

KESEHATAN LINGKUNGAN DAN KESEHATAN KERJA

PAPARAN, RISIKO DAN STRATEGI MITIGASI

"Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Kerja: Paparan, Risiko dan Strategi Mitigasi" merupakan referensi ilmiah komprehensif yang menyajikan kajian mendalam tentang interaksi kompleks antara manusia, lingkungan, dan dunia kerja.

Ditulis oleh tim dosen ahli dengan keahlian beragam, buku ini menghadirkan perspektif multidisiplin dalam menganalisis berbagai aspek kesehatan lingkungan dan okupasional. Buku ini mengeksplorasi berbagai agen paparan—fisik, kimia, dan biologis—serta dampaknya terhadap kesehatan manusia, dilengkapi dengan metode penilaian risiko yang sistematis dan berbasis bukti. Para pembaca akan menemukan pembahasan mendalam tentang ergonomi, faktor psikososial, serta strategi pengendalian risiko dari tingkat teknis hingga individual.

Dengan pendekatan yang memadukan teori dan praktik, buku ini tidak hanya mengupas tuntas aspek-aspek fundamental kesehatan lingkungan dan kerja, tetapi juga menawarkan strategi mitigasi risiko yang aplikatif dan berkelanjutan. Setiap bab disusun dengan struktur yang sistematis, didukung oleh data terkini dan studi kasus relevan. Referensi ilmiah ini sangat berharga bagi mahasiswa, akademisi, praktisi kesehatan masyarakat, spesialis kesehatan dan keselamatan kerja, pengambil kebijakan, serta profesional lingkungan yang berkomitmen untuk menciptakan lingkungan hidup dan kerja yang lebih sehat dan berkelanjutan.

KESEHATAN LINGKUNGAN DAN KESEHATAN KERJA: PAPARAN, RISIKO DAN STRATEGI MITIGASI



KESEHATAN LINGKUNGAN DAN KESEHATAN KERJA

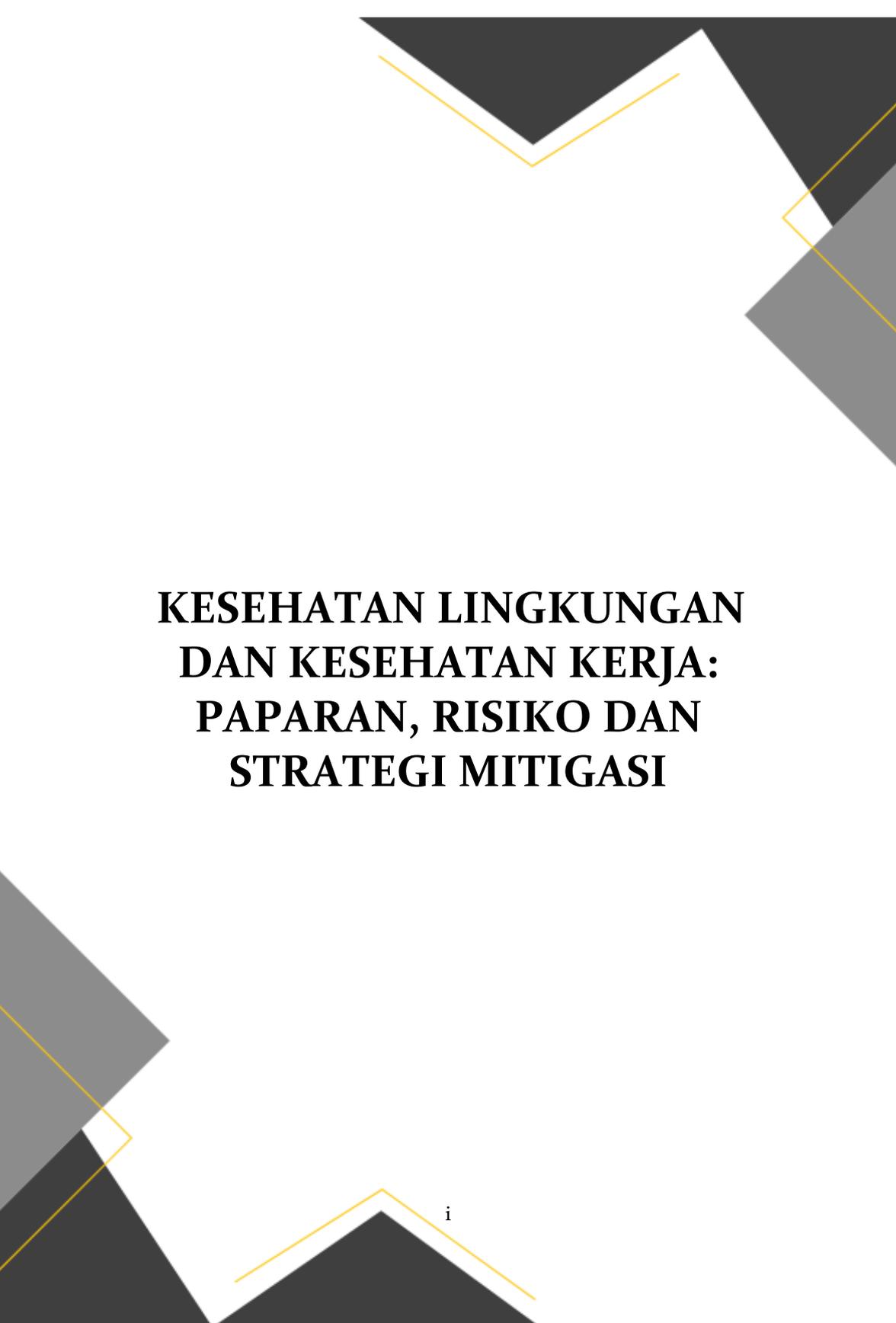
PAPARAN, RISIKO DAN STRATEGI MITIGASI

Basuki Rachmat | Musyahidah Mustakim | Risnawati Anwas |
Antonius Budi Trianto | Adhinda Putri Pratiwi |
Tengku Arief Buana Perkasa | Aynun Abdi Putri Bausad |
Putri Yanti | Tenri Diah T.A | Ibnu Aljauzi Amri |
Sumiati Bedah | Awal Rachmat

Penerbit Mafy (PT MAFY MEDIA LITERASI INDONESIA)
Tanah Garam, Kota Solok, Sumatera Barat 27312
Anggota IKAPI 041/SBA/2023

penerbitmafya@gmail.com
penerbitmafya.com
Penerbit Mafy
Mafy Media Literasi





KESEHATAN LINGKUNGAN DAN KESEHATAN KERJA: PAPARAN, RISIKO DAN STRATEGI MITIGASI

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

Undang-Undang No. 28 Tahun 2014 Tentang Hak Cipta

- I. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 100.000.000 (seratus juta rupiah).
- II. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
- III. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
- IV. Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

KESEHATAN LINGKUNGAN DAN KESEHATAN KERJA: PAPARAN, RISIKO DAN STRATEGI MITIGASI

**Basuki Rachmat | Musyahidah Mustakim | Risnawati Anwas |
Antonius Budi Trianto | Adhinda Putri Pratiwi |
Tengku Arief Buana Perkasa | Aynun Abdi Putri Bausad |
Putri Yanti | Tenri Diah T.A | Ibnul Aljauzi Amri |
Sumiati Bedah | Awal Rachmat**



**KESEHATAN LINGKUNGAN DAN KESEHATAN KERJA:
PAPARAN, RISIKO DAN STRATEGI MITIGASI**

Penulis:

**Basuki Rachmat | Musyahidah Mustakim | Risnawati Anwas |
Antonius Budi Trianto | Adhinda Putri Pratiwi |
Tengku Arief Buana Perkasa | Aynun Abdi Putri Bausad |
Putri Yanti | Tenri Diah T.A | Ibnul Aljauzi Amri |
Sumiati Bedah | Awal Rachmat**

Tata Letak:

Bhaskara B.B. Barung

Desainer:

Tim SMI-Kesehatan

Sumber Gambar Cover:

www.freepik.com

Ukuran:

viii, 205 hlm., 15,5 cm x 23 cm

ISBN: 978-634-220-632-4

Cetakan Pertama:

Juni 2025

**Hak Cipta Dilindungi oleh Undang-undang. Dilarang
menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau
seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit.**

PT MAFY MEDIA LITERASI INDONESIA

ANGGOTA IKAPI 041/SBA/2023

Kota Solok, Sumatera Barat, Kode Pos 27312

Kontak: 081374311814

Website: www.penerbitmafy.com

E-mail: penerbitmafy@gmail.com

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga buku "Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Kerja: Paparan, Risiko dan Strategi Mitigasi" dapat diselesaikan dengan baik.

Di era globalisasi dan industrialisasi yang pesat ini, tantangan kesehatan lingkungan dan kesehatan kerja semakin kompleks dan beragam. Paparan terhadap berbagai agen fisik, kimia, dan biologi di lingkungan dan tempat kerja menimbulkan risiko kesehatan yang signifikan bagi masyarakat dan pekerja. Pemahaman yang mendalam tentang karakterisasi paparan, penilaian risiko, dan strategi mitigasi menjadi kunci utama dalam melindungi kesehatan manusia dan menciptakan lingkungan yang aman dan sehat.

Buku ini hadir sebagai respons terhadap kebutuhan akan sumber referensi yang komprehensif dalam bidang kesehatan lingkungan dan kerja. Dengan mengintegrasikan teori dan praktik, buku ini menyajikan pendekatan holistik mulai dari fondasi dasar kesehatan lingkungan dan kerja hingga strategi keberlanjutan dalam mitigasi risiko kesehatan.

Struktur buku ini dirancang secara sistematis, dimulai dengan pemahaman fondasi kesehatan lingkungan dan kerja, dilanjutkan dengan karakterisasi dan penilaian risiko paparan di berbagai setting. Pembahasan kemudian difokuskan pada tiga kategori utama agen penyebab risiko kesehatan: agen fisik, kimia, dan biologi, serta dampaknya terhadap kesehatan manusia. Aspek ergonomi dan faktor psikososial juga mendapat perhatian khusus mengingat pentingnya kesehatan mental dan kenyamanan kerja.

Bagian selanjutnya mengulas berbagai strategi pengendalian dan mitigasi risiko, mulai dari pengendalian administratif, penggunaan alat pelindung diri, hingga sistem surveilans kesehatan dan pemantauan lingkungan. Buku ini diakhiri dengan pembahasan mengenai pendekatan keberlanjutan yang

mengintegrasikan aspek lingkungan, sosial, dan ekonomi dalam upaya mitigasi risiko kesehatan.

Buku ini ditujukan untuk berbagai kalangan, termasuk mahasiswa, akademisi, praktisi kesehatan lingkungan dan kerja, pengambil kebijakan, serta siapa saja yang peduli terhadap isu kesehatan lingkungan dan kerja. Kami berharap buku ini dapat menjadi panduan praktis dan referensi yang bermanfaat dalam upaya menciptakan lingkungan yang lebih sehat dan aman bagi semua.

Kami menyadari bahwa buku ini masih memiliki kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari para pembaca sangat kami harapkan untuk penyempurnaan edisi selanjutnya. Semoga buku ini dapat memberikan kontribusi positif bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan praktik kesehatan lingkungan dan kerja di Indonesia.

Terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan buku ini. Semoga karya ini bermanfaat bagi kemajuan kesehatan masyarakat dan lingkungan yang berkelanjutan, dan peningkatan kualitas pelayanan kesehatan.

Tim Penyusun.

KATA PENGANTAR (v)

DAFTAR ISI (vii)

BAB 01
FONDASI KESEHATAN LINGKUNGAN DAN
KERJA (Basuki Rachmat) (1)

BAB 02
KARAKTERISASI PAPARAN DI LINGKUNGAN
DAN TEMPAT KERJA
(Musyahidah Mustakim) (20)

BAB 03
PENILAIAN RISIKO KESEHATAN DARI
PAJANAN LINGKUNGAN
(Risnawati Anwas) (40)

BAB 04
PENILAIAN RISIKO KESEHATAN DI
LINGKUNGAN KERJA (
Antonius Budi Trianto) (58)

BAB 05
AGEN FISIK: PAPARAN, DAMPAK
KESEHATAN, DAN PENGENDALIANNYA
(Adhinda Putri Pratiwi) (76)

BAB 06
AGEN KIMIA: TOKSIKOLOGI, EFEK
KESEHATAN, DAN STRATEGI MITIGASI
(Tengku Arief Buana Perkasa) (90)

BAB 07
AGEN BIOLOGI: PENYAKIT MENULAR
TERKAIT LINGKUNGAN DAN PEKERJAAN
(Aynun Abdi Putri Bausad) (117)

BAB 08
ERGONOMI DAN FAKTOR PSIKOSOSIAL:
IDENTIFIKASI RISIKO DAN INTERVENSI
(Putri Yanti) (131)

BAB 09
PENGENDALIAN ADMINISTRATIF DAN
MANAJEMEN RISIKO
(Tenri Diah T.A) (150)

BAB 10
ALAT PELINDUNG DAN INTERVENSI
TINGKAT INDIVIDUAL
(Ibnul Aljauzi Amri) (167)

BAB 11
SURVEILANS KESEHATAN DAN
PEMANTAUAN LINGKUNGAN
(Sumiati Bedah) (179)

BAB 12
PENDEKATAN KEBERLANJUTAN DALAM
MITIGASI RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN
DAN KERJA
(Awal Rachmat) (195)



BAB 1
FONDASI KESEHATAN
LINGKUNGAN DAN KERJA

BASUKI RACHMAT



PENDAHULUAN

Kesehatan lingkungan dan kesehatan kerja merupakan dua bidang krusial dalam upaya melindungi dan meningkatkan kualitas hidup manusia di tengah berbagai tantangan modern. Kedua bidang ini berfokus pada pemahaman serta mitigasi dampak dari bahaya lingkungan dan risiko di tempat kerja terhadap kesehatan manusia (Gunjyal *et al.*, 2023). Dengan cakupan topik yang luas mulai dari kualitas udara dan air, higienitas industri, toksikologi, hingga kebijakan kesehatan masyarakat kesehatan lingkungan dan kerja menuntut pendekatan yang menyeluruh dan interdisipliner.

