

Analisis Dan Evaluasi *Layout* Ruang Produksi Dengan Memenuhi Standar Keyamanan Termal Pada Umkm Sandal Calvin

1st Mohamad Haidar Bagaskara
Program Studi Teknik Industri
Telkom University Kampus
Purwokerto, Indonesia
haidarbagakara@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Anastasia Febiyani
Program Studi Teknik Industri
Telkom University Kampus
Purwokerto, Indonesia
anastasia@telkomuniversity.ac.id

3rd Dina Rachmawaty
Program Studi Teknik Industri
Telkom University Kampus
Purwokerto, Indonesia
dinarr@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Lingkungan kerja yang ergonomis memiliki peran penting dalam meningkatkan kenyamanan dan produktivitas karyawan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengevaluasi *layout* ruang produksi pada UMKM Sandal Calvin berdasarkan parameter kenyamanan termal yang mencakup suhu, pencahayaan, dan kebisingan. Berdasarkan hasil observasi awal, ditemukan bahwa kondisi termal di ruang produksi tidak sesuai dengan standar kenyamanan kerja, seperti suhu yang melebihi 35°C, pencahayaan di bawah 50 lux, serta kebisingan yang melebihi ambang batas 85 dBA pada area tertentu. Penelitian ini menggunakan metode *Predicted Mean Vote* (PMV) dan *Predicted Percentage of Dissatisfied* (PPD) dengan bantuan perangkat lunak CBE *Thermal Comfort Tool* untuk mengukur tingkat kenyamanan termal secara objektif. Selain itu, kuesioner kenyamanan termal digunakan untuk mengetahui persepsi karyawan secara subjektif. Hasil analisis menunjukkan bahwa *layout* ruang produksi yang ada belum optimal dalam mendistribusikan suhu, pencahayaan, dan kebisingan secara merata. Oleh karena itu, dirancang alternatif perbaikan *layout* berbasis zonasi termal untuk meningkatkan kenyamanan kerja karyawan. Implementasi *layout* baru diharapkan dapat menciptakan lingkungan kerja yang lebih ergonomis dan produktif sesuai standar kenyamanan termal nasional.

Kata kunci— kebisingan, kenyamanan termal, *layout*, pencahayaan, peta kontur, suhu.

I. PENDAHULUAN

Lingkungan kerja yang ergonomis memainkan peran penting dalam meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan pekerja, terutama dalam sektor industri kecil seperti UMKM [1]. Salah satu aspek kritis dari ergonomi lingkungan adalah kenyamanan termal yang mencakup suhu, pencahayaan, dan kebisingan. Pada praktiknya, banyak pelaku UMKM yang belum menerapkan prinsip-prinsip ergonomi secara optimal, termasuk dalam perencanaan tata letak ruang produksi yang sesuai dengan standar kenyamanan termal. Hal ini dapat memengaruhi performa kerja karyawan, meningkatkan risiko kelelahan, dan menurunkan produktivitas secara keseluruhan.

UMKM Sandal Calvin merupakan salah satu contoh unit usaha yang menghadapi permasalahan tersebut. Meskipun telah berjalan cukup lama dan memiliki target produksi

harian yang konsisten, kenyataan di lapangan menunjukkan adanya ketidaksesuaian antara kondisi lingkungan kerja dan standar kenyamanan yang ditetapkan [2]. Pengamatan awal menunjukkan bahwa suhu ruang produksi melebihi 35°C, pencahayaan di beberapa titik berada di bawah 50 lux, dan tingkat kebisingan di beberapa area melampaui 85 dBA. Kondisi ini tidak hanya mengurangi kenyamanan kerja, tetapi juga meningkatkan frekuensi ketidakhadiran karyawan karena gangguan kesehatan seperti kelelahan dan sakit kepala [3].

Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan pentingnya kenyamanan termal dalam mendukung produktivitas tenaga kerja. Metode seperti *Predicted Mean Vote* (PMV) dan *Predicted Percentage of Dissatisfied* (PPD) terbukti efektif dalam mengevaluasi kondisi termal suatu lingkungan kerja [4]. Alat bantu seperti CBE *Thermal Comfort Tool* dan pemetaan kontur suhu juga menjadi pendekatan yang banyak digunakan untuk mendapatkan gambaran distribusi termal di dalam ruang kerja secara visual dan kuantitatif. Relevansi antara kondisi nyata di UMKM dan hasil temuan penelitian-penelitian tersebut menjadi dasar penting bagi perlunya evaluasi lebih lanjut.

Permasalahan utama dalam studi ini terletak pada belum optimalnya *layout* ruang produksi UMKM Sandal Calvin dalam memenuhi standar kenyamanan termal. Ketidaksesuaian suhu, pencahayaan yang tidak merata, serta kebisingan yang mengganggu, telah berdampak negatif terhadap kenyamanan dan produktivitas karyawan. Hal ini menuntut adanya solusi berbasis perbaikan *layout* dan pendekatan ergonomis yang sesuai.

Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kondisi kenyamanan termal ruang produksi UMKM Sandal Calvin secara objektif dan subjektif, mengevaluasi penyebab ketidaknyamanan yang terjadi, serta merancang alternatif *layout* ruang produksi berbasis zonasi termal. Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi nyata dalam menciptakan lingkungan kerja yang ergonomis dan produktif, serta meningkatkan efisiensi operasional UMKM melalui pendekatan berbasis data dan standar kenyamanan nasional.

II. KAJIAN TEORI

Menyajikan dan menjelaskan teori-teori yang berkaitan dengan variabel-variabel penelitian. Poin subjudul ditulis dalam abjad.

A. Ergonomi

Ergonomi adalah ilmu yang mempelajari tentang bagaimana manusia berinteraksi dengan elemen-elemen lain dalam suatu sistem kerja untuk meningkatkan efisiensi, kenyamanan, dan keselamatan kerja. Dalam konteks industri, ergonomi bertujuan untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman dan produktif, dengan memperhatikan batas kemampuan fisik dan mental manusia. Tiga tujuan utama ergonomi adalah: (1) meningkatkan kesejahteraan fisik dan mental pekerja, (2) meningkatkan kesejahteraan sosial melalui interaksi kerja yang sehat, dan (3) menciptakan keseimbangan antara aspek teknis, ekonomi, dan budaya dalam sistem kerja [5].

B. Ergonomi Lingkungan

Ergonomi lingkungan adalah cabang dari ergonomi yang fokus pada elemen-elemen fisik ruang kerja seperti suhu, kelembaban, pencahayaan, kebisingan, ventilasi, dan layout ruangan. Tujuan dari ergonomi lingkungan adalah menciptakan ruang kerja yang mendukung kesehatan, kenyamanan, dan produktivitas pekerja. Ketidaksesuaian kondisi lingkungan seperti suhu terlalu tinggi, pencahayaan tidak memadai, atau tingkat kebisingan yang tinggi dapat memicu kelelahan, stres, hingga menurunnya performa kerja [5].

C. Tata Letas Fasilitas (*Facility Layout*)

Tata letak fasilitas adalah proses pengaturan peralatan, ruang, dan aliran kerja dalam area produksi untuk memaksimalkan efisiensi operasional. Tata letak yang baik meminimalkan perpindahan material yang tidak perlu, meningkatkan kelancaran aliran kerja, serta mempertimbangkan kenyamanan kerja. Layout yang tidak sesuai dapat menimbulkan kelelahan, penurunan konsentrasi, dan meningkatkan risiko kecelakaan kerja. Dalam penelitian ini, layout menjadi variabel penting yang dievaluasi dalam kaitannya dengan distribusi suhu, pencahayaan, dan kebisingan [6].

D. Kenyamanan Termal

Kenyamanan termal adalah kondisi di mana seseorang merasa puas terhadap suhu dan kondisi termal di sekitarnya. Faktor-faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal dapat dibagi menjadi dua kelompok: (1) faktor lingkungan fisik seperti suhu udara, kelembaban, kecepatan angin, dan radiasi termal; serta (2) faktor individu seperti aktivitas fisik dan jenis pakaian. Ketidaksesuaian pada faktor-faktor ini dapat menyebabkan stres termal yang berdampak pada kesehatan dan produktivitas pekerja [7].

E. Standar Kenyamanan Termal

Menurut SNI 03-6572-2001, terdapat tiga kategori kenyamanan suhu berdasarkan temperatur efektif dan kelembaban relatif: sejuk nyaman (20,5–22,8°C), nyaman optimal (22,8–25,8°C), dan hangat nyaman (25,8–27,1°C). Standar ini memberikan acuan pengukuran dalam menilai apakah kondisi lingkungan kerja berada dalam batas kenyamanan yang disarankan. Selain SNI, referensi standar internasional seperti ASHRAE juga digunakan untuk menetapkan batas kenyamanan termal [8].

F. *Predicted Mean Vote (PMV)* dan *Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD)*

PMV adalah indeks yang digunakan untuk memprediksi sensasi termal rata-rata seseorang terhadap suatu lingkungan kerja berdasarkan keseimbangan panas tubuh. PMV dikembangkan oleh Fanger dan dinyatakan dalam skala dari -3 (dingin) sampai +3 (panas), dengan 0 sebagai kondisi netral. PPD adalah persentase orang yang diprediksi tidak merasa puas dengan kondisi termal yang diberikan. Semakin jauh nilai PMV dari nol, semakin tinggi nilai PPD, yang berarti semakin banyak pekerja yang tidak merasa nyaman. Nilai-nilai ini sangat penting dalam menilai kenyamanan kerja secara objektif [9].

G. Pengukuran Lingkungan Kerja

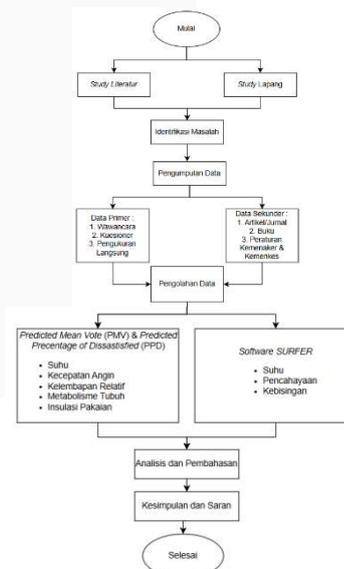
Pengukuran lingkungan kerja dalam konteks penelitian ini melibatkan tiga variabel utama: suhu, pencahayaan, dan kebisingan. Suhu diukur menggunakan termometer ruangan, pencahayaan menggunakan *digital light meter*, dan kebisingan menggunakan *digital sound level meter*. Data ini digunakan untuk memetakan kondisi termal aktual dalam ruang produksi dan menjadi dasar dalam analisis menggunakan metode PMV-PPD [10].

