monoksida (Co) Di Area Parkir Basement Jumbo Swalayan Kota Manado Tahun 2018. Dalam Jurnal KESMAS* (Vol. 7).
- Corie, Prasasti, Sudarmaji, dan Retno Adriyani. 2013. *Kualitas Udara Dalam Ruang Kelas Ber-AC dan Keluhan Kesehatan Siswa. Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 14-20.
- Corsi, R. L., Siegel, J. A., & Hun, D. E. (2012). *Indoor chemistry: ozone, volatile organic compounds, and carpets*. *Environmental Science & Technology*, 46(2), 1035-1044.
- Diva, T. M. (2022). *Analisa Pengukuran Pencahayaan, Kebisingan, CO₂ dan CO pada Bengkel Non-Resmi “Sabel Motor.”*
- Diwakar, L. B., Patil, A. M., & Deshpande, N. 2014. *Effect of Indoor Air Humidity on Human Health*. *Engineering Science Invention*, 44-50.
- Depkes RI. 2011. *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1077/MENKES/PER/V/2011 Tentang Pendoman Penyehatan Udara Dalam Ruang Rumah*. Jakarta

- EPA (Environmental Protection Agency). (2018). *Formaldehyde in Your Home*. [Online] Available: <https://www.epa.gov/formaldehyde/formaldehyde-your-home>
- EPA (Environmental Protection Agency). (2021). *Introduction to Indoor Air Quality*. [Online] Available: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/introduction-indoor-air-quality>
- Ernyasih. (2012). *Hubungan Iklim (Suhu Udara, Curah Hujan, Kelembaban Udara dan Kecepatan Angin) dengan Kasus Diare di DKI Jakarta Tahun 2007-2011*.
- Fadholi, Akhmad. 2013. *Pemanfaatan Suhu Udara Dan Kelembaban Udara Dalam Persamaan Regenerasi Untuk Simulasi Prediksi Total Hujan Bulanan Di Pangkalpinang*. Jurnal CAUCHY, 1-9
- Fitria, Laila, Ririn Arminsih Wulandari, Ema Hermawati, dan Dewi Susanna. 2009. *Kualitas Udara Dalam Ruang Perpustakaan Universitas "X" Ditinjau dari Kualitas Biologi, Fisik dan Kimiawi*. Jurnal Kesehatan Lingkungan, 76-82.
- G Sutanta, A. H. (2007). *Griya Kreasi Agar Rumah Tidak Gelap dan Tidak Pengap*.
- Guo, H., Lee, S. C., & Chan, L. Y. (2004). *Volatile organic compounds in the indoor environment of a typical industrial city in Pearl River Delta, China*. Atmospheric Environment, 38(19), 31-40.
- Hadi, A. (2007). *Pemahaman dan Penerapan ISO/ICE 17025 : 2005*.
- Hadi, Purnama. 2013. *Keterkaitan Suhu dan Kelembapan Udara Dalam Ruang Penyimpanan Terhadap Kadar Air Jagung Pada Bangunan Penyimpanan (Studi Kasus Pada Gedung K.U.D di Desa Pringgasela Kecamatan Pringgasela*. Jurnal Teknologi Pangan, 1-12.
- Henry B, Laitala K, Klepp IG (2019) *Microfibrils from apparel and home textiles: prospects for including microplastics in environmental sustainability assessment*. Sci Total Environ 652:483–494. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.166>