Sebagai fondasi utama, bidang ini menyatukan berbagai disiplin ilmu seperti ilmu lingkungan, kedokteran, epidemiologi, dan sosiologi (Tulchinsky and Varavikova, 2014). Pendekatan multidisipliner ini memungkinkan para profesional untuk menganalisis isu kesehatan secara komprehensif, mulai dari pencemaran udara yang berdampak pada masyarakat luas hingga kondisi ergonomi di lingkungan kerja yang memengaruhi kesejahteraan pekerja. Kesehatan kerja khususnya menekankan pada pencegahan penyakit dan cedera akibat kerja melalui pemantauan faktor risiko dan pengembangan sistem keselamatan kerja yang efektif (Bautista-Bernal, Quintana-García and Marchante-Lara, 2021).

Sementara itu, kesehatan lingkungan mengkaji dampak paparan lingkungan seperti polusi air, udara, dan tanah terhadap manusia, serta merancang strategi mitigasi berbasis bukti (Siddiqua, Hahladakis and Al-Attiya, 2022). Dalam kedua

bidang ini, peran kebijakan dan regulasi sangat penting. Para profesional tidak hanya bertugas mengidentifikasi risiko, tetapi juga berkontribusi dalam penyusunan regulasi yang melindungi kesehatan publik, seperti standar kualitas udara dan undang-undang keselamatan kerja.

Secara historis, bidang ini telah mengalami perkembangan signifikan sejak awal abad ke-20 (Smith and Guidotti, 2019). Awalnya berfokus pada kebersihan industri dan pengobatan kerja, kini cakupannya telah meluas mencakup isu-isu global seperti perubahan iklim dan keadilan lingkungan. Lembaga pengatur dan standar kesehatan global turut memainkan peran besar dalam membentuk arah dan praktik di lapangan.

Saat ini, fondasi kesehatan lingkungan dan kerja dihadapkan pada tantangan baru dari globalisasi dan dinamika ekonomi, dampak perubahan iklim terhadap kesehatan masyarakat, hingga ketimpangan kesehatan yang mencerminkan ketidakadilan struktural (Resnik, 2022). Kondisi ini menuntut kolaborasi lintas sektor dan inovasi berkelanjutan. Dengan memahami keterkaitan antara faktor lingkungan, pekerjaan, dan kesehatan, para profesional di bidang ini memegang peran penting dalam menjaga kesehatan populasi serta mendorong pembangunan yang berkelanjutan dan berkeadilan.

PRINSIP DASAR KESEHATAN LINGKUNGAN

Kesehatan lingkungan berangkat dari kesadaran bahwa manusia tidak hidup dalam ruang hampa. Kita hidup berdampingan dengan udara yang kita hirup, air yang kita minum, tanah tempat kita menanam makanan, hingga interaksi sosial yang membentuk keseharian (World Health Organization (WHO), 1979). Lingkungan, dalam konteks kesehatan, terbagi menjadi empat dimensi utama: fisik, kimia, biologis, dan sosial. Lingkungan fisik mencakup elemen-elemen seperti suhu, kelembapan, cahaya, dan kebisingan yang dapat memengaruhi kenyamanan dan kesehatan manusia. Sementara itu, paparan zat kimia baik dari aktivitas industri, kendaraan, atau penggunaan pestisida berisiko menimbulkan gangguan kesehatan akut maupun kronis (Gunjyal *et al.*, 2023). Di sisi

lain, lingkungan biologis melibatkan mikroorganisme seperti bakteri, virus, dan parasit yang dapat menyebabkan penyakit menular, terutama jika sistem sanitasi dan kebersihan tidak memadai.

Tidak kalah penting, lingkungan sosial turut menentukan kualitas kesehatan seseorang. Kondisi sosial-ekonomi, pendidikan, pekerjaan, serta dukungan komunitas adalah determinan sosial yang membentuk akses terhadap layanan kesehatan, pola hidup, dan kemampuan menghadapi risiko lingkungan (Chelak and Chakole, 2023). Seseorang yang tinggal di permukiman padat dengan sanitasi buruk, misalnya, lebih rentan terhadap penyakit infeksi dan stres psikososial dibandingkan mereka yang tinggal di lingkungan sehat (World Health Organization, 2018). Dengan demikian, pendekatan kesehatan lingkungan tidak hanya berfokus pada faktor-faktor biologis atau kimia, tetapi juga mengakui pentingnya keadilan sosial dan pemberdayaan masyarakat.

Salah satu teori sentral dalam kesehatan lingkungan adalah teori pencemaran, yang menjelaskan bagaimana kontaminan di berbagai media lingkungan dapat membahayakan kesehatan (Philipp, 1993). Pencemaran air, misalnya, dapat terjadi akibat limbah domestik atau industri yang mencemari sungai dan sumur, membawa risiko penyakit seperti diare, kolera, hingga gangguan hormonal akibat logam berat. Pencemaran udara, yang berasal dari asap kendaraan, pembakaran sampah, atau emisi industri, berkontribusi terhadap meningkatnya kasus asma, infeksi saluran pernapasan, hingga penyakit kardiovaskular. Tanah yang terkontaminasi limbah bahan kimia dapat berdampak pada kualitas tanaman pangan, yang bila dikonsumsi secara terus-menerus bisa memicu akumulasi zat berbahaya dalam tubuh manusia.

Lebih dari sekadar data dan teori, kesehatan lingkungan berbicara tentang hak dasar manusia untuk hidup dalam lingkungan yang sehat. Oleh karena itu, setiap upaya untuk mengelola dan memperbaiki kualitas lingkungan bukan hanya tanggung jawab pemerintah atau ahli, tetapi juga bagian dari gerakan kolektif untuk memastikan masa depan yang lebih sehat, adil, dan berkelanjutan bagi semua.

PRINSIP DASAR KESEHATAN KERJA

Kesehatan kerja merupakan cabang dari kesehatan masyarakat yang berfokus pada perlindungan dan peningkatan kesehatan fisik, mental, dan sosial pekerja di seluruh sektor kerja (Rantanen, 2011). Tujuannya menciptakan lingkungan kerja yang aman, sehat, dan layak bagi manusia sebagai subjek utama dalam proses produksi. Dalam konteks ini, kesehatan kerja tidak hanya mencegah cedera dan penyakit akibat kerja, tetapi juga memastikan bahwa tempat kerja menjadi ruang yang mendukung martabat dan kesejahteraan pekerja (Smith and Guidotti, 2019).

Di dalam dunia kerja, berbagai faktor risiko dapat memengaruhi kesehatan pekerja secara langsung maupun tidak langsung. Faktor fisik, seperti kebisingan berlebihan, suhu ekstrem, atau getaran, dapat menyebabkan gangguan pendengaran, kelelahan, bahkan kecelakaan kerja (Park, Jung and Sung, 2019). Faktor kimia meliputi paparan bahan berbahaya seperti logam berat, pelarut, atau gas beracun yang berpotensi menimbulkan keracunan akut maupun kronis. Sementara itu, faktor biologis mencakup paparan terhadap mikroorganisme patogen yang sering terjadi di sektor pertanian, pelayanan kesehatan, dan pengolahan makanan.

Tidak kalah penting adalah faktor ergonomik, yakni kondisi kerja yang tidak sesuai dengan kemampuan dan batas tubuh manusia, seperti posisi kerja yang buruk, beban kerja berlebih, atau repetisi gerakan (Cardoso *et al.*, 2021). Ini dapat menimbulkan gangguan otot dan rangka yang berlangsung lama dan seringkali diabaikan. Terakhir, faktor psikososial seperti tekanan kerja, jam kerja berlebih, dan kurangnya dukungan sosial dapat memicu stres, kelelahan mental, dan menurunkan produktivitas, bahkan menimbulkan gangguan kesehatan jiwa.

Untuk melindungi pekerja dari risiko-risiko tersebut, prinsip hirarki kontrol risiko digunakan sebagai pedoman utama (Ajslev *et al.*, 2022). Hirarki ini mengurutkan strategi pengendalian dari yang paling efektif hingga yang paling bergantung pada perilaku manusia. Langkah pertama adalah eliminasi, yaitu menghilangkan bahaya secara langsung dari sumbernya. Bila tidak memungkinkan, dilakukan substitusi, mengganti bahan atau proses yang berbahaya dengan yang lebih

aman. Selanjutnya adalah rekayasa teknis seperti ventilasi lokal atau pelindung mesin. Jika masih ada sisa risiko, maka dilakukan pengendalian administratif, seperti pengaturan shift kerja atau pelatihan keselamatan. Terakhir, penggunaan alat pelindung diri (APD) menjadi pertahanan paling akhir, dan hanya efektif bila digunakan dengan benar dan konsisten.

Memahami prinsip dasar kesehatan kerja bukan semata persoalan teknis atau manajerial. Ini adalah soal menghargai nyawa, kesehatan, dan masa depan setiap individu yang menghabiskan sebagian besar hidupnya di tempat kerja. Pendekatan humanis dalam kesehatan kerja menempatkan pekerja sebagai manusia utuh—bukan sekadar aset produksi—yang memiliki hak untuk bekerja dalam lingkungan yang aman, sehat, dan bermartabat.

SISTEM PEMANTAUAN DAN EVALUASI RISIKO

Sistem pemantauan dan evaluasi risiko dalam kesehatan lingkungan dan kerja memainkan peran penting dalam melindungi kesehatan manusia dari potensi bahaya yang ada di sekitar kita, baik di tempat kerja maupun lingkungan sekitar. Penilaian risiko kesehatan lingkungan dan kerja adalah proses awal yang digunakan untuk mengidentifikasi, mengukur, dan menganalisis bahaya yang dapat mengancam kesehatan (Murphy *et al.*, 2003). Proses ini melibatkan pengumpulan data mengenai faktor-faktor lingkungan dan kondisi kerja, seperti kualitas udara, bahan kimia berbahaya, atau kondisi ergonomi di tempat kerja. Setelah identifikasi bahaya dilakukan, para ahli melakukan evaluasi untuk memahami dampak potensial yang dapat ditimbulkan dan menentukan seberapa besar kemungkinan terjadinya masalah kesehatan di masa depan.

Dalam konteks kesehatan kerja, surveilans kesehatan kerja dan penyakit akibat kerja merupakan aspek yang tidak kalah penting (Lele, 2018). Surveilans ini bertujuan untuk memantau kondisi kesehatan pekerja secara berkala, dengan fokus utama pada penyakit atau cedera yang mungkin timbul akibat paparan risiko di tempat kerja. Melalui sistem ini, data yang terkumpul dapat digunakan untuk mengidentifikasi pola penyakit atau cedera kerja, serta untuk menilai efektivitas program kesehatan dan keselamatan yang telah diterapkan.

Misalnya, pekerja yang terpapar bahan kimia tertentu dalam jangka panjang dapat memerlukan pemeriksaan rutin untuk mendeteksi adanya gangguan kesehatan yang berkaitan dengan paparan tersebut, seperti gangguan pernapasan atau kerusakan sistem saraf.

Selain itu, alat ukur dan teknik evaluasi risiko lingkungan menjadi elemen kunci dalam sistem pemantauan dan evaluasi ini (Kowalska *et al.*, 2021). Penggunaan alat yang tepat dan metode ilmiah yang akurat sangat diperlukan untuk mengukur tingkat bahaya yang ada di lingkungan dan tempat kerja. Alat ukur seperti detektor polutan udara, sensor kebisingan, atau alat ukur kadar bahan kimia di air atau tanah, digunakan untuk memberikan gambaran objektif tentang kondisi yang ada. Selain itu, teknik evaluasi risiko seperti pemodelan matematis dan analisis statistik membantu mengukur dampak dari paparan tersebut pada kesehatan manusia. Misalnya, dengan menggunakan model statistik, kita bisa memprediksi efek kesehatan jangka panjang akibat paparan partikel udara atau radiasi. Dengan alat dan teknik yang tepat, kita tidak hanya bisa mengidentifikasi bahaya tetapi juga merancang intervensi yang lebih efektif dan berbasis bukti untuk mengurangi dampak risiko tersebut.

Secara keseluruhan, sistem pemantauan dan evaluasi risiko adalah fondasi untuk menciptakan lingkungan kerja dan lingkungan hidup yang aman dan sehat. Dengan pemantauan yang tepat dan evaluasi yang terus-menerus, kita dapat memastikan bahwa upaya perlindungan kesehatan manusia berjalan efektif dan adaptif terhadap perubahan yang ada. Proses ini memungkinkan para profesional kesehatan dan keselamatan untuk tidak hanya mengidentifikasi masalah kesehatan, tetapi juga untuk merancang kebijakan dan strategi mitigasi yang lebih baik bagi masyarakat dan pekerja, serta memberikan dampak positif yang berkelanjutan dalam kehidupan sehari-hari.

REGULASI DAN KEBIJAKAN

Kesehatan lingkungan dan kerja sangat dipengaruhi oleh berbagai kebijakan dan regulasi, baik di tingkat nasional maupun internasional. Kebijakan ini dirancang untuk

melindungi kesejahteraan masyarakat dan pekerja dari potensi bahaya yang timbul dari faktor lingkungan dan kondisi kerja yang tidak aman. Di tingkat internasional, Organisasi Buruh Internasional (ILO) dan Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) memainkan peran sentral dalam mengembangkan pedoman dan standar yang dapat diadopsi oleh negara-negara anggota (Alston, 2005). Misalnya, ILO mengeluarkan berbagai konvensi yang mengatur keselamatan kerja, perlindungan pekerja, serta pencegahan kecelakaan dan penyakit akibat kerja. Salah satu contoh penting adalah Konvensi ILO No. 155 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja yang memberikan dasar bagi negara-negara untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman dan sehat.

Di Indonesia, Undang-Undang Kesehatan Kerja (UU K3) menjadi landasan utama untuk mengatur keselamatan kerja di berbagai sektor industri (Yuli *et al.*, 2022). UU K3 bertujuan untuk mengurangi risiko kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja melalui penerapan standar keselamatan yang ketat serta pemberian perlindungan terhadap pekerja. Selain itu, analisis mengenai dampak lingkungan (AMDAL) juga menjadi instrumen penting di Indonesia untuk memastikan bahwa proyek-proyek pembangunan tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Proses AMDAL ini melibatkan kajian yang mendalam tentang potensi risiko kesehatan lingkungan yang dapat terjadi akibat aktivitas industri dan pembangunan, yang nantinya menjadi bahan pertimbangan dalam penerbitan izin operasional.