H. Peran Layout dalam Distribusi Termal

Layout ruang produksi berperan penting dalam mendistribusikan suhu, pencahayaan, dan kebisingan. Penempatan mesin produksi, ventilasi, dan sumber cahaya akan memengaruhi kenyamanan termal pekerja di berbagai titik ruang kerja. Oleh karena itu, perbaikan *layout* berbasis zonasi termal (*thermal zoning*) dapat digunakan sebagai solusi untuk menciptakan distribusi lingkungan kerja yang lebih merata dan nyaman [11].

III. METODE

Adapun diagram alur yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :



GAMBAR 1
(ALUR PENELITIAN)

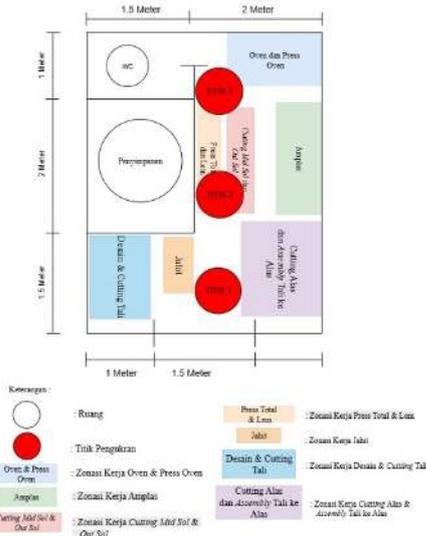
Alur penelitian pada Gambar 1 dimulai dari studi literatur dan studi lapangan untuk mengidentifikasi permasalahan utama terkait kenyamanan termal di ruang produksi UMKM Sandal Calvin. Setelah masalah teridentifikasi, dilakukan pengumpulan data primer melalui wawancara, kuesioner, dan pengukuran langsung, serta data sekunder dari artikel, buku, dan regulasi Kemeneraker serta

Kemenkes. Data yang diperoleh kemudian diolah menggunakan metode *Predicted Mean Vote (PMV)* dan *Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD)* untuk menilai kenyamanan termal secara objektif, serta perangkat lunak SURFER untuk memvisualisasikan distribusi suhu, pencahayaan, dan kebisingan. Hasil analisis selanjutnya dibahas untuk menghasilkan kesimpulan dan saran perbaikan layout berdasarkan zonasi termal yang optimal.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Penelitian ini memanfaatkan dua jenis data utama yang saling melengkapi untuk memperoleh hasil analisis yang akurat. Data tersebut diambil sesuai titik pengukuran dan jam yang telah ditentukan, berikut ini adalah *layout* ruang produksi sekaligus titik pengukuran yang digunakan dalam pengambilan data. Berikut merupakan layout ruang produksi seperti pada gambar 2



GAMBAR 2

(LAYOUT RUANG PRODUKI DAN TITIK PENGAMBILAN DATA)

Jenis data pertama merupakan data mengenai kenyamanan termal yang terdapat di ruang produksi, yang mencakup tiga aspek penting, yaitu suhu udara, intensitas pencahayaan, dan tingkat kebisingan, dibawah ini adalah rekapitulasi data suhu, pencahayaan, dan kebisingan

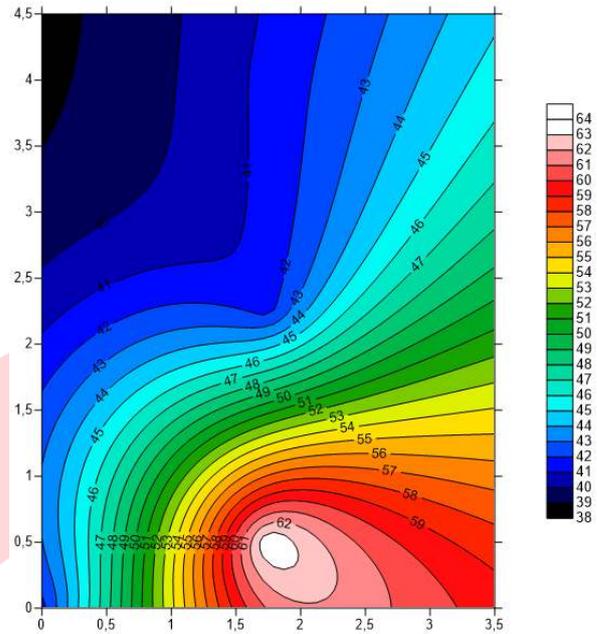
Har ke-	VARIAB EL	Suhu (°C)			Pencahayaan (Lux)			Kebisingan (dBA)		
		08.00	13.00	15.00	08.00	13.00	15.00	08.00	13.00	15.00
1	Titik/jam	08.00	13.00	15.00	08.00	13.00	15.00	08.00	13.00	15.00
	T1	35	36	35	69	69	60	80	81	79
	T2	36	36	36	40	40	40	87	87	87
2	T1	35	35	36	68	68	62	80	81	80
	T2	37	37	36	48	48	46	86	87	88
	T3	36	37	36	50	50	34	81	80	79
3	T1	36	37	37	70	70	69	80	79	80
	T2	37	36	36	49	49	41	88	86	87
	T3	37	36	37	50	50	42	84	84	83
4	T1	36	37	36	68	68	66	80	79	78
	T2	36	37	37	45	45	41	88	88	86
	T3	36	37	37	47	47	34	80	81	80
5	T1	35	36	35	68	68	67	81	81	82
	T2	36	36	37	34	34	44	85	85	83
	T3	37	37	36	37	37	39	84	84	82
6	T1	36	37	37	70	70	68	82	83	84
	T2	37	37	36	36	36	40	87	86	86
	T3	36	36	37	41	41	40	80	80	80
7	T1	36	37	37	69	69	68	78	79	79
	T2	36	36	36	40	40	42	87	88	88
	T3	36	36	35	33	33	39	85	85	83

