



Pengukuran dan evaluasi faktor fisika pada pekerjaan di perusahaan industri minyak dan gas

Adi Masgit Utama¹, Imron^{2*}, Arie Anggara³, Samat⁴

^{1,2,3,4}Universitas Global Indo Mandiri

email: ¹adimasgitutama95@gmail.com, ^{2*}imronk3@uigm.ac.id, ³arie_anggara@uigm.ac.id, ⁴samat@uigm.ac.id

Info Artikel :

Diterima :

10 Juli 2025

Disetujui :

15 Agustus 2025

Dipublikasikan :

31 Agustus 2025

ABSTRAK

Penelitian ini mengukur dan mengevaluasi faktor fisika di lingkungan kerja perusahaan industri minyak dan gas. Pengukuran dilakukan di area perkantoran dan area lapangan dengan metode kuantitatif deskriptif menggunakan instrumen terstandarisasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kebisingan di area lapangan melebihi Nilai Ambang Batas (NAB) dengan rata-rata 88,7 dBA, sementara 50% pengukuran kelembapan relatif di area perkantoran melebihi batas ideal (40-60%). Pencahayaan di beberapa area juga tidak memenuhi standar (300 lux), dengan intensitas serendah 100 lux. Berdasarkan temuan tersebut, disusun rekomendasi pengendalian berbasis hierarki K3, meliputi eliminasi sumber bahaya, substisi peralatan, rekayasa teknik, pengaturan administratif, dan penggunaan alat pelindung diri (APD). Implementasi rekomendasi ini diharapkan dapat menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman, sehat, dan produktif sesuai standar keselamatan dan kesehatan kerja (K3).

Kata kunci: Faktor Fisika, Lingkungan Kerja, Nilai Ambang Batas, Pengendalian Risiko

ABSTRACT

This study measures and evaluates physical factors in the work environment of oil and gas industry company. Measurements were conducted in the office area and field area using a descriptive quantitative method with standardized instruments. The results indicate that noise levels at field area exceeded the Threshold Limit Value (TLV) with an average of 88.7 dBA, while 50% of relative humidity measurements in the office area exceeded the ideal range (40-60%). Lighting in some areas also failed to meet the standard (300 lux), with intensities as low as 100 lux. Based on these findings, a hierarchy of control recommendations was developed, including hazard elimination, equipment substitution, engineering controls, administrative adjustments, and the use of personal protective equipment (PPE). Implementing these recommendations is expected to create a safer, healthier, and more productive work environment in compliance with occupational health and safety (OHS) standards.

Keywords: Physical Factors, Work Environment, Threshold Limit Value, Risk Control

©2025 Adi Masgit Utama, Imron, Arie Anggara, Samat. Diterbitkan oleh Arka Institute. Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International License. (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

PENDAHULUAN

Industri minyak dan gas (migas) merupakan salah satu sektor strategis dalam perekonomian global yang berkontribusi signifikan terhadap penyediaan energi. Namun, industri ini juga dihadapkan pada tantangan besar dalam menciptakan lingkungan kerja yang aman, sehat, dan produktif. Iklim kerja, yang mencakup kondisi fisik, sosial, dan psikologis di tempat kerja, memainkan peran penting dalam memengaruhi kinerja karyawan, kepuasan kerja, dan keselamatan kerja (Subagja, 2019).

Faktor fisika yang termasuk di lingkungan kerja adalah elemen lingkungan yang dapat dirasakan secara langsung oleh indra manusia dan memengaruhi kenyamanan serta kesehatan pekerja, seperti suhu, kelembapan, radiasi, kebisingan, getaran, dan pencahayaan, sering kali menjadi elemen utama yang memengaruhi kenyamanan dan keselamatan kerja di sektor ini. Suhu yang ekstrem, baik panas maupun dingin, dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti heat stress atau hypothermia. Begitu pula dengan tingkat kebisingan yang tinggi dapat menyebabkan gangguan pendengaran permanen (*noise-induced hearing loss*) dan menurunkan konsentrasi karyawan, yang berpotensi meningkatkan risiko kecelakaan kerja (Sunarsie et al., 2025).

Dalam hal ini, terdapat lima faktor fisika yang akan dianalisis, antara lain suhu, kecepatan aliran udara, kelembapan, kebisingan, dan pencahayaan. Berdasarkan Permenaker No. 5 tahun 2018 tentang K3 Lingkungan Kerja, pengelolaan faktor fisika yang efektif telah diatur agar menciptakan lingkungan

kerja yang aman dan sehat. Suhu kerja yang direkomendasikan untuk kegiatan ringan hingga sedang adalah antara 18°C hingga 30°C. Sementara itu, kecepatan aliran udara yang optimal di ruang kerja tertutup dengan aktivitas ringan 0,15–0,50 m/s, serta di ruang kerja dengan paparan panas dapat disesuaikan hingga 1,0 m/s atau lebih. Selanjutnya, kelembapan udara yang direkomendasikan di tempat kerja berkisar antara 65% hingga 95%. Selain itu, tingkat kebisingan yang direkomendasikan selama 8 jam dalam sehari adalah 85 dBA. Terakhir, berdasarkan Permenaker No. 5 tahun 2018, No. 48 Tahun 2016, dan No. 70 Tahun 2016, berikut standar ideal pencahayaan pada lingkungan kerja berdasarkan tempatnya.

Tabel 1. Peraturan Menteri Ketenagakerjaan dan Menteri Kesehatan Republik Indonesia terkait Rekomendasi Pencahayaan pada Lingkungan Kerja

No.	Keterangan	Intensitas (Lux)
Permenaker No. 5 Tahun 2018		
1	Halaman dan jalan	20
2	Gudang untuk penyimpanan barang	50
3	Toilet dan tempat mandi	100
4	Pekerjaan mesin dan bубut yang kasar	200
5	Ruang kerja dan ruang jaga	300
6	Control room	500
Permenkes No. 48 Tahun 2016		
7	Resepsionis	300
8	Ruang arsip	150
9	Ruang rapat	300
10	Ruang makan	250
11	Koridor/lobi	100
Permenkes No. 70 Tahun 2016		
12	Penanganan peralatan servis, penggunaan kerangan manual, <i>starting and stoping motors, lighting of burners</i>	20
13	Perbaikan mesin dan peralatan listrik	200
14	Tangki timbun / penyimpanan	10

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Menurut *UK Oil and Gas* (2018) industri minyak dan gas di Inggris mempekerjakan ratusan ribu pekerja dan memberikan kontribusi besar bagi perekonomian negara dengan meningkatkan pendapatan pajak, teknologi, dan kegiatan ekspor. Selain itu di Indonesia, sejak awal tahun 1970 minyak dan gas bumi telah menjadi andalan pendapatan negara. Sampai sekarang, perkembangan industri minyak dan gas masih menjadi komoditas yang diharapkan dapat memberikan kontribusi besar bagi devisa negara serta mendorong pertumbuhan ekonomi nasional. Namun, kegiatan industri minyak dan gas juga memberikan dampak negatif bagi lingkungan dan orang yang berada di sekitarnya, terutama bagi pekerja di sekitarnya. Seperti kejadian di Amerika pada tahun 2003-2009 telah terjadi penyakit akibat kerja di industri minyak dan gas adalah sebesar 27,5 % per 100.000 pekerja per tahun (Fahrezi et al., 2024).

Data survei *Multi Center Study* di Asia Tenggara, Indonesia termasuk dalam empat negara dengan prevalensi cukup tinggi yaitu sebesar 4,6%. Sedangkan tiga negara lainnya adalah Sri Lanka 8,8%, Myanmar 8,4%, dan India 6,3%. Meskipun Indonesia bukan prevalensi tertinggi, akan tetapi tergolong cukup tinggi. Dalam lingkungan industri, faktor fisik lebih banyak memberikan pengaruh terhadap lingkungan sekitarnya dan berakibat langsung terhadap tenaga kerja, salah satu diantaranya adalah faktor iklim kerja yang mencakup suhu udara, kelembaban, dan kecepatan gerak udara (Tjan et al., 2013).

Perusahaan minyak dan gas di Indonesia yang tersebar di berbagai wilayah memiliki peran penting dalam pemenuhan kebutuhan energi nasional. Penelitian ini menganalisis salah satu perusahaan minyak dan gas terbesar di Indonesia yang berada di wilayah Sumatera Selatan. Aktivitas operasional di unit produksi perusahaan ini memiliki potensi bahaya yang dapat mengakibatkan kecelakaan proses, cedera terhadap pekerja, penyakit kerja yang ditimbulkan, kerusakan lingkungan, serta kerusakan alat atau material yang terjadi.

Oleh karena itu, pengelolaan faktor fisika yang efektif menjadi bagian integral dari upaya menciptakan lingkungan kerja yang aman dan sehat sesuai dengan peraturan regulasi Permenaker no. 5 tahun 2018 tentang keselamatan dan kesehatan kerja lingkungan kerja.

Beberapa studi di Indonesia menunjukkan bahwa paparan kebisingan dan stres panas sering melampaui batas ambang yang diizinkan. Misalnya penelitian Ridwan et al. (2023) menemukan sebagian besar pekerja pada industri baja dikategorikan sebagai terkena risiko sangat tinggi panas kerja melalui pengukuran WBGT, dengan variabel seperti gerak udara dan pakaian berkontribusi signifikan terhadap tingkat stres panas. Sementara itu, Atmaja et al. (2022) melaporkan bahwa di industri kayu, intensitas kebisingan dan stres panas berhubungan dengan keluhan kesehatan pekerja. Penelitian lain oleh Rasyid (2022) juga menunjukkan bahwa faktor kebisingan dan beban fisik bekerja memiliki korelasi yang signifikan dengan kelelahan kerja.

Namun demikian, sebagian besar studi tersebut masih terbatas pada satu jenis paparan fisika atau satu jenis industri. Belum banyak penelitian yang mengukur secara simultan berbagai parameter fisika (suhu, kelembapan, kecepatan udara, kebisingan) dan kemudian mengaitkannya langsung dengan strategi pengendalian dalam industri migas di Indonesia.

Untuk mengisi kesenjangan tersebut, studi ini mengkaji paparan faktor-faktor fisika di salah satu perusahaan minyak dan gas nasional, dengan fokus pada dua area kerja yang berbeda, yaitu area perkantoran dan area lapangan. Evaluasi dilakukan secara kuantitatif dengan menggunakan instrumen terstandarisasi, guna memperoleh gambaran tingkat paparan dan potensi risiko yang ada.