Pada tingkat internasional, WHO juga berperan dalam mengembangkan pedoman terkait kualitas udara, air, dan makanan yang harus dipatuhi oleh negara-negara untuk melindungi kesehatan warganya (Dommen, 2003). Kebijakan global ini penting mengingat dampak dari polusi dan pencemaran lintas batas yang dapat mempengaruhi banyak negara sekaligus. Dengan adanya regulasi semacam ini, negara-negara didorong untuk bekerja sama dalam menghadapi masalah-masalah global seperti perubahan iklim, polusi udara, dan penyakit yang berhubungan dengan lingkungan.

PERAN LEMBAGA DAN INSTITUSI PENGAWASAN

Regulasi dan kebijakan yang ada tidak akan efektif tanpa adanya pengawasan yang ketat dan pelaksanaan yang konsisten di lapangan. Lembaga pengawas, baik di tingkat nasional maupun internasional, memegang peran penting dalam memastikan bahwa kebijakan yang diterapkan berjalan dengan baik. Di Indonesia, Kementerian Kesehatan, Kementerian Tenaga Kerja, dan Badan Lingkungan Hidup Nasional (BLHD) adalah beberapa lembaga yang bertanggung jawab dalam mengawasi penerapan kebijakan kesehatan lingkungan dan kerja (Yuli *et al.*, 2022). Lembaga-lembaga ini bekerja sama untuk melakukan inspeksi, memberikan edukasi kepada masyarakat dan sektor industri, serta menegakkan hukum bagi mereka yang melanggar regulasi yang ada.

Selain itu, lembaga internasional seperti WHO dan ILO tidak hanya berperan dalam merumuskan kebijakan, tetapi juga mengawasi implementasi standar internasional melalui sistem pelaporan dan penilaian berkala yang dilakukan oleh negara-negara anggota (World Health Organization, 2018). Dalam konteks ini, negara-negara juga diharapkan dapat saling berbagi pengalaman dan praktik terbaik untuk meningkatkan kualitas regulasi yang ada. Dengan pengawasan yang efektif, kebijakan yang telah dibuat dapat memberikan dampak positif yang nyata dalam menciptakan lingkungan kerja yang aman dan sehat serta lingkungan hidup yang lebih bersih dan lestari bagi seluruh masyarakat.

Pada tingkat lokal, peran masyarakat juga tidak kalah penting dalam memastikan bahwa kebijakan yang ada dijalankan dengan benar. Kesadaran masyarakat akan pentingnya kesehatan lingkungan dan kerja dapat memperkuat upaya-upaya pengawasan yang dilakukan oleh lembaga negara. Hal ini menunjukkan bahwa pengawasan yang melibatkan semua pihak—lembaga negara, sektor swasta, dan masyarakat—merupakan kunci untuk keberhasilan kebijakan kesehatan lingkungan dan kerja di berbagai tingkatan.

PENDEKATAN INTERDISIPLINER

Pendekatan interdisipliner merupakan landasan utama dalam bidang kesehatan lingkungan dan kesehatan kerja, di mana berbagai disiplin ilmu berkolaborasi untuk memahami

dan mengatasi masalah yang kompleks (Bautista-Bernal, Quintana-García and Marchante-Lara, 2021). Dalam upaya melindungi kesehatan manusia, para ahli dari berbagai bidang, seperti kesehatan masyarakat, teknik lingkungan, toksikologi, epidemiologi, hukum, dan sosiologi, bekerja sama untuk merancang solusi yang lebih holistik dan berkelanjutan. Setiap disiplin memberikan perspektif unik yang saling melengkapi, sehingga mampu mengidentifikasi faktor risiko dan dampak kesehatan yang seringkali saling terkait.

Kesehatan masyarakat, misalnya, berfokus pada peningkatan kesejahteraan kolektif dengan mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi kesehatan masyarakat secara keseluruhan, baik dari segi lingkungan maupun perilaku (Tulchinsky and Varavikova, 2014). Teknik lingkungan menyumbangkan pemahaman tentang bagaimana faktor fisik dan kimia di sekitar kita dapat mempengaruhi kualitas hidup, sementara toksikologi memberikan wawasan mengenai bagaimana bahan kimia berbahaya dapat masuk ke dalam tubuh dan menyebabkan penyakit. Epidemiologi, di sisi lain, memberikan kerangka untuk memahami pola dan distribusi penyakit dalam populasi, membantu kita melacak hubungan antara paparan risiko dan kondisi kesehatan tertentu (Philipp, 1993).

Di samping itu, sosiologi berperan penting dalam mengkaji bagaimana faktor sosial dan ekonomi termasuk ketidaksetaraan dapat memengaruhi paparan terhadap risiko kesehatan dan kemampuan seseorang untuk mengakses perawatan kesehatan yang memadai (Kraft and Kraft, 2021). Hukum turut menyumbangkan kerangka regulasi yang menetapkan standar perlindungan bagi pekerja dan masyarakat dari bahaya lingkungan, memastikan bahwa ada kebijakan yang mendukung implementasi solusi kesehatan yang berbasis bukti.

Salah satu contoh nyata penerapan pendekatan interdisipliner dalam studi kasus tentang dampak pencemaran udara terhadap kesehatan masyarakat di area perkotaan (Chen *et al.*, 2024). Para ahli dari berbagai bidang seperti epidemiologi yang mempelajari tingkat kejadian penyakit pernapasan, toksikologi yang menilai dampak bahan kimia berbahaya di

udara, serta sosiologi yang menggali ketimpangan paparan berdasarkan status sosial ekonomi bersama-sama berkolaborasi untuk memahami masalah tersebut secara menyeluruh. Dengan pendekatan yang lebih integratif ini, solusi yang dihasilkan tidak hanya mengurangi dampak pencemaran udara, tetapi juga memberikan kesempatan untuk membangun kebijakan yang lebih adil dan efektif bagi semua kalangan masyarakat.

Melalui pendekatan interdisipliner, kita dapat melihat bahwa masalah kesehatan yang kompleks tidak dapat dipecahkan hanya dengan satu sudut pandang saja. Hanya dengan menggabungkan pengetahuan dari berbagai disiplin ilmu, kita dapat merancang intervensi yang lebih efisien, inklusif, dan berdampak luas. Ini adalah bukti nyata bahwa kerja sama antar disiplin merupakan kunci untuk menciptakan lingkungan dan tempat kerja yang lebih sehat, serta masyarakat yang lebih berdaya.

ISU-ISU TERKINI DAN TANTANGAN GLOBAL

Perubahan iklim menjadi salah satu isu global paling mendesak yang memengaruhi kesehatan manusia di seluruh dunia. Kenaikan suhu global, perubahan pola curah hujan, dan peningkatan kejadian bencana alam seperti banjir dan kebakaran hutan dapat berdampak langsung pada kesehatan masyarakat. Misalnya, peningkatan suhu dapat memperburuk kualitas udara, menyebabkan lebih banyak orang menderita penyakit pernapasan seperti asma dan bronkitis (Chang *et al.*, 2023). Selain itu, perubahan iklim juga dapat memperluas penyebaran penyakit menular yang dibawa oleh vektor, seperti demam berdarah dan malaria, yang sebelumnya hanya ditemukan di daerah tropis. Masyarakat yang paling rentan terhadap dampak ini, seperti anak-anak, lansia, dan mereka yang tinggal di daerah miskin atau padat penduduk, perlu mendapatkan perhatian lebih dalam upaya mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim ini.

Di era digital dan otomatisasi, dunia kerja mengalami transformasi besar yang mempengaruhi kesehatan dan keselamatan pekerja. Teknologi seperti robotik, kecerdasan buatan (AI), dan Internet of Things (IoT) semakin sering digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi biaya

operasional. Namun, kemajuan ini membawa tantangan baru bagi pekerja. Di satu sisi, teknologi dapat mengurangi paparan terhadap bahaya fisik, seperti kecelakaan industri (Rajendran *et al.*, 2021), tetapi di sisi lain, pekerja kini terpapar risiko baru seperti stres akibat pekerjaan yang semakin intens, gangguan mental, dan bahkan masalah kesehatan terkait dengan penggunaan perangkat digital dalam jangka panjang, seperti gangguan penglihatan atau carpal tunnel syndrome (Devi and Singh, 2023). Selain itu, otomatisasi dalam banyak industri dapat menyebabkan hilangnya pekerjaan bagi sebagian pekerja, menciptakan ketidakpastian ekonomi dan sosial yang berpotensi merugikan kesehatan mental masyarakat.

Pandemi global, seperti yang disebabkan oleh COVID-19, telah menunjukkan betapa pentingnya kesiapsiagaan lingkungan kerja dalam menghadapi krisis kesehatan. Selama pandemi, banyak pekerja yang terpapar risiko kesehatan akibat ketidaksiapan protokol keselamatan yang memadai di tempat kerja (Prajogo *et al.*, 2021). Dari pekerja medis di rumah sakit hingga pekerja di sektor layanan dan manufaktur, banyak yang harus menghadapi risiko paparan langsung terhadap virus. Dalam menghadapi ancaman pandemi di masa depan, kesiapsiagaan tempat kerja harus melibatkan penyesuaian kebijakan yang lebih ketat mengenai kebersihan, pengendalian infeksi, serta pembentukan sistem kesehatan mental yang mendukung para pekerja. Lingkungan kerja yang sehat dan aman tidak hanya melindungi pekerja dari penyakit fisik, tetapi juga memberikan dukungan psikologis yang penting selama masa krisis.

Urbanisasi yang pesat, terutama di negara berkembang, telah menambah tekanan besar pada lingkungan dan kesehatan masyarakat. Peningkatan jumlah penduduk di perkotaan seringkali diikuti oleh peningkatan polusi udara, masalah pengelolaan limbah, dan kekurangan akses terhadap ruang terbuka hijau (Sarker *et al.*, 2024). Kondisi ini berpotensi meningkatkan angka penyakit terkait polusi, seperti gangguan pernapasan dan penyakit jantung. Selain itu, urbanisasi yang tidak terencana juga dapat memperburuk kesenjangan sosial, dengan sebagian besar penduduk perkotaan yang miskin tinggal di daerah kumuh yang tidak memiliki akses ke air bersih,

sanitasi yang layak, dan fasilitas kesehatan yang memadai. Oleh karena itu, pembangunan perkotaan yang berkelanjutan sangat dibutuhkan untuk menciptakan lingkungan hidup yang sehat bagi semua lapisan masyarakat. Kota yang ramah lingkungan dan inklusif tidak hanya berkontribusi pada kualitas hidup penduduk, tetapi juga mengurangi dampak negatif terhadap ekosistem yang lebih luas.

STRATEGI PENCEGAHAN DAN PROMOSI KESEHATAN

Promosi kesehatan berbasis lingkungan kerja memainkan peran penting dalam mencegah penyakit dan meningkatkan kesejahteraan pekerja (Tulchinsky and Varavikova, 2014). Lingkungan kerja yang sehat bukan hanya mengurangi risiko cedera atau penyakit akibat kerja, tetapi juga berkontribusi pada peningkatan produktivitas dan kepuasan kerja. Penciptaan tempat kerja yang aman, nyaman, dan bebas dari polusi serta faktor risiko lainnya dapat mengurangi kejadian penyakit seperti gangguan pernapasan, stres, dan cedera fisik. Sebagai contoh, perusahaan dapat menerapkan sistem ventilasi yang baik, memastikan pencahayaan yang cukup, dan mengurangi paparan bahan kimia berbahaya (Niza *et al.*, 2024). Semua ini, selain melindungi pekerja, juga meningkatkan kualitas hidup mereka. Dengan menciptakan lingkungan kerja yang mendukung kesehatan fisik dan mental, kita tidak hanya melindungi pekerja, tetapi juga meningkatkan semangat dan keterlibatan mereka dalam pekerjaan.

Pendidikan dan pelatihan pekerja menjadi salah satu fondasi utama dalam strategi pencegahan. Pekerja yang dilatih untuk mengenali dan menghindari bahaya di tempat kerja lebih mungkin untuk mengurangi risiko kesehatan (Sorensen *et al.*, 2018). Pelatihan ini tidak hanya berfokus pada keterampilan teknis, tetapi juga penting dalam membangun kesadaran tentang pentingnya keselamatan dan kesehatan kerja. Dengan memberikan informasi yang jelas tentang potensi bahaya dan cara-cara mengatasinya, pekerja dapat menjadi lebih proaktif dalam menjaga keselamatan diri mereka dan rekan kerja. Misalnya, pelatihan penggunaan alat pelindung diri (APD) yang benar atau pengenalan terhadap ergonomi di tempat kerja dapat mencegah cedera yang sering terjadi akibat kelalaian. Lebih

jauh lagi, pelatihan kesehatan mental di tempat kerja juga menjadi bagian yang tidak kalah penting untuk menjaga kesejahteraan pekerja, mengingat stres dan kecemasan menjadi masalah yang semakin meningkat di dunia kerja.

Selain itu, *community empowerment* dalam kesehatan lingkungan merupakan pendekatan yang penting untuk menciptakan perubahan yang berkelanjutan (Mketo *et al.*, 2022). Pemberdayaan masyarakat dalam konteks kesehatan lingkungan berarti melibatkan komunitas dalam proses pengambilan keputusan terkait dengan kebijakan atau inisiatif kesehatan. Dengan memberdayakan anggota komunitas untuk memahami risiko kesehatan yang ada di lingkungan mereka, serta melibatkan mereka dalam upaya mitigasi risiko, perubahan yang lebih signifikan dapat tercapai. Misalnya, masyarakat yang teredukasi tentang dampak polusi air dan udara dapat berkolaborasi dengan otoritas setempat untuk menciptakan solusi yang lebih ramah lingkungan. Pendekatan ini bukan hanya meningkatkan kesehatan fisik, tetapi juga memperkuat ikatan sosial dan mendorong kolaborasi antar berbagai kelompok. Sebuah komunitas yang diberdayakan tidak hanya mampu mengidentifikasi masalah kesehatan, tetapi juga memiliki kemampuan untuk merancang dan mengimplementasikan solusi yang efektif, yang pada akhirnya dapat meningkatkan kualitas hidup secara keseluruhan.