GAMBAR 3

Rekapitulasi Data Suhu Pencahayaan Dan Kebisingan

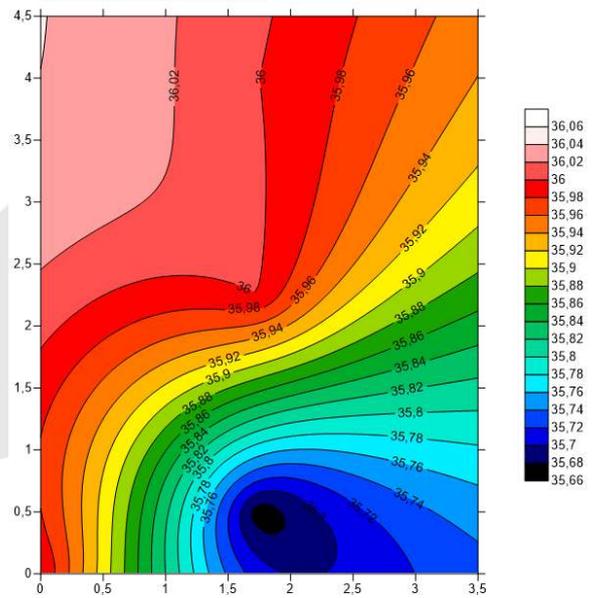
Seluruh data tersebut diperoleh secara langsung melalui proses pengukuran di lapangan pada beberapa titik dan waktu yang ditentukan guna memastikan representasi kondisi aktual

dan memvisualisasikannya dengan bantuan *software* surfer 11, dengan bentuk peta kontur dari masing masing variabel jenis data kenyamanan termal, berikut ini adalah gambar peta kontur dari masing masing variabel



GAMBAR 4
(PETA KONTUR SUHU)

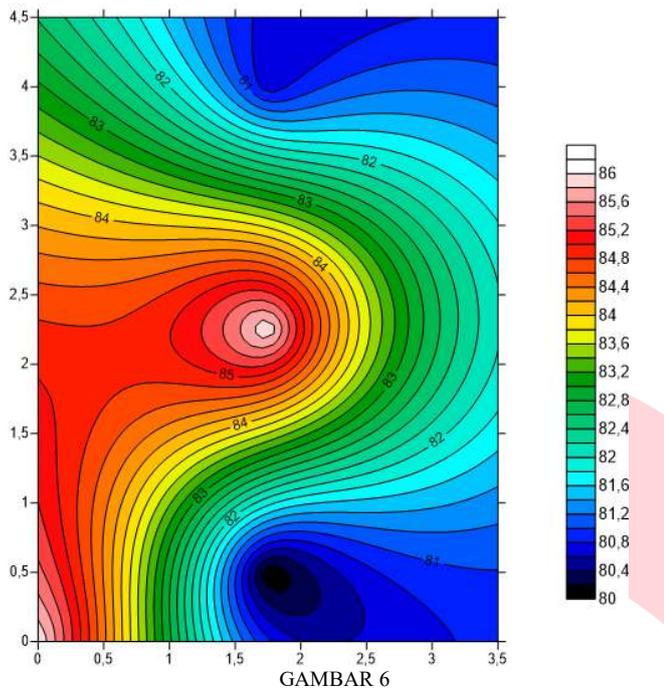
Peta kontur suhu menunjukkan bahwa distribusi suhu dalam ruang produksi 3,5 m x 4,5 m tidak merata, dengan gradasi warna dari biru (dingin) ke merah (panas). Titik terendah berada di tengah bawah (X: 2, Y: 0,5) sekitar 35,66°C, sedangkan suhu tertinggi sekitar 36,06°C berada di



GAMBAR 5
(PETA KONTUR PENCAHAYAAN)

sisi kiri atas (X: 0, Y: 4,5). Peta kontur pencahayaan ruang produksi menunjukkan distribusi cahaya yang tidak merata. Area paling terang, sekitar 62–64 lux, berada di kanan bawah (x = 2, y = 0,5), sedangkan sebagian besar area lainnya, khususnya sisi atas

dan kiri, hanya memiliki intensitas 38–45 lux, di bawah standar minimum 50 lux.