METODE PENELITIAN

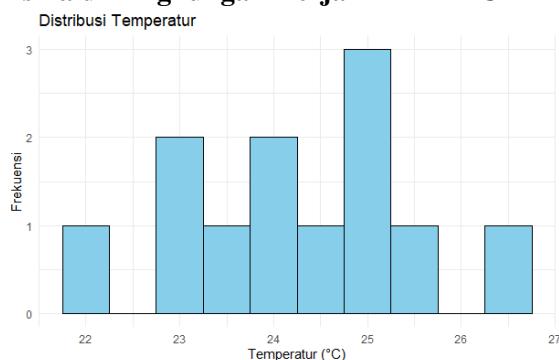
Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan desain studi kasus dan studi lapangan. Tujuannya adalah untuk mengukur paparan faktor fisika di lingkungan kerja salah satu perusahaan industri minyak dan gas di Indonesia, serta membandingkannya dengan nilai ambang batas (NAB) yang berlaku berdasarkan aturan Permenaker dan Permenkes.

Data primer diperoleh melalui pengukuran langsung di lapangan menggunakan instrumen terstandarisasi, seperti *sound level meter* untuk kebisingan, *lux meter* untuk pencahayaan, serta *Q-Trax, thermoanemometer*, dan *TSI DustTrak DRX* untuk parameter suhu, kelembapan, dan aliran udara. Lokasi pengukuran dipilih berdasarkan titik aktivitas kerja yang representatif, yakni area perkantoran dan area lapangan.

Data dianalisis secara deskriptif menggunakan statistik sederhana (rata-rata, maksimum, minimum) serta dibandingkan terhadap NAB. Selain itu, dilakukan analisis fluktuasi berdasarkan waktu dan aktivitas kerja untuk mengidentifikasi pola paparan dan titik kritis. Rekomendasi pengendalian disusun berdasarkan prinsip Hierarki Pengendalian K3, dengan mempertimbangkan hasil evaluasi risiko di lapangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tingkat Paparan Faktor Fisika di Lingkungan Kerja PT KPI RU III Plaju



Gambar 1. Distribusi Temperatur Keseluruhan

Sumber: Hasil Penelitian

Hasil pengukuran temperatur ruangan di lingkungan kerja PT KPI RU III Plaju menunjukkan bahwa suhu berkisar antara 22°C hingga 27°C, dengan konsentrasi tertinggi pada kisaran 24-25°C. Distribusi data yang cenderung normal mengindikasikan bahwa sistem HVAC berfungsi secara

konsisten di sebagian besar area, menciptakan kondisi termal yang ideal untuk kenyamanan kerja. Namun, adanya beberapa titik ekstrem dengan suhu 22°C dan 27°C yang frekuensinya rendah memerlukan evaluasi lebih lanjut untuk mengidentifikasi penyebab penyimpangan dan memastikan distribusi suhu yang lebih merata.

Tabel 2. Perbandingan antar Lokasi

Lokasi	Mean	Sd	Min	Max	N
Area Perkantoran	24.2	1.20	22	26.3	12

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

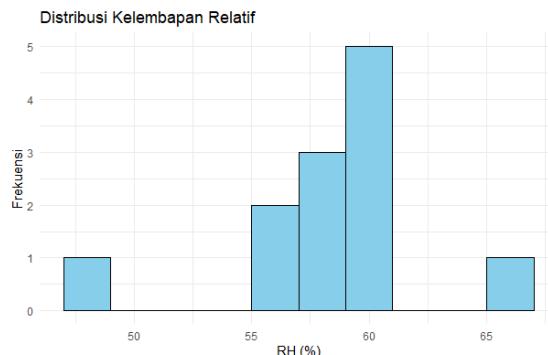
Analisis lebih detail pada lokasi area perkantoran menunjukkan rata-rata suhu sebesar 24,2°C dengan standar deviasi 1,20°C, menandakan variasi yang relatif kecil. Rentang suhu di area perkantoran berada antara 22°C hingga 26,3°C, dengan distribusi simetris di sekitar nilai rata-rata. Hal ini mencerminkan kinerja sistem pengaturan suhu yang cukup baik dalam mempertahankan kenyamanan termal, meskipun beberapa titik tertentu masih memerlukan perhatian khusus untuk mengoptimalkan kondisi lingkungan kerja. Temuan ini sejalan dengan penelitian oleh Rahayuningsih (2014) dalam Jurnal Analisis Perbaikan Kondisi Lingkungan Kerja Terhadap Beban Kerja Mental yang menyatakan 25–27°C didapatkan kondisi lingkungan kerja yang sesuai dengan standar. Distribusi normal yang teramat menunjukkan pengelolaan suhu yang merata di sebagian besar area, meskipun terdapat beberapa titik ekstrem (22°C dan 27°C) yang perlu evaluasi lebih lanjut.

Tabel 3 .Perbandingan Temperatur Pagi Vs Sore Tiap Lokasi

Lokasi	Waktu	Mean	Sd	Min	Max	N
Area Perkantoran	Pagi	24.4	1.51	22	26.3	6
Area Perkantoran	Sore	24.0	0.903	23	25	6

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Perbandingan temperatur antara pagi dan sore hari di area perkantoran mengungkapkan perbedaan pola, di mana suhu pagi cenderung lebih tinggi (24,4°C) dan lebih bervariasi (SD: 1,51) dibandingkan sore hari (24,0°C; SD: 0,903). Rentang suhu pagi yang lebih lebar (22-26,3°C) diduga dipengaruhi oleh faktor seperti aktivitas awal shift atau penetrasi sinar matahari, sementara suhu sore yang lebih stabil (23-25°C) menunjukkan kinerja sistem HVAC yang telah optimal. Secara keseluruhan, seluruh pengukuran tetap berada dalam kisaran nyaman untuk lingkungan kerja industri, meskipun titik dengan suhu 22°C di pagi hari perlu menjadi fokus perbaikan untuk memastikan kenyamanan termal yang merata. Hasil Pengukuran atas Tingkat Paparan Faktor Fisika dengan Membandingkannya terhadap Nilai Ambang Batas (NAB).



Gambar 2. Distribusi Kelembapan Relatif Keseluruhan

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Hasil pengukuran kelembapan relatif (RH) di area perkantoran menunjukkan distribusi yang stabil dengan rentang 50-65%, dimana sebagian besar data terkonsentrasi pada kisaran ideal 55-60% RH. Pola distribusi yang simetris tanpa nilai ekstrem mengindikasikan pengendalian kelembapan yang konsisten di seluruh area kerja. Kondisi ini sesuai dengan standar kenyamanan lingkungan kerja (40-60% RH) yang mendukung kesehatan pekerja sekaligus mencegah risiko seperti pertumbuhan mikroorganisme atau ketidaknyamanan akibat udara terlalu kering. Dalam penelitian Mandey &

Kindangen (2017) menemukan bahwa kisaran RH 40–60% (dengan titik optimal 55%) merupakan kondisi paling nyaman bagi pekerja. Hal ini sangat konsisten dengan hasil pengukuran di area perkantoran yang menunjukkan RH dominan pada 55–60%.

Tabel 4. Perbandingan Kelembapan Relatif antar Lokasi

Lokasi	Mean	Sd	Min	Max	N
Area Perkantoran	58.4	4.25	48.3	66.1	12

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Analisis lebih detail di area perkantoran menunjukkan rata-rata kelembapan relatif sebesar 58,4% dengan standar deviasi 4,25%, menandakan variasi yang relatif kecil. Rentang pengukuran berkisar antara 48,3% hingga 66,1%, dimana seluruh data tetap berada dalam batas kenyamanan yang direkomendasikan (40-70% RH). Distribusi data yang simetris dengan median mendekati mean mencerminkan efektivitas sistem pengaturan kelembapan dalam menjaga kondisi lingkungan yang optimal bagi pekerja. Seperti yang ditemukan oleh Wardana & I (2020) dalam studi lingkungan kerja industri, pengendalian kelembapan relatif dalam kisaran 50-65% terbukti krusial untuk menjaga kondisi kerja optimal.

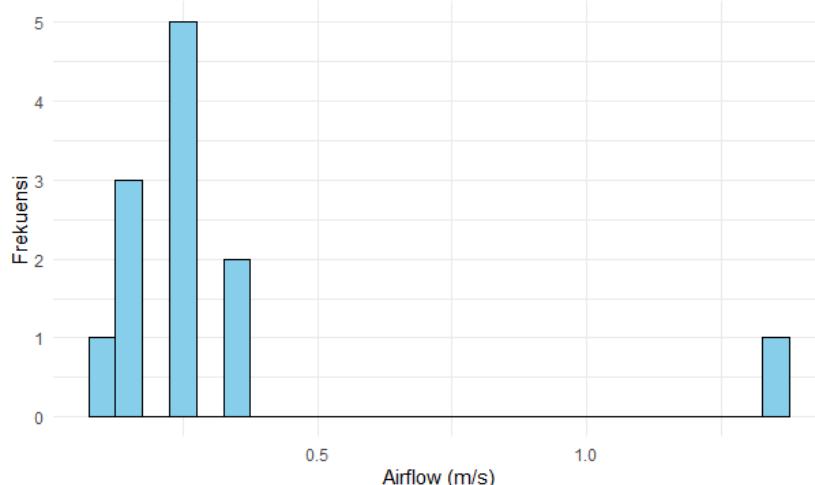
Tabel 5. Perbandingan Kelembapan Relatif Pagi vs Sore Tiap Lokasi

Lokasi	Waktu	Mean	Sd	Min	Max	N
Area Perkantoran	Pagi	58.6	6.02	48.3	66.1	6
Area Perkantoran	Sore	58.3	1.87	55.3	60.2	6

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Perbandingan kelembapan relatif antara pagi dan sore hari mengungkapkan perbedaan variabilitas, dimana RH pagi (58,6%) lebih fluktuatif (SD: 6,02) dibanding sore hari (58,3%; SD: 1,87). Fluktuasi di pagi hari diduga dipengaruhi oleh faktor seperti kondensasi atau aktivitas operasional awal, sementara kondisi sore yang lebih stabil menunjukkan keseimbangan sistem setelah beroperasi penuh. Meskipun terdapat variasi, kedua waktu pengukuran tetap memenuhi standar kenyamanan, meski nilai minimum pagi (48,3%) yang mendekati batas bawah perlu dipantau untuk memastikan konsistensi.

Distribusi Kecepatan Aliran Udara



Gambar 3. Distribusi kecepatan aliran udara keseluruhan

Sumber: hasil penelitian (2025)

Tabel 6. Perbandingan Kecepatan Udara antar Lokasi

Lokasi	Mean	Sd	Min	Max	N
Area Perkantoran	0.319	0.340	0.113	1.37	12

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Pengukuran kecepatan aliran udara di area perkantoran menunjukkan karakteristik dengan rata-rata kecepatan 0,319 m/s dan variasi yang cukup signifikan (SD: 0,340 m/s). Rentang kecepatan yang

terukur antara 0.113 m/s hingga 1.37 m/s mengindikasikan adanya dinamika aliran udara yang dipengaruhi oleh berbagai faktor operasional. Pola distribusi data yang cenderung tidak simetris dengan beberapa nilai ekstrem menunjukkan bahwa sistem ventilasi di area ini mungkin mengalami fluktuasi kinerja, terutama pada kondisi operasional tertentu.