Dengan pendekatan yang holistik dan berbasis pada kolaborasi antara individu, komunitas, dan organisasi, strategi pencegahan dan promosi kesehatan dapat menciptakan lingkungan kerja dan masyarakat yang lebih sehat dan produktif. Fokus pada pencegahan dan pendidikan tidak hanya mencegah penyakit, tetapi juga memberdayakan orang untuk menjaga kesehatannya secara aktif. Dalam jangka panjang, pendekatan ini akan berkontribusi pada kesejahteraan seluruh masyarakat dan menciptakan masa depan yang lebih sehat bagi generasi mendatang.

SIMPULAN

Pentingnya kesehatan lingkungan dan kerja dalam menjaga kualitas hidup manusia di tengah tantangan modern, yang mencakup perubahan iklim, globalisasi, dan ketimpangan

sosial. Kesehatan lingkungan berfokus pada dampak bahaya fisik, kimia, biologis, dan sosial yang berasal dari lingkungan sekitar, sedangkan kesehatan kerja menekankan perlindungan pekerja dari risiko yang ada di tempat kerja, baik itu fisik, kimia, maupun psikososial. Kedua bidang ini membutuhkan pendekatan interdisipliner yang melibatkan berbagai disiplin ilmu untuk menciptakan solusi yang komprehensif dan berkelanjutan. Peran kebijakan, regulasi, serta pemantauan risiko menjadi aspek krusial dalam mengurangi dampak negatif terhadap kesehatan manusia. Selain itu, penerapan sistem pemantauan dan evaluasi risiko yang baik dapat mendukung upaya mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan yang ada.

Untuk mengatasi tantangan kesehatan lingkungan dan kerja yang semakin kompleks, diperlukan upaya yang lebih intensif dalam pendidikan dan pelatihan di tempat kerja, serta pemberdayaan masyarakat dalam menghadapi risiko lingkungan. Pemerintah dan lembaga pengatur perlu memperkuat implementasi kebijakan yang berbasis bukti dan meningkatkan kerjasama lintas sektor dalam pengawasan dan penegakan regulasi. Pendekatan yang lebih holistik dan interdisipliner harus diterapkan dalam merancang solusi yang efektif untuk meminimalisir dampak risiko terhadap kesehatan manusia. Dengan demikian, pembangunan yang berkelanjutan dan berkeadilan dapat tercapai, di mana kesehatan pekerja dan masyarakat menjadi prioritas utama dalam menghadapi tantangan global.

- Ajslev, J. Z. N. *et al.* (2022) 'The Hierarchy of Controls as an Approach to Visualize the Impact of Occupational Safety and Health Coordination', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(5). doi: 10.3390/ijerph19052731.
- Alston, P. (2005) 'Facing up to the complexities of the ILO's core labour standards agenda', *European Journal of International Law*, 16(3), pp. 467–480. doi: 10.1093/ejil/chil26.
- Bautista-Bernal, I., Quintana-García, C. and Marchante-Lara, M. (2021) 'Research trends in occupational health and social responsibility: A bibliometric analysis', *Safety Science*, 137, p. 105167. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105167>.
- Cardoso, A. *et al.* (2021) 'Ergonomics and Human Factors as a Requirement to Implement Safer Collaborative Robotic Workstations: A Literature Review', *Safety*, 7(4). doi: 10.3390/safety7040071.
- Chang, J.-H. *et al.* (2023) 'Climate change, air quality, and respiratory health: a focus on particle deposition in the lungs.', *Annals of medicine*, 55(2), p. 2264881. doi: 10.1080/07853890.2023.2264881.
- Chelak, K. and Chakole, S. (2023) 'The Role of Social Determinants of Health in Promoting Health Equality: A Narrative Review.', *Cureus*, 15(1), p. e33425. doi: 10.7759/cureus.33425.
- Chen, F. *et al.* (2024) 'Breathing in danger: Understanding the multifaceted impact of air pollution on health impacts', *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 280, p. 116532. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2024.116532>.
- Devi, K. A. and Singh, S. K. (2023) 'The hazards of excessive screen time: Impacts on physical health, mental health, and overall well-being.', *Journal of education and health promotion*, 12, p. 413. doi: 10.4103/jehp.jehp_447_23.
- Dommen, C. (2003) 'The right to health', *New Solutions*, 13(1), pp. 27–33. doi: 10.2190/tydu-ljk1-wf5m-bpec.
- Gunjyal, N. *et al.* (2023) 'A review of the effects of environmental hazards on humans, their remediation for sustainable development, and risk assessment', *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(6), p. 795. doi: 10.1007/s10661-023-11353-z.
- Kowalska, A. *et al.* (2021) 'Methods and tools for environmental technologies risk evaluation: the principal guidelines—a review', *International Journal of Environmental Science and Technology*, 18(6), pp. 1683–1694. doi:

- 10.1007/s13762-020-02979-4.
- Kraft, P. and Kraft, B. (2021) 'Explaining socioeconomic disparities in health behaviours: A review of biopsychological pathways involving stress and inflammation', *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 127, pp. 689–708. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.05.019>.
- Lele, D. V. (2018) 'Occupational Health Surveillance.', *Indian journal of occupational and environmental medicine*. India, pp. 117–120. doi: 10.4103/ijoem.IJOEM_251_18.
- Mketo, A. R. *et al.* (2022) 'Enhancing community participation for environmental health improvement in rural Tanzania: Evidence from Bukombe district', *Evaluation and Program Planning*, 94, p. 102152. doi: <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2022.102152>.
- Murphy *et al.* (2003) *Occupational health and safety in the care and use of nonhuman primates*.
- Niza, I. L. *et al.* (2024) 'Air quality and ventilation: Exploring solutions for healthy and sustainable urban environments in times of climate change', *Results in Engineering*, 24, p. 103157. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103157>.
- Park, S. J., Jung, M. and Sung, J. H. (2019) 'Influence of Physical and Musculoskeletal Factors on Occupational Injuries and Accidents in Korean Workers Based on Gender and Company Size.', *International journal of environmental research and public health*, 16(3). doi: 10.3390/ijerph16030345.
- Philipp, R. (1993) *Environmental Epidemiology: Public Health and Hazardous Wastes*, *Journal of Epidemiology & Community Health*. doi: 10.1136/jech.47.1.78.
- Prajogo, D. *et al.* (2021) 'Occupational Health and Safety (OHS): Protecting the Indonesian Healthcare Workforce during the COVID-19 Pandemic', *The Partnership for Australia-Indonesia Research (PAIR)*, pp. 1–28.
- Rajendran, S. *et al.* (2021) 'Technological advancements in occupational health and safety', *Measurement: Sensors*, 15, p. 100045. doi: <https://doi.org/10.1016/j.measen.2021.100045>.
- Rantanen, J. (2011) '3The Principles of Occupational Health', in *Global Occupational Health*. Oxford University Press. doi: 10.1093/acprof:oso/9780195380002.003.0001.
- Resnik, D. B. (2022) 'Environmental justice and climate change policies.', *Bioethics*, 36(7), pp. 735–741. doi: 10.1111/bioe.13042.

- Sarker, T. *et al.* (2024) 'Impact of Urban built-up volume on Urban environment: A Case of Jakarta', *Sustainable Cities and Society*, 105, p. 105346. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105346>.
- Siddiqua, A., Hahladakis, J. N. and Al-Attiya, W. A. K. A. (2022) 'An overview of the environmental pollution and health effects associated with waste landfilling and open dumping', *Environmental Science and Pollution Research*, 29(39), pp. 58514–58536. doi: 10.1007/s11356-022-21578-z.
- Smith, D. R. and Guidotti, T. L. (2019) 'A century of the Archives of Environmental & Occupational Health.', *Archives of environmental & occupational health*, 74(1–2), pp. 1–10. doi: 10.1080/19338244.2018.1563441.
- Sorensen, G. *et al.* (2018) 'Measuring Best Practices for Workplace Safety, Health, and Well-Being: The Workplace Integrated Safety and Health Assessment.', *Journal of occupational and environmental medicine*, 60(5), pp. 430–439. doi: 10.1097/JOM.0000000000001286.
- Tulchinsky, T. H. and Varavikova, E. A. (2014) 'Environmental and Occupational Health.', *The New Public Health*, pp. 471–533. doi: 10.1016/B978-0-12-415766-8.00009-4.
- World Health Organization (2018) *WHO Housing and health guidelines*. WHO. Available at: <http://www.who.int/phe%0Ahttp://apps.who.int/bookorders>.
- World Health Organization (WHO) (1979) 'Environmental health criteria 6: Principles and methods for evaluating the toxicity of chemicals', *Environment International*, 2(3), p. 202. doi: 10.1016/0160-4120(79)90082-5.
- Yuli, A. *et al.* (2022) 'Profil Keselamatan dan Kesehatan Kerja Nasional Indonesia Tahun 2022', p. 2022



Basuki Rachmat, ST, MKM, lahir pada tanggal 19 Desember 1984 di Jakarta, Indonesia, memiliki latar belakang pendidikan Magister Ilmu Kesehatan Masyarakat dari Universitas Indonesia, Depok, Jawa Barat. Selain itu, Basuki Rachmat aktif sebagai peneliti di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Basuki Rachmat percaya bahwa pendidikan dan informasi yang tepat dapat membantu orang untuk hidup lebih sehat dan bahagia. Untuk kontak lebih lanjut, Anda dapat menghubungi Basuki Rachmat melalui email di basukir2009@gmail



BAB 2 **KARAKTERISASI PAPARAN DI** **LINGKUNGAN DAN TEMPAT** **KERJA**

HURIATUL MASDAR



PENDAHULUAN

Lingkungan dan tempat kerja merupakan dua komponen penting yang sangat memengaruhi kesehatan manusia, khususnya dalam konteks paparan terhadap berbagai agen bahaya. Paparan ini dapat berasal dari bahan kimia, fisik, biologi, maupun faktor ergonomis dan psikososial. Untuk itu, karakterisasi paparan menjadi langkah krusial dalam mengidentifikasi, mengukur, dan mengevaluasi risiko yang mungkin timbul, serta dalam menentukan strategi pengendalian yang efektif (WHO, 2021).

Karakterisasi paparan atau *exposure characterization* merupakan bagian dari proses penilaian risiko lingkungan dan kesehatan kerja yang bertujuan untuk memahami hubungan antara manusia dan faktor berbahaya di sekitarnya. Proses ini meliputi identifikasi sumber paparan, jalur paparan, durasi, frekuensi, serta populasi yang terpapar (USEPA, 2011). Dalam konteks tempat kerja, karakterisasi paparan membantu dalam memastikan bahwa kondisi kerja tetap aman dan sehat, serta sesuai dengan standar nasional maupun internasional yang berlaku.

Di banyak sektor industri, paparan terhadap agen berbahaya masih menjadi penyebab utama penyakit akibat kerja seperti gangguan pernapasan, kanker, gangguan reproduksi, dan berbagai penyakit kronis lainnya (ILO, 2023). Oleh karena itu, pengendalian risiko berbasis data karakterisasi paparan menjadi sangat penting sebagai dasar pengambilan

keputusan dalam manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3).

Metodologi karakterisasi paparan biasanya mencakup pengukuran kadar kontaminan di udara, air, tanah, maupun permukaan, serta penilaian jalur masuk ke dalam tubuh seperti inhalasi, ingestasi, dan kontak dermal. Selain itu, penilaian juga mempertimbangkan faktor-faktor seperti waktu paparan, frekuensi, serta karakteristik individu yang terpapar (ACGIH, 2022).

Dengan melakukan karakterisasi paparan secara sistematis, organisasi atau perusahaan dapat merancang intervensi yang tepat, seperti penggunaan alat pelindung diri (APD), perbaikan ventilasi, atau modifikasi proses kerja, yang pada akhirnya akan meminimalkan risiko kesehatan pekerja maupun masyarakat sekitar.

IDENTIFIKASI AGEN BAHAYA (HAZARD IDENTIFICATION)

Pengertian

Identifikasi agen bahaya (hazard identification) adalah proses awal dalam karakterisasi paparan yang bertujuan untuk mengenali semua potensi bahaya yang ada di lingkungan atau tempat kerja. Bahaya ini dapat berupa bahan, proses, aktivitas, atau kondisi yang memiliki potensi menimbulkan cedera, penyakit, kerusakan harta benda, atau gangguan terhadap lingkungan (OSHA, 2021).

Proses ini merupakan bagian krusial dalam manajemen risiko karena menjadi dasar bagi langkah-langkah selanjutnya, seperti penilaian risiko, evaluasi eksposur, dan pengendalian. Tanpa identifikasi yang tepat, risiko bahaya dapat terlewatkan dan menyebabkan konsekuensi kesehatan yang serius bagi pekerja dan masyarakat sekitar.