GAMBAR 6 (PETA KONTUR KEBISINGAN)

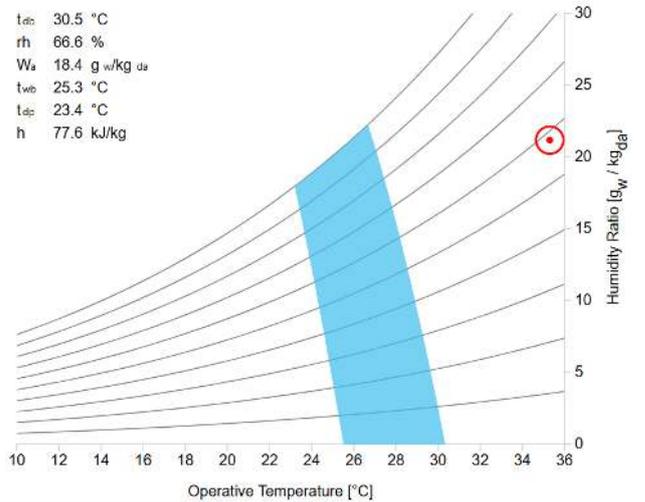
Peta kontur kebisingan menunjukkan distribusi suara yang tidak merata, dengan intensitas tertinggi 86 dBA di tengah ruangan ($x = 1.5, y = 2.5$) dan terendah sekitar 80 dBA di sisi bawah. Hal ini mengindikasikan konsentrasi sumber kebisingan di area tertentu tanpa kontrol akustik yang cukup, sehingga dibutuhkan zonasi dan peredaman untuk menjaga kenyamanan dan kesehatan pekerja.

Jenis data kedua adalah data yang digunakan untuk menghitung nilai *Predicted Mean Vote* (PMV), yang terdiri dari sejumlah parameter lingkungan seperti temperatur udara, temperatur radiasi rata-rata (*mean radiant temperature*), kecepatan aliran udara relatif, dan kelembaban udara relatif. Selain itu, guna menunjang perhitungan PMV secara lebih komprehensif, dilakukan pula estimasi nilai metabolisme tubuh berdasarkan aktivitas kerja karyawan serta penilaian terhadap insulasi pakaian (*clothing insulation*) yang digunakan, sehingga perhitungan dapat mencerminkan kondisi termal secara menyeluruh dan faktual. Berikut ini adalah rekapitulasi komponen variabel data yang digunakan untuk menghitung PMV.

TABEL 1 (REKAPITULASI VARIABEL PMV)

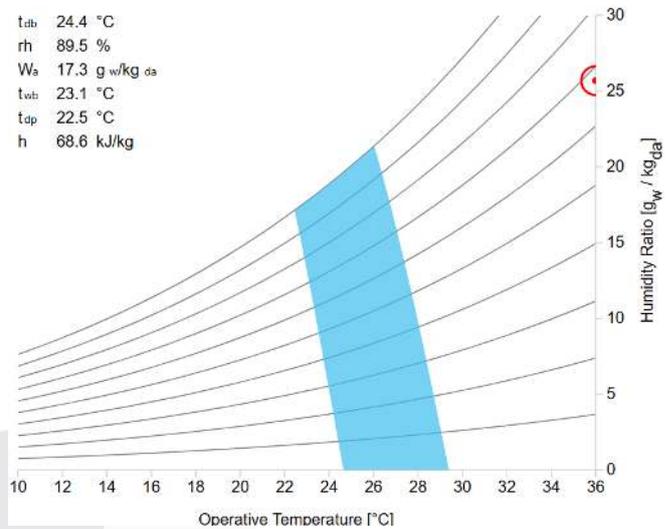
Komponen	Titik 1	Titik 2	Titik 3
Suhu (°C)	35,3	36	36,3
Kecepatan Udara (m/s)	0,31	0,18	0,38
Kelembaban Relatif (%)	58,3	67,6	65
Insulasi Pakaian (Clo)	0,50	0,50	0,50
Metabolisme (MET)	1,51	1,51	1,51

Tabel tersebut menunjukkan nilai rata-rata pertitik pada setiap komponen *Predicted Mean Vote* (PMV) yang siap diolah menggunakan *CBE Thermal Comfort Tools*, berikut adalah hasil data PMV per titik.



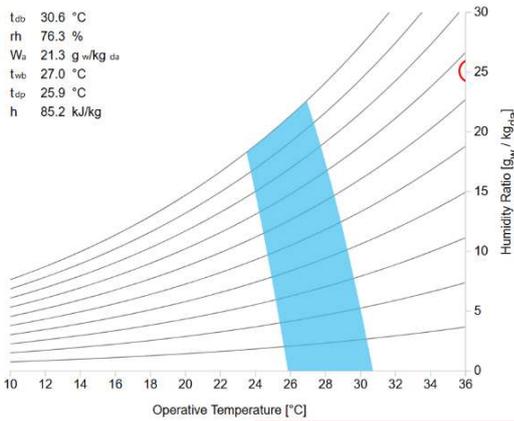
GAMBAR 7 (SIMULASI PMV TITIK 1)

Simulasi PMV & PPD Titik 1, suhu operatif tercatat 30,5 °C dengan kelembaban relatif 66,6%, yang berada di luar zona nyaman standar ASHRAE 55-2023 (23–27 °C dan <60% RH). Titik tersebut melampaui batas suhu dan kelembaban, sehingga tidak memenuhi standar kenyamanan termal. Diperlukan pengendalian suhu dan penurunan kelembaban untuk menciptakan kondisi kerja yang lebih nyaman.