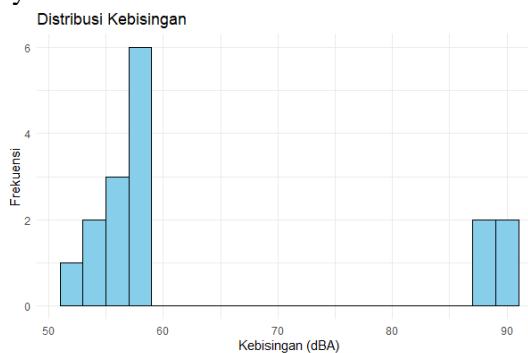
Tabel 7. Perbandingan Kecepatan Aliran Udara Pagi vs Sore Tiap Lokasi

Lokasi	Waktu	Mean	Sd	Min	Max	N
Area Perkantoran	Pagi	0.429	0.466	0.127	1.37	6
Area Perkantoran	Sore	0.209	0.0897	0.113	0.343	6

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Analisis perbandingan waktu pengukuran mengungkapkan perbedaan pola yang jelas antara pagi dan sore hari. Kecepatan aliran udara pagi hari menunjukkan nilai rata-rata lebih tinggi (0.429 m/s) dengan variasi yang lebih besar dibanding sore hari (0.209 m/s). Perbedaan ini diduga kuat terkait dengan aktivitas operasional awal shift, kondisi lingkungan eksternal, atau proses stabilisasi sistem ventilasi. Fluktuasi yang lebih besar di pagi hari dengan rentang mencapai 1.37 m/s perlu mendapat perhatian khusus karena dapat mempengaruhi kenyamanan termal pekerja dan distribusi polutan udara di area kerja. Penelitian ini sejalan dengan penelitian Febrina et al. (2017) kecepatan udara yang melebihi 0.8 m/s (terutama pada pagi hari dengan nilai maksimal 1.37 m/s) berpotensi mengganggu kenyamanan dan produktivitas pekerja, sehingga memerlukan evaluasi lebih lanjut.

Secara umum, kecepatan aliran udara di area perkantoran menunjukkan kinerja sistem ventilasi yang masih dalam batas wajar, meskipun terdapat beberapa titik dengan karakteristik ekstrem. Stabilitas yang lebih baik di sore hari (SD: 0.0897 m/s) mengindikasikan bahwa sistem mampu mencapai kondisi optimal setelah periode operasi tertentu. Temuan ini memberikan dasar penting untuk evaluasi lebih lanjut mengenai efisiensi sistem ventilasi dan dampaknya terhadap kenyamanan termal pekerja di lingkungan industri kilang minyak.



Gambar 4. Distribusi Kebisingan Keseluruhan

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Tabel 8. Perbandingan Kebisingan Lokasi

Lokasi	Mean	Sd	Min	Max	N
Area Perkantoran	56.3	1.99	52.4	59.0	12
Area Lapangan	88.7	0.598	88.2	89.3	4

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Pengukuran tingkat kebisingan di lingkungan kerja PT KPI RU III Plaju menunjukkan variasi yang signifikan antara area perkantoran dan area lapangan. Di area perkantoran, tingkat kebisingan relatif rendah dengan rata-rata 56.3 dBA dan rentang 52.4-59.0 dBA, yang masih jauh di bawah Nilai Ambang Batas (NAB) 85 dBA sesuai Permenaker No. 5/2018. Kondisi ini mengindikasikan lingkungan kerja yang cukup tenang untuk aktivitas administratif dan perawatan. Namun, di area lapangan, tingkat kebisingan mencapai rata-rata 88.7 dBA dengan variasi minimal (SD: 0.598 dBA), mendekati batas maksimal yang diperbolehkan, menunjukkan sumber kebisingan yang konstan dari operasional peralatan produksi. Penelitian Atina et al. (2020) ini mengungkap variasi tingkat kebisingan antara zona administratif (45-55 dBA) dan area aktivitas tinggi (hingga 75 dBA) di lingkungan kampus, dengan rekomendasi khusus untuk pengendalian kebisingan di area berisiko. Temuan ini sejalan dengan

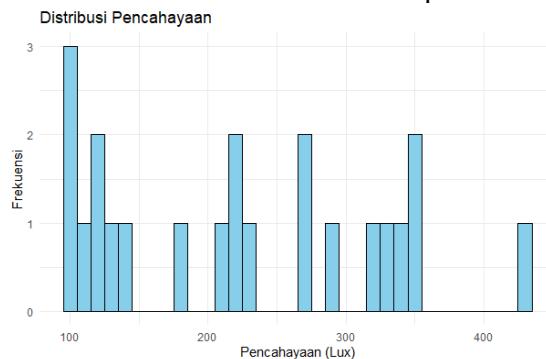
perbedaan signifikan antara area perkantoran dan area lapangan, memperkuat pentingnya pendekatan berbasis zona untuk manajemen kebisingan.

Tabel 9. Perbandingan Kebisingan Pagi vs Sore pada Tiap Lokasi

Lokasi	Waktu	Mean	Sd	Min	Max	N
Area Perkantoran	Pagi	56.6	1.83	53.7	58.4	6
Area Perkantoran	Sore	56.0	2.25	52.4	59.0	6
Area Lapangan	Pagi	88.7	0.707	88.2	89.2	2
Area Lapangan	Sore	88.8	0.754	88.2	89.3	2

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Analisis temporal menunjukkan pola yang berbeda antara kedua area tersebut. Di area perkantoran, tingkat kebisingan relatif stabil antara pagi (56.6 dBA) dan sore hari (56.0 dBA), dengan variasi kecil yang masih dalam kisaran aman. Sebaliknya, di area lapangan kebisingan tetap tinggi secara konsisten baik di pagi (88.7 dBA) maupun sore hari (88.8 dBA), mengindikasikan sumber kebisingan yang terus-menerus dari operasi peralatan. Perbedaan ini menegaskan karakteristik operasional yang berbeda antara area administratif dan produksi, di mana area produksi memerlukan perhatian khusus terkait pengendalian kebisingan. Secara keseluruhan, hasil pengukuran mengungkapkan bahwa meskipun kondisi kebisingan di area perkantoran telah memenuhi standar, area lapangan memerlukan intervensi lebih lanjut. Tingkat kebisingan yang mendekati NAB di area lapangan berpotensi menimbulkan risiko gangguan pendengaran bagi pekerja jika terpapar dalam jangka panjang. Temuan ini menyoroti pentingnya evaluasi sumber kebisingan dan penerapan langkah-langkah pengendalian yang lebih efektif di area produksi, sementara kondisi di area administratif dapat dipertahankan dengan pemantauan rutin untuk memastikan tetap dalam batas aman.



Gambar 5. Distribusi Pencahayaan Keseluruhan

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Tabel 10. Perbandingan Pencahayaan Lokasi

Lokasi	Mean	Sd	Min	Max	N
Area Perkantoran	224.	101.	103	429	22

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Pengukuran intensitas pencahayaan di area perkantoran menunjukkan variasi yang cukup signifikan dengan rata-rata 224 lux dan standar deviasi 101 lux. Rentang pengukuran yang cukup lebar (103-429 lux) mengindikasikan ketidakmerataan distribusi cahaya di berbagai area kerja. Meskipun nilai rata-rata masih memenuhi standar SNI 03-6575-2001 untuk area kerja umum (200-300 lux), terdapat beberapa titik dengan intensitas ekstrem, baik terlalu rendah (103 lux) di area koridor maupun terlalu tinggi (429 lux) di dekat sumber cahaya alami atau artifisial, yang berpotensi menimbulkan ketidaknyamanan visual bagi pekerja.

Tabel 11. Perbandingan Pencahayaan Pagi vs Sore Tiap Lokasi

Lokasi	Waktu	Mean	Sd	Min	Max	N
Area Perkantoran	Pagi	217	96.5	103	351	11
Area Perkantoran	Sore	231	110	103	429	11

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Analisis perbandingan temporal menunjukkan perbedaan pola antara pagi dan sore hari. Intensitas pencahayaan cenderung lebih tinggi di sore hari (231 lux) dibanding pagi hari (217 lux), dengan variasi yang lebih besar (SD: 110 lux vs 96.5 lux). Nilai ekstrem mencapai 429 lux yang terjadi di sore hari berpotensi menimbulkan efek silau, sementara titik terendah (103 lux) yang konsisten terjadi baik pagi maupun sore hari di area tertentu menunjukkan kebutuhan penyesuaian tata letak pencahayaan. Fluktuasi ini diduga kuat terkait dengan kombinasi penggunaan Cahaya alami dan artifisial yang belum optimal. Penelitian Andarini & Listianti (2017) mengidentifikasi variasi intensitas pencahayaan dengan titik ekstrem di bawah standar SNI (250 lux untuk area baca). Temuan ini sejalan dengan hasil di area perkantoran (103-429 lux), sama-sama mengungkap ketidakmerataan distribusi cahaya akibat faktor tata letak dan sumber pencahayaan alami/artifisial yang tidak teroptimalkan.

Secara keseluruhan, hasil pengukuran mengungkapkan bahwa sistem pencahayaan di area perkantoran telah memenuhi standar minimum, namun masih terdapat ruang untuk perbaikan dalam hal keseragaman distribusi. Variasi yang signifikan antar titik kerja serta perbedaan pola antara pagi dan sore hari menunjukkan perlunya evaluasi ulang terhadap desain sistem pencahayaan, penempatan sumber cahaya, dan pemanfaatan cahaya alami. Optimalisasi sistem pencahayaan ini penting untuk menciptakan lingkungan kerja yang nyaman secara visual sekaligus mendukung efisiensi energi, khususnya di area dengan intensitas cahaya yang terlalu rendah atau terlalu tinggi.

Perbandingan Nilai Ambang Batas (NAB) Terhadap Tingkat Faktor Fisika

Tabel 12. Persentase Paparan Temperatur Melebihi NAB

Status NAB	Count	Percentage
Aman	11	91.7
Melebihi NAB	1	8.33

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Hasil pengukuran temperatur ruangan di lingkungan perkantoran menunjukkan bahwa sebagian besar area (91,7%) telah memenuhi standar kenyamanan termal sesuai dengan PERMENKES No. 48 Tahun 2016, yaitu berada dalam kisaran 23-26°C. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem pengaturan suhu di sebagian besar lokasi telah berfungsi dengan baik, sehingga menciptakan lingkungan kerja yang optimal bagi karyawan. Namun, masih terdapat 8,33% titik pengukuran yang melebihi Nilai Ambang Batas (NAB), menunjukkan adanya ketidakseragaman distribusi suhu di area tertentu. Kondisi ini perlu menjadi perhatian mengingat temperatur yang tidak nyaman dapat berdampak negatif terhadap produktivitas dan kesejahteraan pekerja. Penelitian Kotta (2008) menunjukkan suhu nyaman karyawan kantor lebih tinggi (24,9–28,5°C) mengindikasikan perlunya penyesuaian NAB untuk iklim tropis. Temuan ini menegaskan pentingnya evaluasi mendalam terhadap sistem HVAC, terutama di area yang melebihi NAB. Faktor-faktor seperti sirkulasi udara, beban termal, atau distribusi pendingin ruangan mungkin menjadi penyebab ketidakseimbangan suhu tersebut. Dengan demikian, upaya pemantauan rutin dan optimalisasi sistem pengendalian suhu menjadi krusial untuk memastikan keseragaman kondisi termal di seluruh area kerja. Dukungan lingkungan yang sesuai standar tidak hanya meningkatkan kenyamanan, tetapi juga mendukung efisiensi dan kesehatan kerja secara keseluruhan.