Klasifikasi Agen Bahaya

1. Bahaya Fisik

Merupakan agen yang berasal dari kondisi fisik lingkungan kerja yang ekstrem atau berisiko:

- Kebisingan berlebihan
- Getaran
- Radiasi (ionisasi dan non-ionisasi)
- Suhu ekstrem (panas atau dingin)

- Tekanan tinggi atau rendah
- Pencahayaan yang buruk

(Based on: ACGIH, 2022)

2. Bahaya Kimia

Agen ini berasal dari bahan kimia berbahaya yang dapat masuk ke dalam tubuh melalui inhalasi, kontak kulit, atau ingestasi:

- Gas dan uap (misal: karbon monoksida, benzena)
- Aerosol dan debu (misal: silika, asbestos)
- Cairan dan larutan kimia (misal: pelarut organik, asam kuat)
- Zat beracun, karsinogenik, atau reprotoxik

(ILO, 2023)

3. Bahaya Biologis

Disebabkan oleh paparan terhadap organisme hidup atau produk biologisnya:

- Virus, bakteri, jamur, dan parasit
- Bahan biologis berbahaya seperti darah, cairan tubuh, atau limbah medis

(Public Health Agency of Canada, 2020)

4. Bahaya Ergonomi

Berkaitan dengan postur kerja, pengangkatan beban, gerakan berulang, dan desain peralatan yang tidak sesuai:

- Cedera otot-skeletal (MSDs)
- Kelelahan otot
- Cedera akibat beban statis

(NIOSH, 2021)

5. Bahaya Psikososial

Faktor yang berasal dari tekanan mental atau sosial di tempat kerja:

- Stres kerja
- Kekerasan atau pelecehan
- Beban kerja berlebihan
- Ketidakjelasan peran

(Wegman & McGee, 2004)

Proses Identifikasi Bahaya

1. Observasi langsung di lingkungan kerja
2. Wawancara dengan pekerja dan pengawas
3. Pengkajian dokumen seperti MSDS (Material Safety Data Sheet)

4. Inspeksi reguler menggunakan checklist bahaya
5. Analisis kecelakaan sebelumnya dan laporan near-miss

Tujuan Identifikasi Agen Bahaya

- Menyediakan dasar untuk penilaian risiko
- Mengembangkan langkah pengendalian
- Menghindari kejadian kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja
- Memenuhi regulasi dan standar nasional /internasional

JALUR PAJANAN (EXPOSURE PATHWAYS)

Pengertian

Jalur pajanan adalah rute atau cara masuknya agen bahaya dari lingkungan ke dalam tubuh manusia. Identifikasi jalur pajanan sangat penting dalam menilai sejauh mana individu atau kelompok dapat terpengaruh oleh suatu zat berbahaya. Dengan memahami jalur ini, kita dapat memperkirakan tingkat risiko kesehatan dan menetapkan strategi pengendalian yang sesuai (USEPA, 2011).

Sebuah paparan dianggap terjadi secara penuh (complete exposure pathway) apabila terdapat lima komponen utama:

1. Sumber kontaminasi
2. Media transport (misalnya udara, air, tanah)
3. Jalur paparan
4. Individu/kelompok terpapar
5. Jalur masuk ke tubuh (entry route)

(USEPA, 2011)

Jenis-Jenis Jalur Pajanan

1. Inhalasi (Pernapasan)

Merupakan jalur pajanan utama di banyak tempat kerja, terutama saat bekerja dengan gas, uap, debu, atau aerosol.

- Zat berbahaya masuk melalui saluran pernapasan dan mencapai paru-paru.
- Contoh: inhalasi silika, asbestos, karbon monoksida.

“Inhalation is often the most significant route of occupational exposure due to the efficiency of pulmonary absorption” (ILO, 2023).

2. Ingesti (Pencernaan)

Terjadi saat bahan berbahaya tertelan, baik secara tidak sengaja (kontaminasi makanan/minuman) maupun melalui kebiasaan buruk (misalnya, makan tanpa cuci tangan).

- Umum terjadi di industri kimia, laboratorium, atau pertanian.
- Contoh: pestisida, logam berat, senyawa organik.

3. Kontak Dermal (Kulit)

Paparan melalui kulit terjadi saat bahan berbahaya menyentuh permukaan tubuh, dan beberapa zat dapat menembus kulit dan masuk ke aliran darah.

- Banyak zat kimia larut dalam lemak (lipofilik) dapat dengan mudah diserap.
- Contoh: pelarut organik seperti toluena, benzena, dan pestisida.

“Skin absorption can represent a significant route of exposure for volatile or fat-soluble substances” (NIOSH, 2021).

4. Injeksi

Merupakan jalur yang jarang terjadi, namun relevan di bidang medis dan laboratorium. Terjadi saat zat masuk langsung ke aliran darah akibat tusukan, goresan, atau luka.

- Contoh: jarum suntik tercemar, kecelakaan kerja laboratorium.

Faktor yang Mempengaruhi Jalur Paparan

- Sifat fisik-kimia zat (ukuran partikel, kelarutan, volatilitas)
- Kondisi lingkungan kerja (ventilasi, kelembaban, suhu)
- Kebiasaan kerja dan perilaku individu
- Penggunaan APD dan prosedur keselamatan

Tujuan Analisis Jalur Paparan

- Menentukan potensi risiko dan kelompok rentan
- Menentukan kebutuhan pemantauan paparan
- Merancang sistem pengendalian teknis dan administratif
- Mendukung penilaian risiko kuantitatif (QRA)

Tabel 2.1. Perbandingan Jalur Paparan di Lingkungan dan Tempat Kerja

Jalur Paparan	Ciri Utama	Contoh Agen Berbahaya	Sektor Umum Terpapar	Keterangan Tambahan
Inhalasi	Masuk melalui saluran pernapasan (hidung → paru-paru)	Debu silika, asbestos, karbon monoksida, pelarut organik (uap)	Pertambangan, industri kimia, konstruksi	Jalur utama di banyak industri; cepat diserap
Ingesti	Masuk melalui mulut ke sistem pencernaan	Logam berat, pestisida, residu bahan kimia	Pertanian, laboratorium, pengolahan makanan	Umumnya akibat tangan/kontak tidak higienis
Kontak Dermal	Masuk melalui kulit (penyerapan perkutaneus)	Pelarut organik, pestisida, deterjen keras	Industri manufaktur, pertanian, laboratorium	Dapat menyebabkan iritasi atau efek sistemik
Injeksi	Masuk langsung ke jaringan tubuh atau darah akibat tusukan	Virus darah (HIV, HBV), bahan kimia beracun	Kesehatan, laboratorium, riset biomedis	Jarang, tetapi sangat berisiko tinggi

Sumber: ILO (2023)

PENGUKURAN DAN PEMANTAUAN PAJANAN

Pengertian

Pengukuran dan pemantauan paparan adalah proses untuk mendeteksi, mengukur, dan mengevaluasi tingkat paparan terhadap agen bahaya di lingkungan atau tempat kerja, baik secara langsung maupun tidak langsung. Tujuan utamanya adalah untuk memastikan bahwa tingkat paparan tetap di bawah batas aman yang telah ditetapkan serta untuk

mendukung pengambilan keputusan dalam pengendalian risiko (NIOSH, 2021).

Pemantauan bisa dilakukan terhadap lingkungan kerja (ambient monitoring) atau individu pekerja (personal monitoring), tergantung pada tujuan dan sifat agen bahaya yang sedang dikaji.

Jenis Pengukuran Paparan

1. Pemantauan Lingkungan (Area Monitoring)

Mengukur kontaminan di udara, air, tanah, atau permukaan dalam ruang kerja atau area lingkungan sekitar.

- Cocok untuk: evaluasi umum lingkungan kerja
- Alat: air sampling pump, noise meter, lux meter, gas detector
- Contoh: pengukuran kadar karbon monoksida di ruang tertutup

2. Pemantauan Personal (Personal Exposure Monitoring)

Mengukur paparan yang benar-benar diterima oleh individu, menggunakan alat yang melekat pada tubuh (biasanya di zona pernapasan).

- Cocok untuk: penilaian eksposur individual
- Alat: personal air sampling pump, dosimeter
- Contoh: pemantauan debu respirabel pada pekerja tambang

3. Biomonitoring (Pemantauan Biologis)

Mengukur kadar zat berbahaya atau produknya dalam tubuh melalui sampel biologis (darah, urin, rambut, dll).

- Cocok untuk: mengevaluasi absorpsi aktual oleh tubuh
- Contoh: kadar merkuri dalam urin atau timbal dalam darah

Alat dan Teknik Pengukuran

Beberapa contoh alat dan metode yang umum digunakan:

Tabel 2.1. Alat Ukur dan Metode

Jenis Agen	Alat Ukur Umum	Parameter yang Diukur
Gas & uap	Gas detector, PID	ppm, mg/m ³
Partikel	Personal dust sampler, cyclone	respirable dust, TSP

Jenis Agen	Alat Ukur Umum	Parameter yang Diukur
Kebisingan	Sound level meter, dosimeter	dB(A), TWA
Cahaya	Lux meter	Lux
Getaran	Vibration meter	m/s ²

Sumber : NIOSH, (2021)

Frekuensi dan Strategi Pemantauan

- Kontinu: Untuk parameter yang berubah cepat (misal: gas mudah menguap)
- Periodik: Misalnya setiap 6 bulan sesuai regulasi
- Investigatif: Dilakukan saat ada keluhan atau insiden
- Mengacu pada standar seperti NAB, TLV, PEL dari Kemenaker, ACGIH, atau OSHA

Tujuan Pemantauan Paparan

- Menilai efektivitas sistem pengendalian
- Memastikan kepatuhan terhadap regulasi
- Menyediakan data untuk penilaian risiko kuantitatif
- Mendeteksi tren jangka panjang paparan di lingkungan kerja

EVALUASI RISIKO (RISK EVALUATION)

Pengertian

Evaluasi risiko adalah proses untuk menilai potensi bahaya yang ditimbulkan oleh paparan terhadap agen berbahaya dan mengukur tingkat dampaknya terhadap kesehatan dan keselamatan pekerja. Evaluasi ini melibatkan analisis terhadap probabilitas terjadinya bahaya dan keparahan akibat yang ditimbulkan, serta kemungkinan terpaparnya individu atau kelompok yang rentan.

Evaluasi risiko dilakukan dengan mempertimbangkan data dari identifikasi agen bahaya, jalur paparan, dan pengukuran paparan yang telah dilakukan sebelumnya. Hasil evaluasi ini digunakan untuk mengembangkan strategi pengendalian yang efektif dalam mengurangi atau menghilangkan risiko yang teridentifikasi.

Proses Evaluasi Risiko

1. Identifikasi Bahaya
 - Menentukan agen bahaya (kimia, fisik, biologis) yang dapat menyebabkan efek negatif pada kesehatan.
 - Pengidentifikasian sumber bahaya (misalnya bahan kimia yang digunakan, lingkungan kerja yang berisiko).
2. Penilaian Paparan
 - Mengukur atau memperkirakan tingkat paparan terhadap agen bahaya, baik melalui pengukuran lingkungan atau biomonitoring individu.
 - Menilai jalur paparan yang relevan, apakah melalui inhalasi, ingestasi, dermal, atau injeksi.
3. Penilaian Risiko
 - Probabilitas terpaparnya individu dengan kadar tertentu dari agen bahaya.
 - Keparahan efek kesehatan yang dapat terjadi akibat paparan tersebut, berdasarkan literatur atau data epidemiologi.
 - Menggunakan perhitungan risiko atau model matematis untuk memperkirakan kemungkinan kerugian.
4. Evaluasi dan Penentuan Batas Risiko
 - Menentukan apakah risiko yang ada dapat diterima (acceptable risk) berdasarkan standar kesehatan dan keselamatan kerja yang berlaku.
 - Menggunakan standar atau batas yang ditetapkan oleh badan kesehatan seperti Occupational Safety and Health Administration (OSHA), American Conference of Governmental and Industrial Hygienists (ACGIH), atau National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH).

Contoh Penghitungan Risiko

Contoh perhitungan risiko berdasarkan model pengukuran paparan:

- $\text{Risk} = (\text{Probability of Exposure}) \times (\text{Severity of Outcome})$

Misalnya, dalam industri kimia, jika seorang pekerja terpapar bahan kimia berbahaya dengan probabilitas 0.1 (10% kemungkinan terpapar) dan keparahan yang sangat tinggi (misalnya menyebabkan kanker), maka risiko keseluruhan harus dievaluasi dengan mempertimbangkan toleransi terhadap risiko tersebut.

Strategi Pengendalian Berdasarkan Evaluasi Risiko

- Pengendalian Teknis: Modifikasi tempat kerja, ventilasi, penggunaan alat pelindung diri (APD), penggantian bahan berbahaya dengan yang lebih aman.
- Pengendalian Administratif: Pelatihan, prosedur operasional standar (SOP), pengaturan jadwal kerja untuk mengurangi paparan.
- Pengendalian Pribadi: Penggunaan alat pelindung diri yang sesuai seperti masker, sarung tangan, dan pelindung wajah.

Tujuan Evaluasi Risiko

- Mengidentifikasi potensi risiko kesehatan yang dihadapi oleh pekerja atau lingkungan sekitar.
- Menghitung kemungkinan terjadinya efek berbahaya akibat paparan.
- Menentukan langkah-langkah pengendalian yang sesuai dan efektif untuk mengurangi risiko.
- Memastikan kepatuhan terhadap regulasi keselamatan dan kesehatan kerja.

PENGENDALIAN PAPARAN (EXPOSURE CONTROL)

Pengertian

Pengendalian paparan adalah langkah-langkah yang diambil untuk mengurangi atau menghilangkan paparan terhadap agen berbahaya di lingkungan kerja. Tujuannya adalah untuk melindungi kesehatan dan keselamatan pekerja serta lingkungan di sekitar area kerja dengan meminimalkan atau mengeliminasi risiko dari bahaya yang teridentifikasi.

Pengendalian paparan berfokus pada penerapan hierarki kontrol, yang mencakup berbagai tingkat pengendalian yang dimulai dari solusi yang paling efektif hingga yang paling sedikit efektif. Hierarki ini membantu dalam memilih metode pengendalian yang sesuai dengan tingkat risiko yang ada.

Hierarki Pengendalian Paparan

Hierarki pengendalian terdiri dari langkah-langkah berikut, yang disusun berdasarkan efektivitasnya:

1. **Eliminasi (Elimination)**
 - Menghilangkan bahaya sepenuhnya dari lingkungan kerja.
 - Contoh: Menghentikan penggunaan bahan kimia berbahaya atau menggantikan dengan bahan yang lebih aman.
2. **Substitusi (Substitution)**
 - Menggantikan bahan atau proses berbahaya dengan bahan atau proses yang lebih aman.
 - Contoh: Mengganti pelarut berbasis toluen dengan pelarut yang tidak berbahaya bagi kesehatan.
3. **Pengendalian Teknik (Engineering Controls)**
 - Modifikasi lingkungan kerja untuk mengurangi atau menghilangkan paparan tanpa bergantung pada perilaku pekerja.
 - Contoh:
 - Sistem ventilasi untuk mengurangi konsentrasi bahan kimia di udara.
 - Penyaringan udara atau penggunaan sistem pengolahan limbah industri.
4. **Pengendalian Administratif (Administrative Controls)**
 - Prosedur yang dirancang untuk mengurangi paparan melalui pengaturan kerja.
 - Contoh:
 - Pembatasan waktu paparan atau pengaturan jadwal kerja (misalnya, rotasi tugas).
 - Pelatihan keselamatan dan kesehatan bagi pekerja untuk memahami risiko dan cara melindungi diri.
5. **Penggunaan Alat Pelindung Diri (PPE - Personal Protective Equipment)**
 - Menggunakan alat pelindung untuk melindungi pekerja dari paparan.