- Hodgson, A. T., & Levin, H. (2017). *Volatile organic compounds in indoor air: A review of concentrations measured in North America since 1990*. *Indoor Air*, 27(4), 722-754.
- Ide.P. (2007). *Inner Heaing In The Office : Strategi Menangkal Penyakit Di Tempat Kerja dan Mencapai Kedamaian Batin*.
- Islam, Hannif Izzatul, et al. 2016. *Sistem Kendali Suhu dan Pemantauan Kelembapan Udara Ruangan Berbasis Arduino Uno dengan Menggunakan Sensor DHT22 dan Passive Infrared (PIR)*. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)*, 119-124.
- Junaidi. 2002. *Analisis Kuantitatif Kadar Debu PT. Semen Andalas Indonesia di Lingkungan AKL DEPKES RI Banda Aceh*. Skripsi Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Sumatera Utara: Medan.
- Latifah, N. (2015). *Fisika Bangunan 1*.
- Ma, H., Cheng, S., & Chen, D. (2016). *Review on monitoring technology of formaldehyde and volatile organic compounds (VOCs) in indoor environment*. *IOP Conference Series. Earth and Environmental Science*, 34(1), 012019.
- Marieswan, H. B. 2014. *Karakteristik Temperatur dan Kelembapan Udara Dalam Kenyamanan Termal di Makassar*. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 108-115.
- Mukono, H. J. (2014). *Pencemaran udara dalam ruangan: berorientasi kesehatan masyarakat*. Airlangga University Press.
- Pemerintah Indonesia. (2021). *Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Jakarta
- Persily, A. K. (2018). *Indoor carbon dioxide concentrations and related factors in commercial buildings: A review*. *Building and Environment*.
- Prabowo, K. M. , B. (2018). *Penyehatan Udara*.
- Rachmatantri, I., Hadiwidodo, M., & Huboyo, H. S. (2013). *Pengaruh Penggunaan Ventilasi (AC dan Non-AC) Terhadap Keberadaan Mikroorganisme Udara di Ruang Perpustakaan (Kasus:Perpustakaan Teknik Lingkungan dan*

- Perpustakaan Biologi Fakultas MIPA Universitas Diponegoro Semarang).
Jurnal Teknik Lingkungan.
- Rovira, J., & Mari, M. (2012). *Analysis of VOCs in indoor air: methodologies and quality control. A review*. *Analytical Methods*, 4(8), 2347-2361.
- Simatupang, P. D. (2016). *Hubungan Kualitas Fisik dan Biologi Udara dalam Ruangan serta Karakteristik Pekerja dengan Kejadian Sick Building Syndrome (SBS) Pada Pekerja di Pusat Perbelanjaan X di Kota Medan Tahun 2016*. Sumatera Utara: Skripsi kesehatan Masyarakat.
- Sugiyono. 2015. *Metode Penelitian Kombinasi (Mix Methods)*. Bandung: Alfabeta.
- Seppanen, O. A., Fisk, W. J., & Mendell, M. J. (1999). *Association of ventilation rates and CO2 concentrations with health and other responses in commercial and institutional buildings*. *Indoor Air*.
- Setyawan, D. 2017. *Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Suhu Udara*. Medan: IPS Terpadu.
- Terrie K. Boguski, P.E. (2006). *Understanding Units of Measurement*. Center for Hazardous Substance Research, 785-532-6519.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency). (2009). *An Introduction to Indoor Air Quality (IAQ): Volatile Organic Compounds (VOCs)*. [Online] Available: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/volatile-organic-compounds-impact-indoor-air-quality>
- USEPA (United States Environmental Protection Agency). (2017). *Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air*. [Online] Available: <https://www.epa.gov/amtic/compendium-methods-determination-toxic-organic-compounds-ambient-air>
- Vallero, D. A. (2008). *Fundamentals of Air Pollution 4th Edition*.
- Wiedemann S, Biggs L, Nebel B et al (2020) *Environmental impacts associated with the production, use, and end-of-life of a woollen garment*. *Int J Life Cycle Assess* 25:1486–1499. <https://doi.org/10.1007/s11367-020-01766-0>
- WHO (World Health Organization). (2010). *WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants*.

- Winardi. 2014. *Pengaruh Suhu dan Kelembapan Terhadap Konsentrasi PB di Udara Kota Pontianak*. Jurnal Teknik Lingkungan, 16-22.
- Wolkoff, P. (2018). *Indoor air humidity, air quality, and health—An overview*. International Journal of Hygiene and Environmental Health, 221(3), 376-390.
- Zhang, Y., Mo, J., Li, X., & Xie, S. (2016). *CO concentration in indoor environments, personal exposure, and associated health risks: A review based on application of chemical sensors*. Environment international.
- Zulaiha, L., Rahmawati, A., Hartanto, T., Pratiwi, A. S., Tiaraningrum, F. H., Danah Zulfani, S., Jabbar, A., & Ridho Fariz, T. (2022). *PERBANDINGAN KUALITAS UDARA DALAM RUANG GEDUNG DI FMIPA BERDASARKAN ARAH SINAR MATAHARI*.