Tabel 13. Persentase Paparan Kelembapan Relatif Melebihi NAB

Status NAB	Count	Percentage
Melebihi NAB	6	50
Aman	6	50

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Hasil pengukuran kelembapan relatif (RH) di lingkungan perkantoran menunjukkan bahwa 50% titik pengukuran melebihi Nilai Ambang Batas (NAB) 40-60% yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Ketenagakerjaan No. 5 Tahun 2018, sementara 50% lainnya masih dalam kisaran aman. Kondisi RH di atas 60% berpotensi menimbulkan ketidaknyamanan termal, seperti rasa pengap dan lembap berlebih, serta meningkatkan risiko pertumbuhan mikroorganisme yang dapat memengaruhi kesehatan pekerja. Temuan ini mengindikasikan adanya ketidakseragaman distribusi kelembapan di berbagai area kerja, yang perlu menjadi perhatian khusus. Perbandingan dengan standar NAB memperlihatkan bahwa separuh lokasi pengukuran belum memenuhi kriteria lingkungan kerja ideal.

Kelembapan tinggi yang melebihi batas dapat mengganggu produktivitas dan kenyamanan pekerja, terutama jika terjadi secara terus-menerus. Di sisi lain, kondisi RH yang masih dalam kisaran aman menunjukkan bahwa sebagian area telah menerapkan sistem pengendalian kelembapan yang cukup efektif. Namun, disparitas ini menegaskan perlunya evaluasi menyeluruh terhadap faktor-faktor seperti ventilasi, penggunaan AC, atau sumber kelembapan internal untuk mencapai keseragaman kondisi lingkungan kerja yang optimal. Menurut Edar & Wahyuni (2021) penelitian di Gedung UNIFA Makassar menunjukkan bahwa kondisi kelembapan relatif tinggi berpotensi menurunkan kenyamanan termal, sehingga diperlukan optimasi ventilasi atau sistem pengendali kelembaban untuk memenuhi standar kesehatan kerja.

Tabel 14. Persentase Paparan Kecepatan Aliran Udara Melebihi NAB

Status NAB	Count	Percentage
Aman	11	91.7
Melebihi NAB	1	8.33

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Tabel 15. Persentase Paparan Kecepatan Aliran Udara di Bawah NAB

Status NAB	Count	Percentage
Aman	9	75
Di bawah NAB	3	25

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Hasil pengukuran kecepatan aliran udara menunjukkan bahwa sebagian besar lingkungan kerja (91.7%) telah memenuhi standar NAB maksimum 0.50 m/s sesuai Permenaker No. 5 Tahun 2018, dengan hanya 8.33% titik pengukuran yang melebihi batas tersebut. Kondisi ini mengindikasikan bahwa sistem ventilasi dan pengaturan aliran udara di sebagian besar area telah berfungsi optimal untuk menjaga kenyamanan termal pekerja. Namun, adanya satu titik yang melebihi NAB maksimum perlu menjadi perhatian, karena kecepatan aliran udara yang terlalu tinggi dapat menimbulkan ketidaknyamanan fisik, seperti rasa dingin berlebih atau gangguan konsentrasi. Di sisi lain, pengukuran terhadap batas minimum NAB (0.15 m/s) mengungkapkan bahwa 25% titik pengukuran berada di bawah standar yang ditetapkan. Kecepatan aliran udara yang terlalu rendah pada area-area tersebut berpotensi menciptakan kondisi stagnan, yang dapat memengaruhi kualitas udara dan kenyamanan termal pekerja. Temuan ini menegaskan pentingnya evaluasi lebih lanjut terhadap sistem ventilasi di area spesifik untuk memastikan distribusi aliran udara yang merata dan memadai, sehingga seluruh lingkungan kerja memenuhi standar kesehatan dan keselamatan yang berlaku. Penelitian Mukono et al. (2005) mengonfirmasi bahwa kecepatan udara di bawah NAB berpotensi menimbulkan risiko kesehatan, menekankan pentingnya pengukuran rutin dan intervensi teknis (misalnya: perbaikan ventilasi) untuk memastikan kepatuhan standar.

Tabel 16. Persentase Paparan Kebisingan Melebihi NAB

Status NAB	Count	Percentage
Aman	12	75
Melebih NAB	4	25

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Hasil pengukuran kebisingan di lingkungan kerja menunjukkan bahwa 25% dari total sampel melebihi Nilai Ambang Batas (NAB) sebesar 85 dBA, sesuai dengan Peraturan Menteri Ketenagakerjaan No. 5 Tahun 2018. Meskipun 75% hasil pengukuran masih berada dalam kategori aman, keberadaan 4 titik yang melebihi NAB mengindikasikan adanya area tertentu dengan potensi risiko gangguan pendengaran bagi pekerja. Hal ini menegaskan bahwa meskipun sebagian besar lingkungan kerja memenuhi standar, masih terdapat lokasi-lokasi kritis yang memerlukan perhatian lebih untuk memastikan keselamatan dan kesehatan pekerja. Distribusi data yang didominasi oleh status "Aman" menunjukkan upaya pengendalian kebisingan telah dilakukan secara umum, namun persentase yang melebihi NAB tetap signifikan. Temuan ini menggaris bawahi pentingnya evaluasi lebih mendalam terhadap sumber kebisingan di area-area yang melebihi batas, serta perlunya implementasi langkah-langkah mitigasi yang lebih efektif. Dengan demikian, meskipun kondisi sebagian besar lingkungan kerja telah memenuhi standar, upaya perbaikan tetap diperlukan untuk mengatasi titik-titik kritis yang berpotensi membahayakan kesehatan pekerja. Penelitian Silviana et al. (2021) menunjukkan

bahwa 44% titik pengukuran (8 dari 18 titik) melebihi NAB, dengan tingkat tertinggi 92,9 dB yang hanya memungkinkan paparan aman selama 0,67 menit berdasarkan perhitungan NIOSH. Temuan ini memperkuat pentingnya identifikasi area kritis dan pengendalian kebisingan, seperti penggunaan APD atau modifikasi mesin, untuk melindungi pekerja dari risiko gangguan pendengaran.

Tabel 17. Persentase Paparan Pencahayaan Melebihi NAB

Status NAB	Count	Percentage
Aman	16	72.7
Melebihi NAB	6	27.3

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

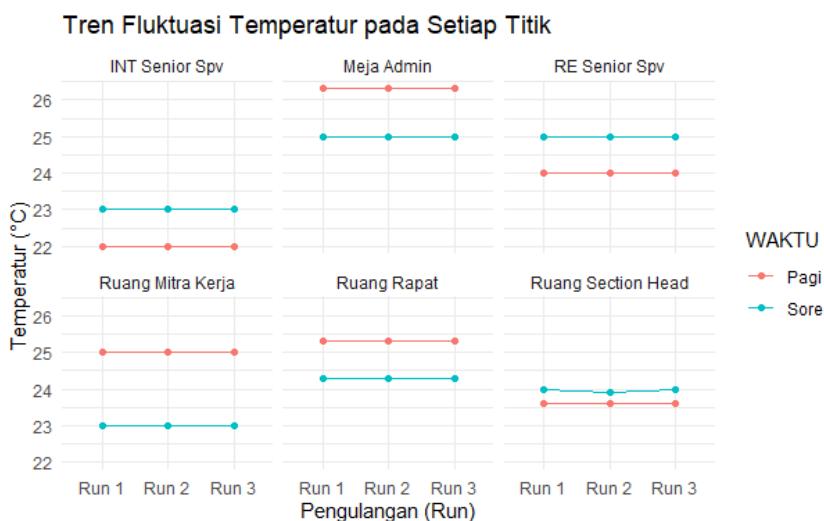
Tabel 18. Persentase Paparan Pencahayaan di Bawah NAB Minimum

Status dibawah NAB	Count	Percentage
Aman	13	59.1
Dibawah NAB	9	40.9

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Hasil pengukuran pencahayaan di lingkungan kerja PT KPI RU III Plaju menunjukkan bahwa 72.7% titik pengukuran memenuhi standar NAB sesuai Permenaker No.5 Tahun 2018, sementara 27.3% melebihi batas yang ditetapkan. Area yang melebihi NAB, umumnya dengan intensitas di atas 300 lux, berpotensi menimbulkan dampak negatif seperti kelelahan visual, peningkatan risiko kecelakaan (20-40%), dan penurunan produktivitas (12-15%). Hal ini mengindikasikan ketidakmerataan distribusi pencahayaan, di mana area kritis memerlukan intervensi untuk menyesuaikan intensitas cahaya agar sesuai dengan standar yang berlaku. Di sisi lain, 40.9% area kerja memiliki intensitas pencahayaan di bawah NAB minimum (200-300 lux), yang juga tidak memenuhi persyaratan regulasi. Kondisi ini dapat mengurangi kenyamanan visual pekerja dan menghambat produktivitas. Dengan hampir setengah lokasi pengukuran berada di bawah standar, diperlukan evaluasi menyeluruh terhadap sumber cahaya dan tata letak area kerja untuk memastikan pencahayaan yang memadai dan merata. Hasil ini menegaskan pentingnya penyesuaian sistem pencahayaan, baik melalui penambahan lampu maupun optimalisasi cahaya alami, untuk mencapai kondisi yang sesuai dengan NAB. Hasil penelitian Ningtias et al. (2024) menunjukkan ketidaksesuaian di beberapa ruangan di mana area kritis memerlukan intervensi untuk memenuhi standar pencahayaan guna mencegah dampak negatif seperti kelelahan visual dan penurunan produktivitas.