GAMBAR 8 (SIMULASI PMV TITIK 2)

Simulasi PMV & PPD Titik 2, suhu operatif sebesar 24,4 °C masih berada dalam zona nyaman ASHRAE 55-2023, namun kelembaban relatif mencapai 89,5%, jauh di atas batas ideal 60%. Titik ini berada di luar zona kenyamanan termal, sehingga meskipun suhunya sesuai, tingginya kelembaban membuat kondisi ruang tetap tidak nyaman. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk menurunkan kelembaban agar memenuhi standar kenyamanan termal.



GAMBAR 9 (SIMULASI PMV TITIK 3)

Berdasarkan Gambar Simulasi PMV & PPD Titik 3, suhu operatif sebesar 26,1 °C masih berada dalam zona nyaman ASHRAE 55-2023, namun kelembaban relatif yang sangat tinggi sebesar 94,2% jauh melebihi batas ideal 60%. Kondisi ini membuat udara terasa lembap dan gerah, sehingga menurunkan kenyamanan kerja. Karena titik tersebut berada di luar zona nyaman, dapat disimpulkan bahwa ruang produksi belum memenuhi standar kenyamanan termal.

B. Verifikasi Hasil

Berdasarkan hasil verifikasi, pengukuran objektif selama tujuh hari di tiga titik ruang produksi menunjukkan bahwa suhu berkisar antara 35°C–37°C, melebihi standar kenyamanan termal 18°C–30°C menurut peraturan kementerian kesehatan No. 70 Tahun 2016. Pencahayaan pun tidak merata, berada di kisaran 34–70 lux, di bawah standar minimum 50 lux sesuai peraturan kementerian ketenagakerjaan tahun 2018. Sementara itu, tingkat kebisingan berkisar antara 79–88 dBA, yang sebagian melebihi batas maksimal 85 dBA menurut peraturan kementerian tenaga kerja No. 13/MEN/X/2011. Verifikasi subjektif melalui kuesioner *thermal comfort* menunjukkan bahwa mayoritas responden merasa tidak nyaman akibat suhu panas, pencahayaan rendah, dan kebisingan yang mengganggu. Hasil ini memperkuat data objektif dan menunjukkan bahwa kondisi ruang produksi belum memenuhi standar kenyamanan dan keselamatan kerja. Oleh karena itu, perlu dirancang solusi perbaikan kondisi lingkungan berdasarkan standar teknis yang berlaku sebagai dasar peningkatan kenyamanan dan produktivitas kerja.

C. Validasi

Tahap validasi dilakukan setelah verifikasi data, dengan menyusun rekomendasi solusi berdasarkan permasalahan dan mendiskusikannya bersama pemilik UMKM Sandal Calvin untuk menentukan strategi yang paling sesuai dan dapat diterapkan. Berikut merupakan hasil validasinya.

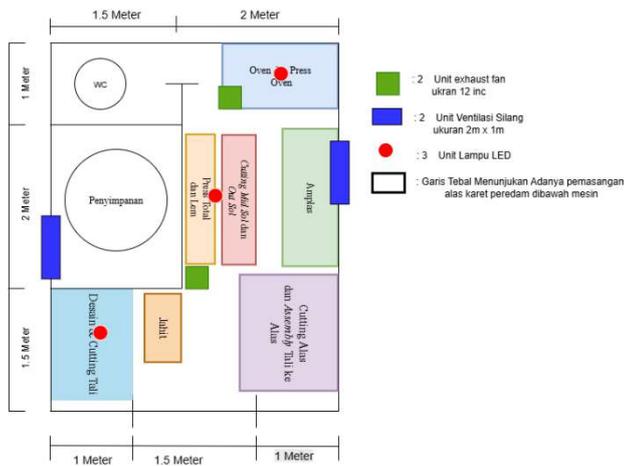
TABEL 2 (VALIDASI)

No	Permasalahan	Penyebab	Rekomendasi
1	Suhu ruang produksi terlalu tinggi dan tidak merata melebihi standar kenyamanan kerja.	Ventilasi udara yang kurang memadai, kurangnya sistem pembuangan udara panas, dan penempatan mesin panas yang tidak strategis	Pembuatan ventilasi silang alami dan menambahkan exhaust fan di titik panas
2	Tingkat pencahayaan tidak merata dan sebagian besar area memiliki lux di bawah standar minimum kerja.	Kurangnya pencahayaan jumlah lampu menjadikan karyawan sulit dalam melihat detail produk.	Menambahkan jumlah lampu sebagai sumber pencahayaan di setiap titik yang membutuhkan
3	Tingkat kebisingan di beberapa titik melebihi ambang batas kenyamanan kerja.	Gesekan pada mesin yang sedang beroperasi.	Pemasangan alas karet anti getar dibawah mesin pemotong dan pemberian alat pelindung telinga (<i>ear plug</i>)