- Contoh:
 - Masker atau respirator untuk mengurangi inhalasi bahan berbahaya.
 - Sarung tangan, pelindung mata, dan pelindung tubuh untuk mencegah kontak langsung dengan bahan berbahaya.

Strategi Pengendalian Paparan Berdasarkan Jenis Agen

Berikut adalah beberapa contoh pengendalian paparan berdasarkan jenis agen berbahaya yang dihadapi:

1. Pengendalian Paparan Kimia:

- Ventilasi Udara: Sistem ventilasi lokal untuk mengurangi konsentrasi gas atau uap berbahaya.
- Penggantian Bahan: Menggantikan bahan kimia berbahaya dengan bahan yang lebih aman.
- PPE: Penggunaan masker atau respirator untuk melindungi pekerja dari inhalasi bahan berbahaya.

2. Pengendalian Paparan Fisik (Misalnya Kebisingan, Getaran):

- Pengurangan Sumber Kebisingan: Menggunakan mesin atau peralatan yang lebih hening atau mengurangi waktu paparan.
- PPE: Penggunaan pelindung telinga atau masker pendengaran.
- Pengaturan Waktu Kerja: Mengatur shift kerja untuk membatasi waktu paparan terhadap suara keras.

3. Pengendalian Paparan Biologis:

- Sterilisasi dan Sanitasi: Prosedur sterilisasi peralatan medis dan sanitasi area kerja.
- Penggunaan PPE: Sarung tangan, masker wajah, pelindung mata, dan pelindung tubuh untuk mencegah infeksi.

4. Pengendalian Paparan Ergonomis (Misalnya Cedera Otot dan Tulang):

- Desain Ulang Tempat Kerja: Menyesuaikan alat dan tempat kerja agar sesuai dengan postur tubuh pekerja.

- Pelatihan dan Pendidikan: Memberikan pelatihan tentang teknik pengangkatan yang benar dan pengaturan posisi tubuh.

Evaluasi Efektivitas Pengendalian

Setelah langkah-langkah pengendalian diterapkan, sangat penting untuk melakukan evaluasi terhadap efektivitasnya. Beberapa cara untuk menilai efektivitas pengendalian termasuk:

- Pemantauan ulang terhadap konsentrasi agen berbahaya setelah pengendalian diterapkan.
- Survei kesehatan pekerja untuk mendeteksi apakah ada perubahan dalam kondisi kesehatan mereka.
- Audit atau inspeksi rutin untuk memastikan bahwa prosedur keselamatan dan alat pelindung diri digunakan dengan benar.

Tujuan Pengendalian Paparan

- Melindungi kesehatan pekerja dan lingkungan sekitar dengan mengurangi potensi paparan terhadap bahaya.
- Mencegah terjadinya penyakit atau cedera akibat paparan agen berbahaya.
- Memastikan kepatuhan terhadap regulasi keselamatan dan kesehatan kerja yang berlaku.

REGULASI DAN BATAS PAJANAN

Pengertian

Regulasi dan batas pajanan mengacu pada standar hukum atau pedoman teknis yang ditetapkan oleh badan pemerintah atau organisasi internasional untuk mengatur tingkat paparan pekerja terhadap agen berbahaya di tempat kerja. Tujuan utamanya adalah untuk melindungi pekerja dari risiko kesehatan jangka panjang dan cedera akut yang dapat terjadi akibat paparan bahan kimia, fisik, atau biologis.

Batas pajanan, atau dikenal dengan Exposure Limits (ELs), mengacu pada konsentrasi agen berbahaya di udara (misalnya gas, debu, atau uap) yang pekerja dapat terpapar dalam jangka waktu tertentu tanpa menimbulkan efek kesehatan yang berbahaya.

Jenis Batas Pajanan

Ada beberapa jenis batas pajanan yang digunakan untuk

melindungi pekerja, tergantung pada jenis bahaya dan durasi paparan.

1. **TLV (Threshold Limit Values)**

- Ditentukan oleh American Conference of Governmental and Industrial Hygienists (ACGIH).
- TLV adalah batas konsentrasi bahan kimia di udara yang dapat diterima oleh pekerja selama 8 jam sehari dan 40 jam seminggu tanpa menimbulkan efek kesehatan yang merugikan.
- Terdiri dari tiga kategori:
 - **TLV-TWA (Time-Weighted Average):** Batas konsentrasi rata-rata selama 8 jam kerja (untuk bahan yang berisiko akumulasi).
 - **TLV-STEL (Short-Term Exposure Limit):** Batas paparan maksimum selama 15 menit yang tidak boleh terlampaui lebih dari empat kali dalam sehari.
 - **TLV-Ceiling:** Batas paparan maksimal yang tidak boleh terlampaui pada waktu tertentu.

2. **PEL (Permissible Exposure Limits)**

- Ditentukan oleh Occupational Safety and Health Administration (OSHA).
- PEL mengatur batas paparan maksimum yang diperbolehkan untuk pekerja selama jam kerja tertentu (biasanya 8 jam sehari).
- PEL dapat lebih tinggi dibandingkan TLV karena metode pengukurannya dan tingkat proteksi yang berbeda.

3. **REL (Recommended Exposure Limits)**

- Ditentukan oleh National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH).
- REL adalah pedoman yang merekomendasikan batas paparan untuk agen berbahaya, dan digunakan untuk mencegah efek kesehatan jangka panjang yang buruk.

- REL biasanya digunakan oleh regulator atau sebagai referensi bagi tempat kerja untuk mengurangi risiko kesehatan.
4. **BEI (Biological Exposure Indices)**
 - Ditentukan oleh ACGIH, BEI mengukur jumlah bahan kimia atau produk dari bahan kimia tersebut yang terakumulasi dalam tubuh pekerja, biasanya diukur melalui urin atau darah.
 - Contoh: pengukuran kadar timbal dalam darah atau kadar merkuri dalam urin untuk mengukur pajanan.

Regulasi yang Mengatur Batas Pajanan

1. **Occupational Safety and Health Administration (OSHA)**
 - OSHA menetapkan PEL untuk lebih dari 500 bahan kimia di tempat kerja, yang diatur dalam 29 CFR 1910.1000.
 - PEL ditetapkan berdasarkan data ilmiah dan bertujuan untuk meminimalkan efek kesehatan jangka panjang dari pajanan bahan berbahaya.
2. **American Conference of Governmental and Industrial Hygienists (ACGIH)**
 - ACGIH merilis dokumen tahunan yang disebut **TLV Booklet**, yang memuat daftar TLV untuk berbagai bahan kimia.
 - ACGIH juga memberikan rekomendasi terkait pengelolaan paparan dan kondisi kerja yang aman.
3. **National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)**
 - NIOSH mengembangkan **REL** dan melakukan riset kesehatan untuk memberikan pedoman dan rekomendasi terkait paparan bahan kimia dan risiko lainnya di tempat kerja.
4. **International Labour Organization (ILO)**
 - ILO menyarankan pedoman internasional untuk pengendalian paparan di tempat kerja dan mengadvokasi standar keselamatan global.
5. **Regulasi Negara Lain**

- Banyak negara memiliki badan regulator yang mirip dengan OSHA, yang bertanggung jawab untuk menetapkan dan menegakkan batas pajanan, seperti:
 - Health and Safety Executive (HSE) di Inggris.
 - Safe Work Australia di Australia.
 - European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA) di Uni Eropa.

Batas Pajanan dan Pengaruhnya pada Kesehatan

Paparan terhadap bahan berbahaya yang melebihi batas yang diizinkan dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, antara lain:

- Efek Akut: Iritasi pada mata, kulit, atau saluran pernapasan, mual, atau pusing.
- Efek Kronis: Penyakit pernapasan (seperti asma), kanker, kerusakan organ (misalnya ginjal atau hati), gangguan saraf, dan lainnya.
- Penyakit Profesional: Seperti silikosis pada pekerja tambang, kanker paru akibat paparan asbes, atau keracunan logam berat.

Dengan menetapkan batas pajanan yang ketat, badan regulator berusaha mengurangi risiko tersebut dan melindungi kesehatan pekerja.

Tujuan Regulasi dan Batas Pajanan

- Melindungi kesehatan pekerja dengan memastikan bahwa paparan terhadap bahan berbahaya tetap di bawah tingkat yang dapat menyebabkan kerusakan.
- Mencegah risiko penyakit jangka panjang yang dapat diakibatkan oleh pajanan berulang.
- Memastikan kepatuhan terhadap regulasi nasional atau internasional yang berlaku mengenai keselamatan kerja.
- Menyediakan panduan dan standar bagi pengusaha dan pekerja dalam mengelola paparan bahan berbahaya di tempat kerja.

SIMPULAN

Karakterisasi paparan di lingkungan dan tempat kerja adalah proses penting untuk memastikan bahwa pekerja

terlindungi dari bahaya yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan. Proses ini mencakup beberapa langkah utama: identifikasi agen bahaya, penentuan jalur pajanan, pengukuran dan pemantauan pajanan, evaluasi risiko, serta pengendalian paparan. Melalui langkah-langkah tersebut, kita dapat memahami bagaimana pekerja terpapar bahaya, seberapa besar risiko yang dihadapi, dan langkah-langkah pengendalian yang perlu diterapkan untuk menjaga keselamatan dan kesehatan mereka.

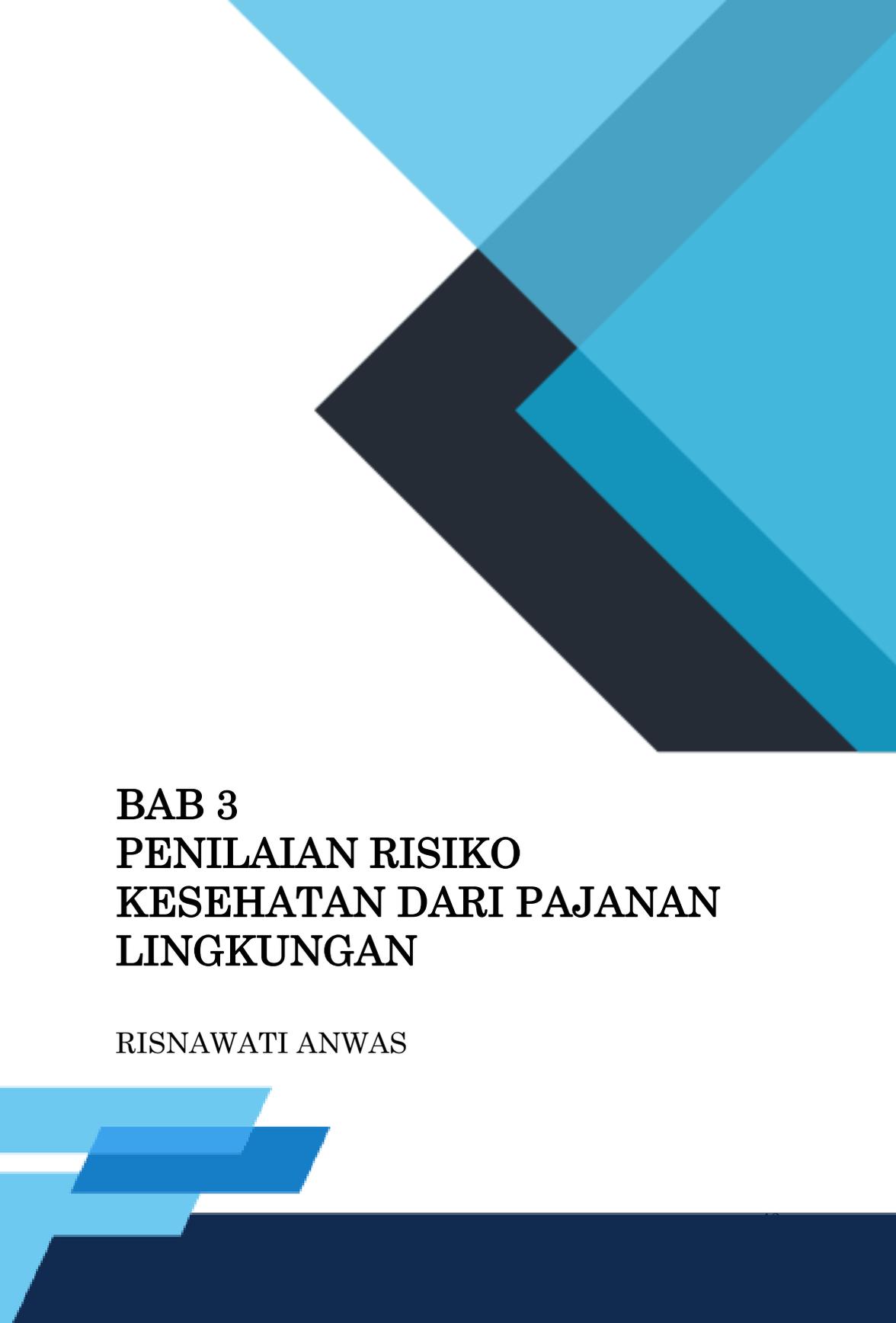
Pentingnya regulasi dan batas pajanan yang ditetapkan oleh lembaga seperti OSHA, NIOSH, ACGIH, dan ILO, juga menjadi landasan dalam pengendalian paparan bahan berbahaya. Dengan mengikuti hierarki kontrol dan standar batas pajanan yang sesuai, risiko terhadap kesehatan pekerja dapat diminimalkan secara signifikan.