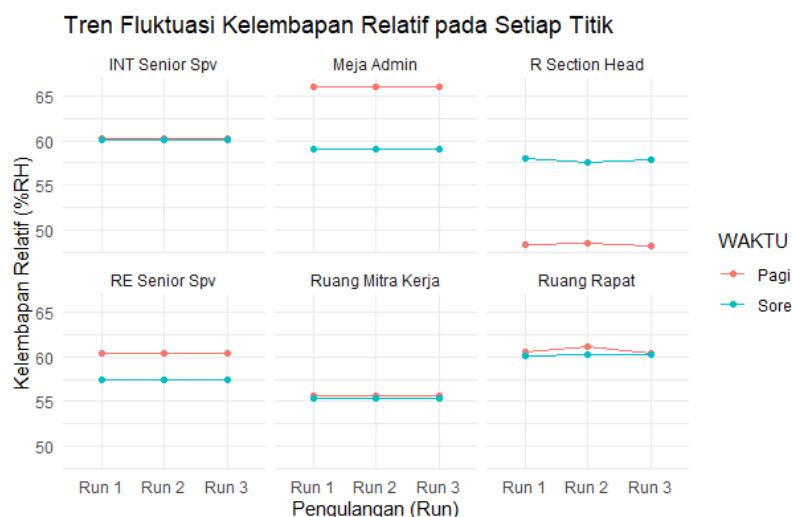
Tren Fluktuasi Parameter Fisika pada Waktu dan Aktivitas yang Berbeda



Gambar 6. Tren fluktuasi temperatur pada setiap titik
Sumber: hasil penelitian (2025)

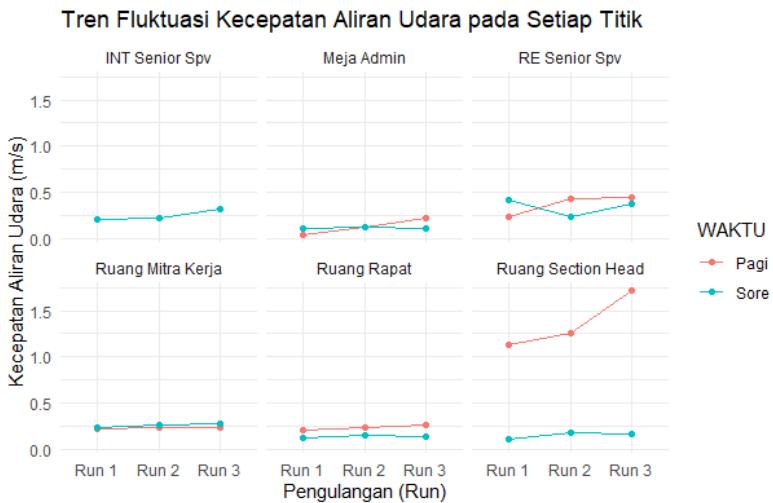
Hasil analisis menunjukkan bahwa temperatur di area perkantoran secara umum stabil, dengan kisaran suhu 23-26°C yang memenuhi standar kenyamanan sesuai PERMENKES No. 48 Tahun 2016.

Fluktuasi suhu yang minimal pada tiga kali pengulangan pengukuran (Run 1-3) mengindikasikan efektivitas sistem pengaturan suhu di area tersebut. Namun, terdapat pengecualian pada Meja Admin yang mengalami peningkatan suhu di pagi hari, diduga akibat padatnya aktivitas pekerja, ruangan yang terbatas, serta dampak dari proses renovasi dan iklim lokal. Penelitian Erick. A et al. (2024) yang menyatakan kenaikan suhu pagi hari disebabkan oleh aktivitas manusia dan matahari, suhu nyaman untuk pekerja kantor di iklim tropis 24-26°C. Meskipun masih dalam batas aman (NAB <30°C), variasi ini menandakan perlunya perhatian khusus terhadap faktor-faktor yang dapat memengaruhi keseimbangan termal di area administratif. Stabilitas suhu di sebagian besar titik pengukuran mencerminkan lingkungan kerja yang terkendali dengan baik. Namun, adanya perbedaan suhu di Meja Admin menunjukkan bahwa aktivitas manusia dan kondisi ruangan dapat menjadi faktor penentu fluktuasi temperatur. Hal ini menggaris bawahi pentingnya evaluasi sistem ventilasi dan tata ruang, terutama di area dengan intensitas aktivitas tinggi, untuk memastikan distribusi suhu yang merata dan optimal bagi kenyamanan pekerja. Secara keseluruhan, tren yang diamati menegaskan bahwa sebagian besar area telah memenuhi standar kenyamanan termal, meskipun beberapa titik memerlukan penyesuaian untuk meminimalkan variasi yang tidak diinginkan.



Gambar 7. Tren Flutkuasi Kelembapan Relatif pada Setiap Titik
Sumber: Hasil Penelitian (2025)

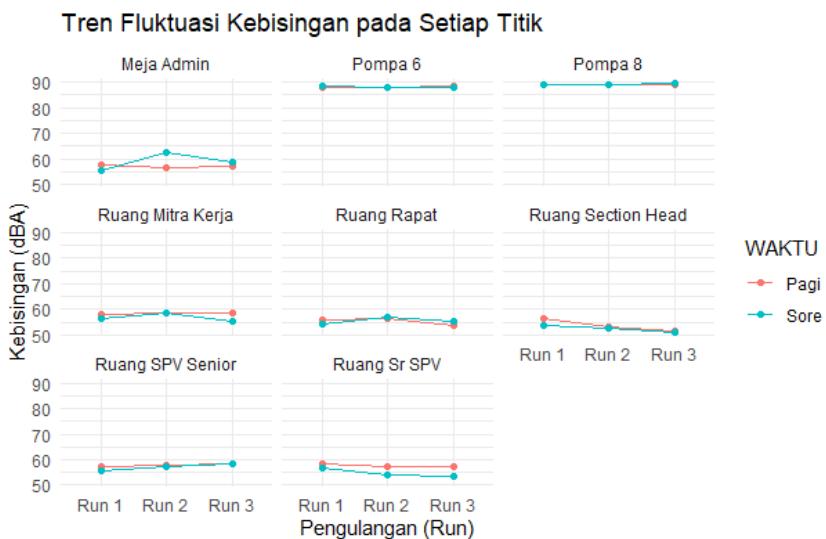
Hasil pengukuran kelembapan relatif (% RH) di area perkantoran menunjukkan stabilitas yang baik pada sebagian besar lokasi, baik pada pagi maupun sore hari, dengan fluktuasi yang tidak signifikan antar pengulangan (Run 1–3). Hal ini mengindikasikan bahwa kondisi lingkungan di area tersebut cenderung terkendali. Namun, terdapat perbedaan mencolok pada titik Meja Admin, di mana kelembapan relatif turun dari 66% pada pagi hari menjadi 59% pada sore hari. Penurunan serupa juga teramat di lokasi lain seperti RE Senior Spv dan Ruang Rapat, meskipun dalam skala yang lebih moderat. Perubahan ini mungkin dipengaruhi oleh variasi aktivitas manusia, sirkulasi udara, atau faktor eksternal seperti suhu lingkungan yang berfluktuasi sepanjang hari. Seluruh nilai kelembapan relatif yang tercatat masih berada dalam rentang aman, tetapi titik-titik dengan nilai di atas 65% RH memerlukan pemantauan lebih lanjut. Tingkat kelembapan yang tinggi dalam jangka panjang dapat menimbulkan ketidaknyamanan termal atau memicu pertumbuhan mikroorganisme. Oleh karena itu, meskipun fluktuasi yang terjadi masih dalam batas wajar, pemahaman terhadap pola perubahan kelembapan ini penting untuk memastikan kenyamanan dan kesehatan lingkungan kerja, terutama di area yang lebih rentan terhadap variasi kelembapan. Penelitian Karyati et al. (2016) ini mengungkap bahwa kelembaban relatif di hutan lebih tinggi dan stabil akibat tutupan vegetasi, dengan fluktuasi harian yang terkait radiasi matahari terutama dalam hal pola fluktuasi %RH dan pengaruh faktor lingkungan.



Gambar 8. Tren Fluktuasi Kecepatan Aliran Udara pada Setiap Titik

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Hasil analisis menunjukkan bahwa kecepatan aliran udara di sebagian besar area, seperti Ruang Mitra Kerja, Ruang Rapat, dan INT Senior Spv, cenderung rendah dan stabil. Hal ini mengindikasikan kondisi lingkungan yang relatif konsisten dan nyaman bagi penghuni ruangan tersebut. Namun, fluktuasi yang signifikan terdeteksi pada titik RE Senior Spv, terutama pada waktu pagi hari, di mana variasi kecepatan udara antar Run cukup tinggi. Fenomena ini menandakan adanya ketidakstabilan aliran udara di lokasi tersebut, yang mungkin dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti sistem ventilasi atau aktivitas khusus di pagi hari. Selain itu, titik Ruang Section Head juga menunjukkan tren yang menarik dengan peningkatan tajam kecepatan aliran udara dari 1.0 m/s menjadi 1.5 m/s pada pagi hari, sedangkan nilai pada sore hari tetap rendah. Perbedaan ini mengindikasikan ketidakseimbangan aliran udara yang berpotensi menimbulkan ketidaknyamanan termal, terutama bagi orang yang terpapar langsung aliran udara tinggi di pagi hari. Meskipun seluruh nilai masih dalam batas aman, fluktuasi pada dua titik tersebut perlu menjadi perhatian untuk memastikan kenyamanan dan kesehatan lingkungan kerja.

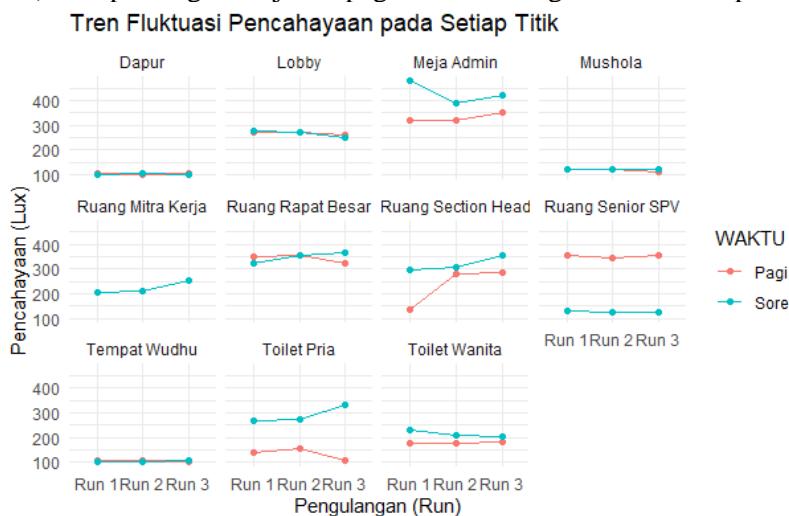


Gambar 9. Tren fluktuasi Kebisingan pada Setiap Titik

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Fluktuasi kebisingan di berbagai area administratif menunjukkan pola yang relatif stabil dan aman, dengan tingkat kebisingan berkisar antara 50–65 dBA. Area seperti Meja Admin, Ruang Rapat, dan Ruang SPV Senior termasuk dalam kategori ini, menunjukkan bahwa aktivitas sehari-hari di lokasi tersebut tidak menimbulkan gangguan suara yang signifikan. Namun, pola yang berbeda terlihat pada

area tertentu seperti Ruang Section Head, di mana terjadi lonjakan kebisingan pagi hari hingga 70 dBA, diduga akibat aktivitas briefing atau diskusi yang lebih intens. Lonjakan ini bersifat sementara, karena tingkat kebisingan kembali stabil pada sore hari, menunjukkan bahwa fluktuasi tersebut terkait dengan jadwal aktivitas tertentu. Di sisi lain, dua titik kritis yaitu Pompa 6 dan Pompa 8 menunjukkan tingkat kebisingan yang konsisten tinggi, melebihi 85 dBA pada pagi dan sore hari. Tingkat kebisingan yang terus-menerus tinggi ini berpotensi melebihi Nilai Ambang Batas (NAB) jika pekerja terpapar dalam durasi panjang. Hal ini mengindikasikan bahwa sumber kebisingan di area pompa bersifat konstan dan tidak terpengaruh oleh waktu atau aktivitas tertentu, berbeda dengan pola fluktuasi di area administratif. Perbedaan tren kebisingan ini menegaskan pentingnya pendekatan pengendalian yang disesuaikan dengan karakteristik masing-masing area. Penelitian ini menganalisis fluktuasi parameter lingkungan, seperti suhu dan kelembaban, dipengaruhi oleh waktu dan aktivitas, mirip dengan tren kebisingan yang bervariasi berdasarkan jam operasional. Pola ini menegaskan pentingnya pemantauan berkelanjutan untuk mitigasi dampak. Penelitian Arif et al. (2020) menganalisis tingkat kebisingan di ruang produksi es balok UD dimana fluktuasi kebisingan dipengaruhi operasional mesin, dengan tingkat tertinggi pada shift pagi (96,73 dB), serupa dengan lonjakan pagi hari di Ruang Section Head pada penelitian ini.