Berdasarkan hasil validasi dengan pemilik UMKM Sandal Calvin, teridentifikasi tiga permasalahan utama di ruang produksi, yaitu suhu tinggi yang tidak merata, pencahayaan di bawah standar, dan tingkat kebisingan yang melebihi ambang batas kenyamanan kerja. Penyebab utama dari masalah suhu adalah ventilasi yang kurang memadai dan penempatan mesin panas yang tidak strategis, sehingga direkomendasikan pembuatan ventilasi silang alami serta penambahan *exhaust fan* di titik panas. Untuk pencahayaan, masalah disebabkan oleh kurangnya jumlah lampu, sehingga solusi yang diajukan adalah penambahan lampu di area kerja yang membutuhkan. Sementara itu, kebisingan berasal dari gesekan mesin yang sedang beroperasi, dan solusinya adalah pemasangan alas karet anti-getar serta pemberian alat pelindung telinga (*ear plug*). Rekomendasi ini disepakati oleh pemilik UMKM dengan mempertimbangkan efisiensi biaya dan efektivitas solusi.

D. Analisis Penyelesaian Masalah

Berdasarkan hasil analisis yang menggabungkan data objektif dan subjektif serta masukan dari pemilik UMKM Sandal Calvin, disusun solusi penataan ulang ruang produksi untuk meningkatkan kenyamanan termal. Permasalahan suhu diatasi dengan pemasangan ventilasi silang alami berukuran 2 x 1 meter dan *exhaust fan* 12 inch di titik panas, untuk memperlancar sirkulasi udara dan menurunkan suhu yang tidak merata. Masalah pencahayaan diselesaikan dengan menambah unit lampu LED di area kerja yang sebelumnya memiliki tingkat lux di bawah standar, guna meningkatkan visibilitas detail produk. Sementara itu, kebisingan berlebih akibat gesekan mesin diatasi melalui pemasangan alas karet peredam pada beberapa mesin dan penyediaan *earplug* untuk pekerja yang terpapar langsung. Solusi tersebut divisualisasikan dalam rancangan layout baru, yang mempertimbangkan zonasi kerja, ventilasi, pencahayaan, dan peredaman suara guna menciptakan lingkungan kerja yang lebih nyaman dan produkti. Berikut ini adalah rekomendasi hasil *layout* yang telah diberi solusi.



GAMBAR 10
(ALTERNATIF LAYOUT SOLUSI)

E. Analisis Implementasi

UMKM Sandal Calvin dirancang bertahap berdasarkan prioritas dan kondisi lapangan, dengan tujuan utama meningkatkan kenyamanan kerja melalui pengendalian suhu, pencahayaan, dan kebisingan. Validasi bersama pemilik UMKM mengidentifikasi sejumlah persiapan penting agar implementasi berjalan efektif. Untuk masalah suhu tinggi dan tidak merata, solusi berupa ventilasi silang alami dan pemasangan *exhaust fan* di titik panas dirancang untuk memperbaiki sirkulasi udara dan menurunkan nilai PMV serta PPD mendekati zona nyaman. Pada aspek pencahayaan, dipasang tambahan tiga unit lampu LED hemat energi di titik kerja dengan *lux* rendah berdasarkan peta kontur, sehingga efisien dan tepat sasaran. Sementara itu, kebisingan diatasi dengan pemasangan alas karet anti getar pada mesin-mesin bising dan pemberian ear plug bagi pekerja yang terpapar langsung, menggabungkan pendekatan teknis dan perlindungan personal.

F. Implementasi Tugas Akhir

Tugas akhir ini berkontribusi nyata dalam meningkatkan kenyamanan dan efisiensi kerja di UMKM Sandal Calvin melalui evaluasi berbasis data objektif dan subjektif. Dengan menggabungkan hasil pengukuran suhu, pencahayaan, dan kebisingan serta persepsi karyawan melalui PMV-PPD dan peta kontur menggunakan Surfer 11, analisis *layout* ruang produksi menjadi lebih akurat dan menyeluruh. Perbaikan ketiga variabel tersebut berdampak positif terhadap kesehatan, keselamatan, dan produktivitas kerja. Secara lebih luas, temuan ini mendorong terciptanya ruang produksi ergonomis yang dapat dijadikan acuan dalam pengembangan UMKM yang lebih ramah tenaga kerja. Evaluasi *layout* yang dilakukan juga menegaskan pentingnya memasukkan aspek kenyamanan termal dalam desain ruang kerja, bukan hanya efisiensi ruang semata. Pendekatan terpadu antara data kuantitatif dan kualitatif memberikan gambaran menyeluruh untuk pengambilan keputusan manajerial berbasis bukti ilmiah. Implementasi hasil ini juga dapat meningkatkan retensi tenaga kerja karena lingkungan kerja yang lebih nyaman akan menurunkan risiko kelelahan dan stres akibat suhu ekstrem, cahaya kurang, atau kebisingan tinggi. Dengan demikian, tugas akhir ini berpotensi direplikasi oleh UMKM lain sebagai langkah awal menuju standar kenyamanan kerja yang berkelanjutan dan manusiawi.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan evaluasi terhadap layout ruang produksi UMKM Sandal Calvin dengan acuan standar kenyamanan termal, ditemukan tiga permasalahan utama yang memengaruhi kenyamanan kerja, yaitu suhu ruang yang terlalu tinggi dan tidak merata, pencahayaan di bawah standar minimum, serta kebisingan melebihi ambang batas kenyamanan. Permasalahan ini dianalisis menggunakan pendekatan data objektif seperti pengukuran langsung suhu, cahaya, dan kebisingan, serta diperkuat oleh data subjektif dari kuesioner kenyamanan termal. Evaluasi ini juga didukung oleh perhitungan PMV-PPD dan pemetaan peta kontur melalui aplikasi Surfer untuk menggambarkan kondisi nyata ruang produksi secara visual dan menyeluruh.