Secara keseluruhan, karakterisasi paparan adalah pendekatan yang komprehensif untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman dan sehat, yang mengedepankan pencegahan, pengendalian, dan perlindungan terhadap potensi bahaya di tempat kerja

- Baldwin, D.S. (1982) 'Chronic Abdurrahmat Fathoni (2006) *Metodologi Penelitian dan Teknik Penyusunan Skripsi*. Jakarta: Rineka Cipta.
- ACGIH. (2022). *Threshold Limit Values (TLVs) and Biological Exposure Indices (BEIs)*. American Conference of Governmental Industrial Hygienists.
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). (2022). *Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices*. Cincinnati, OH.
- International Labour Organization (ILO). (2023). *Safety and Health at the Heart of the Future of Work: Building on 100 Years of Experience*. Geneva: ILO.
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). (2021). *Manual of Analytical Methods (NMAM), 5th Edition*. Washington, D.C.: U.S. Department of Health and Human Services.
- NIOSH. (2021). *Elements of Ergonomics Programs*. Washington, D.C.: National Institute for Occupational Safety and Health.
- OSHA. (2021). *Job Hazard Analysis Guide*. Washington, D.C.: Occupational Safety and Health Administration, U.S. Department of Labor.
- Public Health Agency of Canada. (2020). *Pathogen Safety Data Sheets*. Ottawa: Government of Canada.
- Wegman, D. H., & McGee, J. P. (Eds.). (2004). *Health and Safety Needs of Workers Aged 55 and Older*. Washington, D.C.: National Academies Press.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA). (2011). *Exposure Factors Handbook*. National Center for Environmental Assessment.
- World Health Organization (WHO). (2021). *Environmental Health in the Workplace: A Manual for Assessment and Intervention*. Geneva: WHO



Musyahidah Mustakim, S.Tr.Kes. M.K.M, lahir di Ujung Pandang, pada 10 Agustus 1996. Wanita yang kerap disapa Sasda adalah anak pertama dari bapak Drs. Mustakim Hamid dan Ibu Dra. Halvrida Ahmad. Ia tercatat sebagai lulusan Magister Kesehatan Masyarakat dengan fokus pada peminatan K3 di Universitas Hasanuddin Makassar. Kini berkarir sebagai Dosen di salah satu perguruan tinggi di Kota Makassar.



BAB 3
PENILAIAN RISIKO
KESEHATAN DARI PAJANAN
LINGKUNGAN

RISNAWATI ANWAS



PENDAHULUAN

Penilaian risiko kesehatan lingkungan merupakan pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi dan menganalisis potensi bahaya kesehatan yang bersumber dari paparan berbagai agen berbahaya di lingkungan. Proses ini merupakan komponen penting dalam manajemen risiko kesehatan yang memungkinkan para pemangku kepentingan untuk mengambil keputusan berbasis bukti untuk melindungi kesehatan masyarakat dari bahaya lingkungan.

Definisi dan Konsep Dasar

Menurut definisi dari Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat (US EPA), penilaian risiko kesehatan lingkungan adalah "proses evaluasi ilmiah terhadap sifat dan kemungkinan efek buruk kesehatan yang dapat terjadi pada manusia yang terpapar bahaya lingkungan" (US EPA, 2016). Penilaian risiko kesehatan lingkungan mengintegrasikan informasi dari berbagai disiplin ilmu termasuk toksikologi, epidemiologi, kimia lingkungan, dan kesehatan masyarakat untuk menghasilkan estimasi risiko yang komprehensif.

Konsep dasar penilaian risiko kesehatan tidak dapat dipisahkan dari pemahaman hubungan sebab-akibat antara paparan terhadap agen berbahaya dengan dampak kesehatan yang ditimbulkan. Menurut Kolluru et al. (2017), hubungan ini memerlukan pemahaman mendalam tentang karakteristik agen (seperti sifat fisik-kimia dan toksisitas), jalur paparan, durasi

dan intensitas paparan, serta kerentanan populasi yang terpapar.

Sejarah dan Perkembangan Metodologi

Penilaian risiko kesehatan lingkungan bermula dari kebutuhan untuk mengatur zat-zat berbahaya secara sistematis pada akhir abad ke-20. Titik penting dalam perkembangan metodologi penilaian risiko adalah publikasi laporan "*Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process*" oleh National Research Council (NRC) Amerika Serikat pada tahun 1983, yang kemudian dikenal sebagai "Red Book" (NRC, 1983). Laporan ini menetapkan kerangka penilaian risiko empat langkah yang masih menjadi dasar penilaian risiko kesehatan lingkungan hingga saat ini.

Seiring waktu, metodologi penilaian risiko terus berkembang. Achmadi (2013) menyoroti bahwa di Indonesia, adaptasi metodologi Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) mulai diterapkan secara luas dalam studi-studi dampak lingkungan sejak awal tahun 2000-an. Perkembangan terbaru mencakup integrasi pendekatan berbasis biomarker, pemodelan komputasi, dan pertimbangan variabilitas genetik dalam merespons paparan lingkungan (Paustenbach, 2015).

Tujuan dan Manfaat

Tujuan utama penilaian risiko kesehatan lingkungan adalah untuk memberikan dasar ilmiah bagi pengambilan keputusan terkait pengelolaan risiko kesehatan. Menurut World Health Organization (WHO, 2018), penilaian risiko kesehatan lingkungan memiliki beberapa manfaat utama, antara lain:

1. Mengidentifikasi dan memprioritaskan risiko kesehatan lingkungan yang memerlukan intervensi
2. Memberikan informasi tentang tingkat keamanan paparan terhadap agen berbahaya tertentu
3. Mengevaluasi efektivitas intervensi pengendalian risiko kesehatan yang telah dilakukan
4. Mendukung pengembangan standar dan peraturan lingkungan yang berbasis bukti
5. Memfasilitasi komunikasi risiko yang transparan kepada masyarakat

Djafri (2014) menekankan bahwa di negara berkembang seperti Indonesia, penilaian risiko kesehatan lingkungan dapat membantu mengalokasikan sumber daya yang terbatas untuk mengatasi masalah kesehatan lingkungan yang paling signifikan.

Peran dalam Pembuatan Kebijakan

Penilaian risiko kesehatan lingkungan memainkan peran krusial dalam pembuatan kebijakan kesehatan lingkungan dan kerja. Menurut Samet (2018), hasil dari penilaian risiko digunakan untuk menetapkan nilai ambang batas (*threshold limit values*) untuk berbagai kontaminan lingkungan dan tempat kerja. Di Indonesia, Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air dikembangkan berdasarkan pendekatan penilaian risiko kesehatan (Kementerian Kesehatan RI, 2017).

Sukar et al. (2016) menyatakan bahwa integrasi penilaian risiko ke dalam proses analisis mengenai dampak lingkungan (AMDAL) telah meningkatkan kualitas studi AMDAL di Indonesia dengan memberikan perkiraan kuantitatif tentang potensi dampak kesehatan dari proyek pembangunan. Sebagai instrumen kebijakan, penilaian risiko kesehatan lingkungan memfasilitasi pengambilan keputusan berbasis bukti yang mempertimbangkan aspek kesehatan, ekonomi, sosial, dan kelayakan teknis.

Dalam konteks kesehatan kerja, Suma'mur (2014) menjelaskan bahwa penilaian risiko membantu perusahaan untuk mengembangkan program kesehatan dan keselamatan kerja yang efektif dan sesuai dengan karakteristik bahaya di tempat kerja masing-masing.

Metodologi Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)

Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) merupakan pendekatan sistematis untuk mengevaluasi dampak kesehatan yang mungkin timbul akibat paparan berbagai agen berbahaya di lingkungan. Metodologi ini telah menjadi instrumen penting dalam pengambilan keputusan untuk melindungi kesehatan masyarakat dari ancaman lingkungan.

Tahapan ARKL

Secara umum, metodologi ARKL terdiri dari empat tahapan utama yang saling terkait. Menurut Direktorat Jenderal Kesehatan Masyarakat Kementerian Kesehatan RI (2020), keempat tahapan tersebut adalah:

1. Identifikasi Bahaya (*Hazard Identification*)

Identifikasi bahaya merupakan tahap pertama dalam ARKL yang bertujuan untuk mengenali dan mengkonfirmasi adanya agen berbahaya di lingkungan yang berpotensi menimbulkan efek merugikan pada kesehatan manusia. Proses ini melibatkan pengumpulan informasi terkait sifat kimia, fisika, dan biologi dari agen berbahaya, termasuk kemampuannya untuk menimbulkan dampak kesehatan tertentu.

Sumber informasi pada tahap ini dapat berupa studi toksikologi, penelitian epidemiologi, database paparan lingkungan, dan literatur ilmiah terkait (Basri et al., 2014). Dalam konteks Indonesia, data pemantauan kualitas lingkungan dari instansi seperti Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan serta hasil pengujian laboratorium kesehatan daerah seringkali menjadi dasar identifikasi bahaya.

2. Analisis Dosis-Respons (*Dose-Response Assessment*)

Tahap analisis dosis-respons berfokus pada penentuan hubungan kuantitatif antara tingkat paparan (dosis) dan kemungkinan terjadinya efek kesehatan yang merugikan (respons). Pada tahap ini, parameter toksikologi seperti *Reference Dose* (RfD) untuk efek non-karsinogenik dan *Cancer Slope Factor* (CSF) untuk efek karsinogenik ditetapkan berdasarkan studi toksikologi dan epidemiologi.

Rahman et al. (2017) menjelaskan bahwa untuk zat non-karsinogenik, nilai NOAEL (*No Observed Adverse Effect Level*) atau LOAEL (*Lowest Observed Adverse Effect Level*) yang diperoleh dari studi toksikologi dibagi dengan faktor ketidakpastian (*uncertainty factor*) untuk mendapatkan nilai RfD. Sementara untuk zat karsinogenik, metode ekstrapolasi matematika digunakan untuk

mengestimasi risiko pada tingkat pajanan rendah berdasarkan data pajanan tinggi.

3. Penilaian Pajanan (*Exposure Assessment*)

Penilaian pajanan merupakan tahap untuk mengestimasi konsentrasi, besaran, frekuensi, durasi, dan rute pajanan agen berbahaya pada populasi. Tahap ini mengidentifikasi jalur masuknya kontaminan ke dalam tubuh manusia, yang umumnya melalui inhalasi (pernapasan), ingesti (pencernaan), dan absorpsi dermal (kulit).

Perhitungan intake (asupan) kontaminan yang masuk ke dalam tubuh menggunakan persamaan:

$$I = (C \times R \times tE \times fE \times Dt) / (Wb \times tavg)$$

Dimana:

I = Intake (mg/kg/hari)

C = Konsentrasi kontaminan (mg/m³, mg/L)

R = Laju asupan atau kontak

tE = Waktu pajanan (jam/hari)

fE = Frekuensi pajanan (hari/tahun)

Dt = Durasi pajanan (tahun)

Wb = Berat badan (kg)

tavg = Periode waktu rata-rata (hari)

4. Karakterisasi Risiko (*Risk Characterization*)

Karakterisasi risiko adalah tahap akhir yang mengintegrasikan informasi dari tahap-tahap sebelumnya untuk mengestimasi tingkat risiko kesehatan yang ditimbulkan. Untuk zat non-karsinogenik, risiko dinyatakan dalam bentuk *Risk Quotient* (RQ) atau *Hazard Quotient* (HQ), yang merupakan perbandingan antara intake dengan nilai RfD. Jika RQ > 1, risiko dianggap tidak dapat diterima.

$$RQ = I / RfD$$

Untuk zat karsinogenik, risiko dinyatakan sebagai *Excess Cancer Risk* (ECR), yang dihitung dengan mengalikan *intake* dengan *Cancer Slope Factor* (CSF).

$$ECR = I \times CSF$$

Nilai ECR antara 10^{-6} sampai 10^{-4} umumnya dijadikan sebagai rentang risiko yang dapat diterima.

Pendekatan Kuantitatif Dan Kualitatif Dalam ARKL

ARKL dapat dilakukan dengan pendekatan kuantitatif maupun kualitatif, tergantung pada ketersediaan data dan tujuan analisis. Pendekatan kuantitatif menggunakan perhitungan matematis dan model untuk menghasilkan estimasi numerik tingkat risiko, sedangkan pendekatan kualitatif lebih mengandalkan penilaian ahli dan kategorisasi risiko secara deskriptif.

Pengumpulan dan Analisis Data Lingkungan

Keandalan ARKL sangat bergantung pada kualitas data lingkungan yang digunakan. Pengumpulan data meliputi pengukuran konsentrasi kontaminan di berbagai media lingkungan seperti udara, air, tanah, dan pangan. Metode sampling dan analisis laboratorium harus mengikuti standar yang telah ditetapkan untuk memastikan akurasi hasil.

Batasan dan Ketidakpastian

Setiap proses ARKL mengandung ketidakpastian yang perlu diidentifikasi dan dikuantifikasi. Sumber ketidakpastian dapat berasal dari variabilitas data lingkungan, keterbatasan pengetahuan tentang toksisitas zat, perbedaan kerentanan individu, dan asumsi yang digunakan dalam model. Analisis sensitivitas dan pendekatan probabilistik sering digunakan untuk mengkuantifikasi ketidakpastian ini.

PAJANAN LINGKUNGAN DAN JALUR PAPANAN

Pajanan lingkungan merujuk pada proses kontak atau interaksi antara manusia dengan agen berbahaya yang terdapat di lingkungan. Memahami karakteristik pajanan lingkungan

dan jalur paparannya merupakan komponen kritis dalam penilaian risiko kesehatan lingkungan karena menentukan seberapa besar potensi dampak kesehatan yang mungkin timbul.

Identifikasi Sumber Paparan Lingkungan

Sumber paparan lingkungan dapat berasal dari berbagai media seperti udara, air, tanah, dan pangan. Setiap media memiliki karakteristik spesifik terkait jenis kontaminan yang dominan, perilaku kontaminan, dan jalur paparan yang mungkin terjadi.

1. Paparan Melalui Media Udara

Udara merupakan salah satu media utama pembawa kontaminan yang dapat mencapai manusia melalui sistem pernapasan. Menurut Soemirat (2015), kontaminan udara dapat berupa partikulat ($PM_{2.5}$, PM_{10}), gas (SO_2 , NO_2 , CO , O_3), logam berat, dan senyawa organik volatil (VOCs). Sumber kontaminasi udara dapat berasal dari aktivitas industri, transportasi, pembakaran sampah, atau sumber alami seperti letusan gunung berapi.