Gambar 10. Tren Fluktuasi Pencahayaan pada Setiap Titik

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Hasil pengukuran menunjukkan variasi intensitas pencahayaan yang signifikan di berbagai area, dengan kisaran antara 130 hingga 400 Lux. Area-area seperti Dapur, Mushola, dan Tempat Wudhu mencatat intensitas pencahayaan yang relatif rendah, yaitu sekitar 130 Lux, yang belum memenuhi standar kenyamanan dan keselamatan kerja. Di sisi lain, area seperti Lobby dan Ruang Mitra Kerja mempertahankan tingkat pencahayaan yang stabil dalam kisaran yang memadai. Pola fluktuasi yang menarik terlihat pada Meja Admin dan Ruang Section Head, di mana variasi pencahayaan cukup signifikan, terutama di pagi hari. Hal ini diduga disebabkan oleh interaksi antara cahaya alami dari luar dan cahaya buatan dari lampu, yang menciptakan ketidakstabilan intensitas cahaya tergantung pada waktu pengukuran. Perbedaan waktu pengamatan juga memberikan dampak yang mencolok pada distribusi pencahayaan, khususnya di fasilitas toilet. Toilet Pria mengalami peningkatan intensitas pencahayaan di sore hari, sementara Toilet Wanita justru menunjukkan tren penurunan. Temuan ini mengindikasikan ketidakmerataan distribusi pencahayaan yang mungkin dipengaruhi oleh faktor tata letak lampu atau keberadaan penghalang fisik seperti partisi dan rak. Selain itu, pengulangan pengukuran (Run 1, Run 2, Run 3) pada beberapa area menunjukkan konsistensi hasil, meskipun tetap terdapat fluktuasi yang perlu diperbaiki untuk mencapai standar yang seragam. Dengan demikian, evaluasi menyeluruh terhadap sistem pencahayaan diperlukan untuk memastikan kesesuaian dengan standar SNI 6197:2011 dan menciptakan lingkungan kerja yang optimal. Penelitian (Nurfadhilah et al., 2025) mengidentifikasi ketidakmerataan pencahayaan alami di ruang komersial, dengan fluktuasi intensitas cahaya berdasarkan waktu dan lokasi. Solusi desain seperti *shading* dan material reflektif diajukan untuk mengatasi masalah serupa. Penelitian Malan et al. (2024) mengukur tingkat pencahayaan di lingkungan kerja dengan hasil 150-350 lux, mengidentifikasi ketidakmerataan distribusi cahaya akibat tata letak lampu yang tidak optimal. Temuan ini sejalan dengan penelitian di

area perkantoran (103-429 lux), sama-sama menyoroti pentingnya desain pencahayaan yang merata untuk memenuhi standar SNI (200-300 lux) dan mencegah ketidaknyamanan visual.

Skema Usulan Hierarki Pengendalian dari Hasil Kuantitatif Pengukuran Faktor Fisika

Berdasarkan hasil pengukuran kuantitatif di PT KPI RU III Plaju, dirancang skema hierarki pengendalian yang komprehensif untuk mengatasi parameter fisika yang melebihi Nilai Ambang Batas (NAB). Pendekatan ini mencakup lima tingkatan pengendalian: eliminasi, substitusi, rekayasa teknik, administratif, dan APD, yang disesuaikan dengan karakteristik masing-masing parameter. Implementasi dilakukan secara terstruktur dengan mempertimbangkan kondisi aktual di lapangan, sehingga intervensi yang diberikan tepat sasaran dan efektif.

Tabel 19. Skema Hierarki Pengendalian Berdasarkan Hasil Temperatur

Hierarki Pengendalian	Rekomendasi	Titik Lokasi	Keterangan Paparan
Eliminasi	Tidak dapat diterapkan karena sumber panas bersifat lingkungan alami dan aktivitas internal	-	Tidak ada paparan melebihi NAB; eliminasi tidak relevan
Substitusi	Tidak dapat diterapkan karena tidak terdapat bahan atau proses penghasil panas yang dominan	-	Tidak ada proses khusus yang dapat diganti
Rekayasa Teknik	Optimasi sistem HVAC untuk menjaga kestabilan suhu terutama di pagi hari	Meja Admin Pagi	Suhu pagi hari sedikit lebih tinggi (24,4°C) dibanding sore; perlu stabilisasi
Administrasi	Penjadwalan ulang aktivitas kerja sensitif suhu pada waktu sore hari saat suhu lebih stabil	Meja Admin Pagi	Variasi suhu pagi lebih tinggi (SD = 1,51), sore lebih stabil (SD = 0,903)
APD	Tidak diperlukan karena seluruh suhu berada dalam rentang aman dan nyaman (<30°C)	-	Seluruh titik aman; APD untuk suhu tidak diperlukan saat ini

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Berdasarkan hasil pengukuran temperatur di lingkungan kerja berada dalam kisaran 22-27°C, yang masih di bawah Nilai Ambang Batas (NAB) sebesar 30°C. Meskipun demikian, ditemukan variasi suhu yang signifikan, terutama pada pagi hari di area Meja Admin, dengan suhu rata-rata 24,4°C dan standar deviasi 1,51, menunjukkan fluktuasi yang lebih tinggi dibandingkan sore hari (SD = 0,903). Kondisi ini mengindikasikan perlunya intervensi untuk menstabilkan suhu, khususnya di pagi hari. Sumber panas yang bersifat alami dan aktivitas internal membuat metode eliminasi dan substitusi tidak dapat diterapkan, sehingga fokus pengendalian dialihkan pada rekayasa teknik dan penyesuaian administratif.

Optimasi sistem HVAC menjadi solusi utama untuk mengurangi variasi suhu pagi hari, sementara penjadwalan ulang aktivitas kerja yang sensitif terhadap suhu ke waktu sore hari dapat meminimalkan dampak ketidakstabilan termal. Meskipun seluruh titik pengukuran berada dalam rentang aman, pemantauan terhadap titik ekstrem (22°C dan 27°C) tetap diperlukan sebagai bagian dari upaya peningkatan kenyamanan termal secara berkelanjutan. Pendekatan ini tidak hanya memastikan kepatuhan terhadap standar keselamatan, tetapi juga menciptakan lingkungan kerja yang lebih nyaman dan produktif bagi karyawan. Penelitian Talarosha (2005) menekankan pentingnya sistem ventilasi alami dan mekanis (HVAC) untuk stabilitas suhu dan merekomendasikan 24-26°C sebagai zona nyaman termal ideal untuk bangunan di Indonesia.

Tabel 20. Skema Hierarki Pengendalian Berdasarkan Hasil Kelembapan Relatif

Tingkat Pengendalian	Rekomendasi Pengendalian	Titik Lokasi	Keterangan
Eliminasi	Tidak memungkinkan dalam konteks kelembapan lingkungan kerja (karena RH bersifat ambient)	Tidak relevan	Tidak dapat menghilangkan sumber kelembapan karena berasal dari lingkungan dan aktivitas rutin
Substitusi	Tidak berlaku secara langsung untuk kelembapan (tidak ada bahan atau proses yang bisa disubstitusi)	Tidak relevan	RH bukan berasal dari bahan kimia atau proses spesifik yang dapat diganti

Tingkat Pengendalian	Rekomendasi Pengendalian	Titik Lokasi	Keterangan
Rekayasa Teknik	<ol style="list-style-type: none"> Instalasi atau peningkatan dehumidifier pada area dengan RH > 60%. Penyesuaian sistem ventilasi dan sirkulasi udara. Perbaikan tata letak furnitur agar aliran udara optimal. 	<ol style="list-style-type: none"> Meja Admin (pagi 66%) RE Senior Spv Ruang Rapat <p>Titik-titik dengan RH > 65%</p>	50% pengukuran melebihi NAB (6 dari 12 titik), dengan beberapa titik mendekati 66% RH; distribusi simetris tetapi dengan outlier menuju batas atas (Gambar 4.5 dan 4.25)
Administratif	<ol style="list-style-type: none"> Penjadwalan aktivitas padat pada waktu kelembapan lebih rendah (sore hari). Pemeriksaan rutin kelembapan 2x sehari (pagi dan sore). Pelatihan staf tentang pengaruh kelembapan tinggi. 	Semua titik di area perkantoran, terutama yang fluktuasinya signifikan (Meja Admin)	Terdapat perbedaan kelembapan pagi vs sore (Meja Admin turun dari 66% ke 59%; Gambar 4.32); menunjukkan potensi perencanaan kerja berbasis waktu
Alat Pelindung Diri (APD)	<ol style="list-style-type: none"> Penggunaan pakaian kerja yang menyerap keringat atau breathable. Penggunaan cooling vest di area yang tidak dapat direkayasa 	<p>Titik-titik dengan RH > 60%, terutama Meja Admin & lokasi tertutup</p>	Untuk mitigasi jangka pendek saat pengendalian teknis belum diterapkan

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Hasil pengukuran kelembapan relatif (RH) menunjukkan bahwa 50% titik pengukuran melebihi Nilai Ambang Batas (NAB) $\geq 60\%$, dengan titik kritis teridentifikasi di Meja Admin yang mencapai 66% RH pada pagi hari. Kondisi ini mengindikasikan perlunya intervensi khusus untuk mengendalikan kelembapan di area kerja. Karena sumber kelembapan bersifat ambient dan tidak dapat dihilangkan melalui eliminasi atau substitusi, strategi pengendalian difokuskan pada rekayasa teknik dan administratif. Rekomendasi utama meliputi instalasi dehumidifier, optimalisasi sistem ventilasi, serta penyesuaian tata letak furnitur untuk meningkatkan sirkulasi udara, terutama di area dengan RH tinggi seperti Meja Admin dan Ruang Senior SPV.