Solusi yang diusulkan meliputi penerapan ventilasi silang alami dan pemasangan *exhaust fan* di titik panas, penambahan lampu LED pada area kurang terang, serta pemasangan alas karet anti getar dan pemberian alat pelindung telinga di area bising. Langkah-langkah ini terbukti efektif meningkatkan kenyamanan, keselamatan, dan efisiensi kerja. Evaluasi layout berbasis kenyamanan termal menjadi pendekatan strategis dalam menciptakan lingkungan kerja yang ergonomis, sehat, dan layak bagi pekerja. Tugas akhir ini juga memberikan kontribusi penting bagi UMKM dalam merancang tempat kerja yang tidak hanya berfungsi optimal, tetapi juga memperhatikan kesejahteraan tenaga kerja secara menyeluruh.

REFERENSI

- [1] W.K. Chen. *Linear Networks and Systems*. Belmont, CA: Wadsworth, 1993, pp. 123-35.
- [2] Adinda, Atik, Reny Rachmawati, Abdul Mattin, Program Studi Arsitektur, Universitas Balikpapan, And Kota Balikpapan. 2022. "Thermal Comfort And Building Design Adaptation In Balikpapan City." (1):28-38.
- [3] Akbarinsyah, Amin, Riyani Bela, Husnayaen, Adrian Pratama, And Alfian Anhar. 2023. "Analisis Pengaruh Temperatur Humanity Indeks Terhadap Aktivitas Umkm Di Jalan Pura Demak, Kota Denpasar." 2(6):47-55. Doi: 10.58705/Jpm.V2i6.252.
- [4] Alkausar, And Ririn Asri Endah Riyani. 2023. "Vernacular Passive Design With Natural Ventilation Of Banjar Housing For Thermal Comfort." *Paragraphs Environmental Design* 83-92. Doi: 10.59260/Penvid.2023.83921212.
- [5] Avicena, Judith, Zefanya Zyerat, Mira Sophia Lubis, And Universitas Tanjungpura. 2023. "Tingkat Kenyamanan Termal Taman Sriwedari Berdasarkan Analisis Temperature Humidity Index Dan." 1-8.
- [6] Chintya, Selyna, Danny Santoso Mintorogo, And Agus Dwi Hariyanto. 2022. "Perbandingan Kenyamanan Termal Dalam Ruangan Kamar Hotel Menggunakan Sistem Wall Mounted Split Air Conditioning Dan Floor Air Conditioning, Studi Kasus : Qubika Hotel, Jakarta." *Advances In Civil Engineering And Sustainable Architecture* 4(2):131-46. Doi: 10.9744/Acesa.V4i2.12948.
- [7] Depari, Andi Sahputra, Hijriah, Umar Mustofa, Sisilia Faradita Rumengan, Donalia, And Mallika Putri Santoso. 2024. "Perancangan Smart Vertical Garden

Designing Smart Vertical Gardens As A Strategy To Enhance Green Spaces And Pendahuluan Perubahan Iklim Global Telah Menjadi Tantangan Serius Bagi Lingkungan Perkotaan Di Seluruh Dunia , Termasuk Kota Balikpapan , Indonesi.” 7:361–78.

- [8] Deris Risdiyana., And Eka Widiyananto. 2023. “Jurnal Arsitektur | Sttc.” 15(11).
- [9] Dinapradipta, Asri. 2020. “Peningkatan Kenyamanan Termal Dan Pencahayaan Alam Gedung Sekolah Dasar Di Kawasan Padat Hunian Di Surabaya.” *Arsitektura* 18(1):63. Doi: 10.20961/Arst.V18i1.36146.
- [10] Dr. I Ketut Sutapa, Sst., Mt., M. Erg. I Nengah Darma Susila, S.T., And M. T. I Gede Fery Surya Tapa, S.T. 2022. *濟無no Title No Title No Title*. Vol. 16.
- [11] E.W, Safitri, And Q. Sholihah. 2024. “Measuring Thermal Comfort Among Employees In The Warship Division Using The Predicted Mean Vote (Pmv) And Predicted Keluhan Heat Stress Divisi Kapal Perang.” 02(02):173–84.