Selain pendekatan teknis, langkah administratif seperti penjadwalan ulang aktivitas padat ke sore hari saat RH lebih rendah (contoh: penurunan 7% di Meja Admin) dan pemantauan rutin 2x sehari menjadi solusi praktis untuk memitigasi dampak kelembapan tinggi. Penggunaan APD seperti pakaian breathable dan cooling vest direkomendasikan sebagai pendukung jangka pendek, khususnya di area yang belum terjangkau intervensi teknis. Kombinasi strategi ini tidak hanya memastikan kepatuhan terhadap Permenaker No. 5 Tahun 2018, tetapi juga menciptakan lingkungan kerja yang lebih nyaman dan produktif melalui pendekatan berkelanjutan berbasis data kuantitatif.

Tabel 21. Skema Hierarki Pengendalian Berdasarkan Hasil Kecepatan Aliran Udara

Tingkat Pengendalian	Usulan Tindakan	Titik Lokasi dengan Paparan	Keterangan
Eliminasi	Tidak memungkinkan karena aliran udara dibutuhkan dalam ruang kerja untuk ventilasi.	-	Eliminasi tidak relevan untuk aliran udara yang dibutuhkan untuk kenyamanan/ventilasi.
Substitusi	Tidak memungkinkan dilakukan substitusi karena sumber aliran adalah udara lingkungan alami/mekanis.	-	Sumber aliran tidak bisa diganti seperti pada zat kimia.
Rekayasa Teknik	<ol style="list-style-type: none"> Menyesuaikan arah dan kapasitas diffuser udara (AC/ventilasi). Pemasangan penghalang aliran. 	<ol style="list-style-type: none"> RE Senior Spv (fluktuasi tinggi, pagi hari). Section Head (puncak 1.5 m/s di pagi hari). 	Untuk menghindari aliran langsung pada area kerja.
Administratif	<ol style="list-style-type: none"> Pembatasan waktu kerja pada titik paparan tinggi. Penjadwalan ulang kegiatan di pagi hari. 	<ol style="list-style-type: none"> RE Senior Spv Section Head Area Perkantoran (pagi dan sore) 	Terutama ketika ventilasi belum diperbaiki, dan pekerja tidak bisa dipindah sementara waktu.
APD	Tidak direkomendasikan; APD tidak efektif untuk aliran udara tinggi. Kecuali untuk perlindungan lokal.	-	APD bukan metode utama untuk pengendalian aliran udara. Lebih menekankan engineering control.

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Hasil parameter kecepatan aliran udara menunjukkan variasi signifikan dalam kecepatan aliran udara, dengan 8.33% titik melebihi batas atas NAB (0.50 m/s) dan 25% berada di bawah batas minimum (0.15 m/s). Kondisi ini menciptakan ketidaknyamanan termal di area tertentu seperti Section Head (mencapai 1.5 m/s pagi hari) dan RE Senior SPV (fluktuasi tinggi). Karena aliran udara merupakan komponen vital untuk ventilasi ruangan, pendekatan eliminasi dan substitusi tidak dapat diterapkan. Sebagai gantinya, strategi pengendalian difokuskan pada rekayasa teknik melalui penyesuaian diffuser AC/ventilasi dan pemasangan penghalang aliran untuk mengoptimalkan distribusi udara di lokasi-lokasi kritis.

Pendekatan administratif berupa penjadwalan ulang aktivitas kerja di waktu-waktu dengan aliran udara tidak optimal menjadi solusi komplementer, khususnya untuk area yang belum terjangkau intervensi teknis. APD dinilai tidak efektif untuk mengendalikan parameter ini, sehingga prioritas utama diberikan pada modifikasi sistem ventilasi dan manajemen waktu kerja. Langkah-langkah ini tidak hanya memastikan kenyamanan termal pekerja sesuai standar Permenaker No. 5 Tahun 2018, tetapi juga menjaga kualitas udara dalam ruangan melalui pendekatan berbasis data yang berfokus pada area dengan variasi signifikan antara pagi dan sore hari. Penelitian ini sejalan dengan Dewi (2012) yang menegaskan perlunya pendekatan terintegrasi dalam mendesain sistem ventilasi industri yang mempertimbangkan aspek kecepatan, arah aliran, dan interaksinya dengan parameter lingkungan lainnya

Tabel 22. Skema Hierarki Pengendalian Berdasarkan Hasil Kebisingan

Tingkat Hierarki	Rekomendasi Pengendalian	Titik/Lokasi dengan Paparan	Keterangan
Eliminasi	Meninjau kemungkinan untuk menghilangkan sumber kebisingan dari Pompa 6 dan 8 melalui redesign proses kerja	Pompa 6, Pompa 8	Tingkat kebisingan tinggi dan konsisten; eliminasi sulit dilakukan, namun dapat dikaji ulang
Substitusi	Mengganti pompa atau peralatan bising dengan teknologi rendah kebisingan	Pompa 6, Pompa 8, area lapangan	Substitusi dapat dipertimbangkan pada siklus pengantian alat jangka menengah/panjang
Rekayasa Teknik	- Pemasangan peredam suara (<i>acoustic enclosure</i>) pada pompa - Isolasi area lapangan dari zona kerja lain	Pompa 6, Pompa 8, area lapangan	Tindakan paling layak secara teknis dan efektif menurunkan paparan ke area sekitarnya
Administratif	- Rotasi pekerja untuk meminimalkan durasi paparan - Penjadwalan kerja agar kontak langsung diminimalkan	Area lapangan, seluruh area bising	Tidak menghilangkan sumber, namun mengurangi durasi paparan
APD (Alat Pelindung Diri)	Penggunaan earplug atau earmuff wajib di area dengan kebisingan >85 dBA	Pompa 6, Pompa 8, area lapangan	Tindakan paling mudah dan cepat dilakukan, tetapi merupakan pengendalian paling lemah secara hierarki

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Hasil pengukuran kebisingan menunjukkan tingkat paparan yang melebihi batas aman di beberapa area kritis, khususnya Pompa 6, Pompa 8, dan area lapangan, dengan intensitas kebisingan konsisten di atas 85 dBA. Berdasarkan hierarki pengendalian, pendekatan rekayasa teknik menjadi solusi utama melalui pemasangan *acoustic enclosure* pada peralatan bising dan isolasi area lapangan dari zona kerja lain. Langkah ini dinilai paling efektif untuk mengurangi paparan kebisingan secara langsung dan berkelanjutan. Selain itu, substitusi peralatan dengan teknologi rendah kebisingan diusulkan sebagai solusi jangka menengah hingga panjang, meskipun memerlukan kajian lebih mendalam terkait biaya dan kelayakan teknis.

Untuk melengkapi upaya pengendalian, langkah administratif seperti rotasi pekerja dan penjadwalan ulang aktivitas kerja diterapkan guna meminimalkan durasi paparan di area bising. Meskipun tidak menghilangkan sumber kebisingan, pendekatan ini efektif mengurangi risiko kesehatan pekerja. Sebagai pertahanan terakhir, penggunaan APD (*earplug* atau *earmuff*) diwajibkan di area dengan kebisingan tinggi, meskipun ini merupakan opsi paling lemah dalam hierarki. Kombinasi strategi ini tidak hanya memastikan kepatuhan terhadap Permenaker No. 5 Tahun 2018, tetapi juga menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan nyaman melalui pendekatan berlapis yang disesuaikan dengan kondisi spesifik setiap area. Sejalan dengan penelitian Fithri (2015)

mengidentifikasi tingkat kebisingan di kisaran 75–105 dBA, melebihi NAB (85 dBA), terutama pada sumber mesin berdaya tinggi. Penelitian ini sama-sama menekankan risiko kesehatan pekerja di area industri energi dan perlunya kontrol teknis (peredam suku) dan administratif (rotasi kerja).

Tabel 23. Skema hierarki pengendalian berdasarkan hasil pencahayaan

Hierarki Pengendalian	Rekomendasi	Titik Lokasi Spesifik	Keterangan Paparan
Eliminasi	Memindahkan aktivitas kerja ke lokasi dengan pencahayaan yang sesuai standar.	Tidak relevan (karena seluruh area kerja bersifat tetap dan permanen).	Tidak direkomendasikan untuk diterapkan dalam konteks tata ruang kantor permanen.
Substitusi	Mengganti sumber cahaya terlalu terang dengan jenis lampu berintensitas moderat.	Area dekat jendela/lampu overhead di area perkantoran.	Pencahayaan hingga 429 lux yang melebihi NAB dan berpotensi menyilaukan.
Rekayasa Teknik	1. Penambahan diffuser pada lampu terang 2. Penambahan lampu di area gelap	1. Meja Admin 2. Ruang Section Head 3. Toilet Pria 4. Dapur Mushola 5. Tempat Wudhu	Ketidakteraturan pencahayaan pagi/sore hari dan intensitas <200 lux pada area tertentu.
Administrasi	Penjadwalan aktivitas visual detail pada waktu dengan pencahayaan optimal.	Seluruh area kerja	Untuk meminimalkan kelelahan visual dan meningkatkan produktivitas.
APD	Penggunaan kacamata kerja anti-silau pada area terang	Area dekat jendela/lampu overhead	Menghindari efek silau pada pekerja yang duduk dekat sumber cahaya berlebih.

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Hasil pengukuran menunjukkan ketidakseimbangan pencahayaan yang signifikan, dengan 27,3% titik melebihi NAB (terutama di area dekat jendela/lampu overhead mencapai 429 lux) dan 40,9% di bawah standar minimum (seperti di Toilet Pria dan Dapur Mushola <200 lux). Kondisi ini menimbulkan masalah ergonomis berupa silau dan kelelahan visual. Berdasarkan hierarki pengendalian, substitusi lampu berintensitas tinggi dengan teknologi moderat menjadi solusi prioritas untuk area terang berlebih, sementara rekayasa teknik melalui pemasangan diffuser dan penambahan lampu di area gelap dilakukan untuk menciptakan distribusi cahaya yang merata di 6 area kritis termasuk Meja Admin dan Ruang Section Head. Pendekatan ini secara langsung menangani akar masalah ketidakseimbangan pencahayaan. Penelitian Martian & Suri (2017) mengungkap bahwa intensitas pencahayaan berpotensi memengaruhi kenyamanan visual dan psikologis pekerja

Untuk mendukung intervensi teknis, langkah administratif seperti penjadwalan aktivitas visual pada waktu pencahayaan optimal diterapkan guna memaksimalkan efektivitas sistem pencahayaan yang telah dimodifikasi. APD berupa kacamata anti-silau berperan sebagai solusi tambahan di area dengan pantulan cahaya berlebih, meskipun bersifat sementara. Eliminasi tidak direkomendasikan karena keterbatasan tata ruang permanen. Kombinasi strategi ini tidak hanya memenuhi standar SNI 03-6575-2001, tetapi juga menciptakan lingkungan kerja ergonomis melalui pendekatan komprehensif yang memprioritaskan koreksi ketidak seimbangan pencahayaan dan fluktuasi intensitas antara pagi-sore hari.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa sebagian besar parameter fisika di lingkungan perusahaan industri minyak dan gas masih berada dalam ambang batas aman yang ditetapkan oleh standar nasional. Temperatur dan kecepatan aliran udara umumnya memenuhi syarat kenyamanan dan keselamatan kerja. Meskipun demikian, ditemukan beberapa temuan yang memerlukan perhatian, seperti kelembapan relatif yang melebihi batas ideal pada setengah dari titik ukur, tingkat kebisingan di area lapangan yang melampaui NAB (88,7 dBA), serta pencahayaan yang tidak merata di beberapa lokasi kerja.

Lebih lanjut, analisis fluktuasi parameter menunjukkan adanya variasi signifikan berdasarkan waktu dan aktivitas kerja. Kebisingan dan kecepatan aliran udara cenderung lebih tinggi pada pagi hari, sementara kelembapan relatif meningkat di sore hari akibat akumulasi aktivitas. Pencahayaan juga bervariasi tergantung pada lokasi dan pencahayaan alami atau buatan. Temuan ini menegaskan

pentingnya pemantauan kondisi lingkungan kerja secara dinamis untuk mengidentifikasi potensi risiko yang mungkin tidak terdeteksi dalam satu kali pengukuran.

Untuk meningkatkan kualitas lingkungan kerja dan menjaga kesehatan serta produktivitas pekerja, diperlukan sejumlah tindakan pengendalian. Optimalisasi sistem HVAC, evaluasi tata letak ruangan, pemasangan dehumidifier, dan penyesuaian ventilasi diperlukan untuk menjaga kestabilan suhu dan kelembapan. Selain itu, kecepatan aliran udara dapat dikendalikan melalui penyesuaian arah difusser AC dan penambahan penghalang aliran di area dengan kecepatan ekstrem. Adapun pengendalian kebisingan dapat dilakukan melalui pemasangan *acoustic enclosure* dan rotasi kerja. Terakhir, penyesuaian pencahayaan penting untuk menjamin distribusi yang merata sesuai standar.

DAFTAR PUSTAKA

- Andarini, D., & Listianti, A. N. (2017). Evaluation of illumination level at library of Sriwijaya University. *Journal of Industrial Hygiene and Occupational Health*, 2(1), 1. <https://doi.org/10.21111/jihoh.v2i1.1269>
- Arif, M. A., Rangkuti, E. M., & Polewangi, Y. D. (2020). Analisa Suara Mesin Pada Ruang Produksi Es Balok Dalam Upaya Mengurangi Tingkat Kebisingan Kerja UD. Pangkalan Jaya Kabupaten Batu Bara. *Juripol (Jurnal Institusi Politeknik Ganesha)*, 3(2), 161–171. <https://doi.org/10.33395/juripol.v3i2.11037>
- Atina, A., Jumingin, J., Rahmadani, W., & Sukria, I. (2020). Analisis Tingkat Kebisingan di Lingkungan Universitas PGRI Palembang. *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 17(2), 126. <https://doi.org/10.31851/sainmatika.v17i2.5052>
- Atmaja, B. G., Setyaningsih, Y., & Wahyuni, I. (2022). Relationship of Noise Intensity, Heat Stress, and Physical Workload to Workers' Health Complaints at Semarang Timber Factory. *Disease Prevention and Public Health Journal*, 16(2), 138–146. <https://doi.org/10.12928/dpphj.v16i2.5758>
- Dewi, F. G. U. (2012). Pengaruh Kecepatan Dan Arah Aliran Udara Terhadap Kondisi Udara Dalam Ruangan Pada Sistem Ventilasi Alamiah. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 3(2), 299–304. <https://doi.org/10.21776/jrm.v3i2.153>
- Edar, A. N., & Wahyuni, A. (2021). Pengaruh Suhu dan Kelembaban Terhadap Rasio Kelembaban dan Entalpi (Studi Kasus: Gedung UNIFA Makassar). *LOSARI: Jurnal Arsitektur Kota Dan Pemukiman*, 102–114. <https://doi.org/10.33096/losari.v6i2.311>
- Erick, A. Y. P., Pido, R., & Boli, R. H. (2024). Analisis Kenyamanan Termal Pada Gedung BPJS Kesehatan Cabang Gorontalo. *JUSTER: Jurnal Sains Dan Terapan*, 3(2), 5–11. <https://doi.org/10.57218/juster.v3i2.1069>
- Fahrezi, I. A., Tunnisa, A. I., Yustriardi, M., & Azzahra, N. (2024). Analisis Perbandingan Ekspor Migas Indonesia. *EKOMA : Jurnal Ekonomi, Manajemen, Akuntansi*, 3(4), 938–945.
- Febrina, D., Hamzah, B., & Mulyadi, R. (2017). Pengaruh Elemen Fasad Terhadap Laju Pergerakan Aliran Udara di Ruang Kelas. *Jurnal Arsitektur PURWARUPA*, 1(2), 19–28. <https://doi.org/10.24853/purwarupa.1.2.19-28>
- Fithri, P. (2015). Analisis Intensitas Kebisingan Lingkungan Kerja pada Area Utilities Unit PLTD dan Boiler (Studi Kasus PT.Pertamina RU II Dumai). *Sitekin: Jurnal Sains, Teknologi Dan Industri*, 12(2), 278–285. <https://doi.org/10.24014/sitekin.v12i2.1057>
- Karyati, Ardianto, S., & Syafrudin, M. (2016). Fluktuasi Iklim Mikro di Hutan Pendidikan Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman. *Agrifor*, 15(1)(1999), 83–92. <https://doi.org/10.31293/af.v15i1.1785>
- Kotta, M. H. (2008). Suhu Netral dan Rentang Suhu Nyaman Manusia Indonesia (Studi Kasus Penelitian Pada Bangunan Kantor Di Makassar). *Metropilar - Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik*, 6(1), 23–29.
- Malan, R. D. P., Rasyid, M., & Aminah Soleman. (2024). Pengukuran Tingkat Kebisingan dan

- Pencahayaan pada Lingkungan Kerja pada PT X di Kota Ambon. *JOURNAL OF INDUSTRIAL AND MANUFACTURE ENGINEERING*, 8(2), 219–230. <https://doi.org/10.31289/jime.v8i2.12981>
- Mandey, J. C., & Kindangen, J. I. (2017). Studi Kenyamanan Panas dan Hubungannya dengan Tingkat Produktivitas di Ruang Kantor. *Jurnal Lingkungan Binaan Indonesia*, 6(3), 127–133. <https://doi.org/10.32315/jlbi.6.3.188>
- Martian, E., & Suri, F. (2017). Pengaruh Pencahayaan Ruang Kerja Terhadap Stres Kerja Karyawan Biro Perencanaan dan Kerjasama Universitas Sumatera Utara. *JURNAL DIVERSITA*, 3(2), 9. <https://doi.org/10.31289/diversita.v3i2.1255>
- Mukono, J., Prasasti, C., & Sudarmaji, S. (2005). Pengaruh Kualitas Udara dalam Ruangan Ber-acterhadap Gangguan Kesehatan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Unair*, 1(2), 3941.
- Ningtias, D. W. A., Pratama, A. Y., Usman, D., Alannibras, H. N., & Humaidi. (2024). Analisis Standar Pencahayaan Studi Kasus Gedung Teknologi Listrik Politeknik Enjinering Indorama. *Ramatekno*, 4(2), 34–43. <https://doi.org/10.61713/jrt.v4i2.196>
- Nurfadhilah, D., Soewarno, N., & Sopiandi, A. (2025). Evaluasi Pencahayaan Alami Untuk Kenyamanan Visual Studi Kasus Food Court Dan Co-Working Space Sekolah Vokasi IPB. *Jurnal Arsitektur*, 17(1), 77–86.
- Rahayuningsih, S. (2014). Analisis Perbaikan Kondisi Lingkungan Kerja Terhadap Beban Kerja Mental. *Jurnal Teknik Industri*, 15(1), 80–87. <https://doi.org/10.22219/JTIUMM.Vol15.No1.80-87>
- Rasyid, M. F. (2022). Relationship Between Physical Workload, Sleep Quality, Work Climate, and Noise Level With Work Fatigue in Rolling Mill Workers in Sidoarjo Steel Industry. *The Indonesian Journal of Public Health*, 17(2), 319–330. <https://doi.org/10.20473/ijph.v17i2.2022.319-330>
- Ridwan, F. H., Anua, S. M., Aji, B. S., Nurdin, R., Rizky, M. H., & Tejamaya, M. (2023). Assessment of Occupational Heat Stress in A Selected Indonesian Steel Mill. *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, 12(2), 292–303. <https://doi.org/10.20473/ijosh.v12i2.2023.292-303>
- Silviana, N. A., Siregar, N., & Banjarnahor, M. (2021). Pengukuran dan Pemetaan Tingkat Kebisingan pada Area Produksi. *JOURNAL OF INDUSTRIAL AND MANUFACTURE ENGINEERING*, 5(2). <https://doi.org/10.31289/jime.v5i2.6101>
- Subagja, I. (2019). Peranan Perusahaan Migas Nasional Terhadap Ketersediaan Energi Indonesia (Study di Perusahaan PT. Bahtera Abadi Gas Kabupaten Tuban). *JUSTITIABLE - Jurnal Hukum*, 1(2), 117–130. <https://doi.org/10.56071/justifiable.v1i2.49>
- Sunarsieh, Badriyah, L., & Marvita. (2025). Faktor Fisik Lingkungan Kerja Dan Dampaknya Pada Tenaga Kerja. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 11, Issue 1). Nuansa Fajar Cemerlang.
- Talarosha, B. (2005). Menciptakan Kenyamanan Thermal dalam Bangunan. *Jurnal Sistem Teknik Industri*, 6(3), 148.
- Tjan, H., Lintong, F., & Supit, W. (2013). Efek Bising Mesin Elektronika Terhadap Gangguan Fungsi Pendengaran Pada Pekerja Di Kecamatan Sario Kota Manado, Sulawesi Utara. *Jurnal E-Biomedik*, 1(1). <https://doi.org/10.35790/ebm.1.1.2013.1158>
- Wardana, M. W., & I, E. R. (2020). Analisis Pengaruh Lingkungan Kerja Terhadap Produktivitas Pekerja. *Jurnal Rekayasa Industri (JRI)*, 2(1), 15–22. <https://doi.org/10.37631/jri.v2i1.127>