Di Indonesia, paparan partikulat dari kebakaran hutan dan lahan gambut serta emisi kendaraan bermotor di wilayah perkotaan menjadi perhatian utama karena potensi dampaknya yang signifikan terhadap kesehatan pernapasan. Pengukuran konsentrasi kontaminan udara umumnya menggunakan alat seperti High Volume Air Sampler, Impinger, atau Passive Sampler, tergantung pada jenis kontaminan yang akan dianalisis.

2. Paparan Melalui Media Air

Air mengandung berbagai kontaminan potensial termasuk mikroorganisme patogen, logam berat, residu pestisida, dan senyawa kimia lainnya. Wardani et al. (2019) menjelaskan bahwa di Indonesia, pencemaran air bersumber dari limbah domestik, industri, pertanian dan pertambangan yang dapat mencemari sumber air minum, air tanah, dan air permukaan.

Paparan melalui air dapat terjadi melalui konsumsi air minum, penggunaan air untuk keperluan domestik (mandi, mencuci), atau kontak selama rekreasi air

(berenang, memancing). Kontaminan dalam air dapat menyebabkan penyakit infeksi seperti diare dan kolera, serta efek kronis seperti keracunan logam berat atau kanker dari senyawa karsinogenik.

3. Paparan Melalui Media Tanah

Kontaminan dalam tanah dapat berasal dari penggunaan pestisida dan pupuk di lahan pertanian, pembuangan limbah industri, penambangan, dan deposisi atmosferik. Kontaminan seperti logam berat, hidrokarbon aromatik polisiklik (PAHs), dan pestisida dapat terakumulasi dalam tanah dalam jangka waktu yang lama.

Paparan terhadap kontaminan tanah dapat terjadi melalui konsumsi tanaman yang ditanam pada tanah tercemar, kontak dermal langsung, atau inhalasi debu tanah yang tercemar. Anak-anak memiliki risiko lebih tinggi untuk terpapar kontaminan tanah karena perilaku mereka seperti bermain di tanah dan kebiasaan memasukkan tangan atau benda ke mulut.

4. Paparan Melalui Pangan

Kontaminan dalam pangan dapat berasal dari berbagai sumber, termasuk penggunaan pestisida dalam pertanian, bioakumulasi kontaminan dalam rantai makanan, kontaminasi mikroba, dan penggunaan bahan tambahan pangan yang tidak sesuai. Azhari et al. (2020) menemukan bahwa residu pestisida, logam berat, dan aflatoksin merupakan kontaminan pangan yang sering ditemukan di Indonesia.

Paparan melalui pangan dapat menyebabkan efek akut seperti keracunan makanan atau efek kronis seperti gangguan sistem endokrin, kanker, dan gangguan perkembangan.

Mekanisme dan Jalur Paparan Kontaminan

Kontaminan lingkungan dapat memasuki tubuh manusia melalui tiga jalur utama:

1. Inhalasi (pernapasan): Kontaminan dalam udara masuk ke sistem pernapasan melalui hidung atau mulut dan dapat diserap oleh paru-paru atau menyebabkan efek langsung pada saluran pernapasan

2. Ingesti (pencernaan): Kontaminan tertelan dan masuk ke sistem pencernaan melalui makanan, minuman, atau aktivitas tangan ke mulut.
3. Absorpsi dermal (kulit): Kontaminan diserap melalui kulit, terutama untuk kontaminan yang larut dalam lemak atau senyawa yang dirancang untuk penetrasi kulit.

Jalur paparan ini dapat terjadi secara simultan dan terintegrasi dalam aktivitas sehari-hari. Misalnya, saat mandi dengan air yang tercemar, seseorang dapat terpapar kontaminan melalui inhalasi uap air, ingesti air yang tidak sengaja tertelan, dan absorpsi melalui kulit.

Metode Pengukuran dan Pemantauan Paparan Lingkungan

Pengukuran paparan lingkungan dapat dilakukan melalui pendekatan langsung dan tidak langsung:

1. Pengukuran lingkungan: Mengukur konsentrasi kontaminan di berbagai media lingkungan (udara, air, tanah, pangan) menggunakan metode sampling dan analisis laboratorium yang terstandarisasi.
2. Pemantauan biologis (biomonitoring): Mengukur konsentrasi kontaminan atau metabolitnya dalam spesimen biologis seperti darah, urin, rambut, atau kuku untuk menilai paparan internal.
3. Pemodelan paparan: Menggunakan model matematika untuk mengestimasi paparan berdasarkan data aktivitas, pola penggunaan produk, dan konsentrasi kontaminan di lingkungan.

Populasi Rentan dan Faktor yang Mempengaruhi Tingkat Paparan

Beberapa kelompok populasi memiliki kerentanan lebih tinggi terhadap paparan kontaminan lingkungan:

1. Anak-anak: Memiliki laju pernapasan dan konsumsi makanan per berat badan yang lebih tinggi, sistem detoksifikasi yang belum matang, dan perilaku yang meningkatkan risiko paparan.

2. Ibu hamil dan janin: Kontaminan tertentu dapat melewati plasenta dan mempengaruhi perkembangan janin.
3. Lansia: Sistem imun dan mekanisme detoksifikasi yang menurun.
4. Penderita penyakit kronis: Kondisi kesehatan yang sudah ada sebelumnya dapat meningkatkan kerentanan terhadap efek kontaminan.
5. Pekerja: Kelompok dengan pajanan okupasional terhadap kontaminan dalam konsentrasi yang lebih tinggi atau durasi yang lebih lama.

Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat pajanan meliputi karakteristik fisik-kimia kontaminan, pola aktivitas, kondisi lingkungan, praktik personal hygiene, status sosial ekonomi, dan penggunaan alat pelindung diri.

KARAKTERISASI RISIKO DAN PENENTUAN DAMPAK KESEHATAN

Karakterisasi risiko merupakan tahap puncak dalam proses penilaian risiko kesehatan lingkungan yang mengintegrasikan informasi dari tahap identifikasi bahaya, analisis dosis-respons, dan penilaian pajanan. Tahap ini menghasilkan estimasi kuantitatif atau kualitatif tentang probabilitas dan tingkat keparahan efek kesehatan yang mungkin timbul akibat pajanan terhadap kontaminan lingkungan pada populasi tertentu.

Perhitungan Estimasi Risiko

Karakterisasi risiko dapat dibedakan menjadi dua pendekatan utama berdasarkan jenis efek kesehatan yang ditimbulkan oleh kontaminan, yaitu risiko non-karsinogenik dan risiko karsinogenik.

Risiko Non-Karsinogenik

Risiko non-karsinogenik merupakan efek kesehatan selain kanker yang memiliki ambang batas (*threshold*), artinya efek tersebut baru akan muncul pada dosis tertentu. Menurut Mukono (2016), risiko non-karsinogenik diukur dengan *Risk Quotient* (RQ) atau *Hazard Quotient* (HQ) yang

merupakan perbandingan antara asupan (*intake*) kontaminan dengan dosis referensi (*Reference Dose* atau RfD):

$$\mathbf{RQ = Intake / RfD}$$

Dimana:

- RQ adalah *Risk Quotient* (tanpa satuan)
- Intake adalah asupan harian kontaminan (mg/kg/hari)
- RfD adalah dosis referensi (mg/kg/hari)

Nilai RQ atau HQ dibawah 1 menunjukkan risiko yang dapat diterima, sementara nilai di atas 1 mengindikasikan potensi risiko kesehatan yang memerlukan tindakan pengendalian.

Untuk pajanan terhadap beberapa kontaminan secara bersamaan, *Hazard Index* (HI) digunakan untuk mengevaluasi efek gabungan dengan menjumlahkan seluruh nilai HQ:

$$\mathbf{HI = HQ_1 + HQ_2 + \dots + HQ_n}$$

Risiko Karsinogenik

Risiko karsinogenik mengacu pada potensi suatu kontaminan untuk menyebabkan kanker. Berbeda dengan risiko non-karsinogenik, risiko karsinogenik diasumsikan tidak memiliki ambang batas, yang berarti setiap pajanan, sekecil apapun, memiliki potensi untuk menyebabkan kanker.

Risiko karsinogenik dihitung sebagai *Excess Cancer Risk* (ECR) yang merupakan hasil perkalian antara asupan kontaminan sepanjang hidup (*Lifetime Average Daily Dose* atau LADD) dengan faktor kemiringan kanker (*Cancer Slope Factor* atau CSF):

$$\mathbf{ECR = LADD \times CSF}$$

Dimana:

- ECR adalah *Excess Cancer Risk* (probabilitas)
- LADD adalah *Lifetime Average Daily Dose* (mg/kg/hari)
- CSF adalah *Cancer Slope Factor* (kg-hari/mg)

Menurut Direktorat PP dan PL Kementerian Kesehatan RI (2012), nilai ECR antara 10^{-6} hingga 10^{-4} (atau 1 kasus kanker tambahan dalam 1.000.000 hingga 10.000 orang) umumnya dianggap sebagai tingkat risiko yang dapat diterima, meskipun nilai ini dapat bervariasi tergantung kebijakan dan konteks spesifik.

Interpretasi Hasil Penilaian Risiko

Interpretasi hasil karakterisasi risiko memerlukan pemahaman tentang ketidakpastian (*uncertainty*) dan variabilitas yang melekat dalam proses penilaian risiko. Ketidakpastian dapat berasal dari kurangnya data, asumsi model, atau pengetahuan ilmiah yang terbatas. Sementara variabilitas mencerminkan heterogenitas alami dalam populasi, seperti perbedaan kerentanan individu, pola aktivitas, dan faktor genetik.

Dalam menginterpretasikan hasil penilaian risiko, perlu dipertimbangkan:

1. Kekuatan bukti ilmiah yang mendasari penilaian
2. Tingkat kepercayaan terhadap estimasi risiko
3. Konteks sosial-ekonomi dan budaya
4. Persepsi risiko masyarakat
5. Ketersediaan dan kelayakan tindakan mitigasi

Metode Penentuan Dampak Kesehatan dari Paparan Lingkungan

Dampak kesehatan dari paparan lingkungan dapat ditentukan melalui beberapa pendekatan yang saling melengkapi:

1. Studi Epidemiologi

Studi epidemiologi menyelidiki hubungan antara paparan lingkungan dengan kejadian penyakit pada populasi. Beberapa desain studi yang umum digunakan meliputi:

- Studi kohort: Mengikuti kelompok individu yang terpapar dan tidak terpapar kontaminan tertentu untuk membandingkan kejadian penyakit.

- Studi kasus-kontrol: Membandingkan riwayat pajanan antara kelompok yang mengalami penyakit (kasus) dengan kelompok yang tidak (kontrol).
- Studi potong lintang: Mengukur pajanan dan status kesehatan pada waktu yang bersamaan.

2. Evaluasi Biomarker

Biomarker merupakan indikator biologis yang menunjukkan adanya pajanan (biomarker pajanan), efek biologis awal (biomarker efek), atau kerentanan individu (biomarker kerentanan). Menurut Budiyo et al. (2018), biomarker dapat digunakan untuk:

- Mengkonfirmasi dan mengkuantifikasi pajanan
- Mendeteksi perubahan biologis sebelum gejala klinis muncul
- Mengidentifikasi individu yang berisiko tinggi
- Memprediksi prognosis penyakit

3. Kajian Kesehatan Lingkungan Cepat (*Rapid Environmental Health Assessment*)

Metode ini digunakan untuk menilai dampak kesehatan secara cepat dalam situasi darurat atau saat ketersediaan data terbatas. Pendekatan ini menggabungkan data lingkungan, survei kesehatan masyarakat, dan penilaian expert untuk menghasilkan estimasi dampak kesehatan yang cepat dan praktis.

Studi Kasus Penilaian Risiko Kesehatan Lingkungan di Indonesia

Indonesia telah melaksanakan berbagai studi penilaian risiko kesehatan lingkungan untuk mengevaluasi dampak kesehatan dari berbagai kontaminan. Salah satu contoh adalah studi yang dilakukan oleh Pamungkas et al. (2016) yang mengevaluasi risiko kesehatan dari pajanan timbal (Pb) pada pekerja bengkel di Yogyakarta. Studi ini menemukan bahwa sejumlah pekerja bengkel memiliki nilai HQ>1, yang mengindikasikan adanya risiko kesehatan non-karsinogenik dari pajanan timbal.

Studi lain yang dilakukan di kawasan industri Kota Cilegon mengevaluasi risiko kesehatan dari paparan SO_2 dan PM_{10} pada masyarakat sekitar. Hasil karakterisasi risiko menunjukkan bahwa paparan jangka panjang terhadap kontaminan tersebut berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan pernapasan, terutama pada kelompok rentan seperti anak-anak dan lansia.

Penilaian risiko kesehatan lingkungan di Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan, termasuk keterbatasan data pemantauan lingkungan yang komprehensif, kurangnya nilai dosis referensi yang spesifik untuk populasi Indonesia, dan terbatasnya integrasi hasil penilaian risiko ke dalam kebijakan kesehatan lingkungan

- Baldwin, D.S. (1982) 'Chronic Achmadi, U. F. (2013). Dasar-dasar Penyakit Berbasis Lingkungan. Jakarta: Rajawali Press.
- Azhari, M.H., Zainal, P.N.B. & Halim, A.L.A. 2020, 'Risiko Kesehatan Lingkungan dari Kontaminan Pangan di Indonesia: Tinjauan Sistematis', *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, vol. 19, no. 1, hh. 49-57.
- Basri, S., Bujawati, E. & Amansyah, M. 2014, 'Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (Model Pengukuran Risiko Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan)', *Al-Sihah: Public Health Science Journal*, vol. 6, no. 2, hh. 35-45.
- Budiyono, B., Haryanto, B., Sonny, H.F. & Suhartono, S. 2018, 'Biomarker Sebagai Alat Deteksi Dampak Pencemaran Timbal Pada Pekerja Industri', *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, vol. 17, no. 2, hh. 126-133.
- Direktorat Jenderal Kesehatan Masyarakat Kementerian Kesehatan RI 2020, *Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)*, Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, Jakarta.
- Direktorat PP dan PL Kementerian Kesehatan RI 2012, *Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan*, Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, Jakarta.
- Djafri, D. (2014). Prinsip dan Metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan. Jurnal Kesehatan Masyarakat Andalas, 8(2), 100-104.
- Kementerian Kesehatan RI. (2017). Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI.
- Kolluru, R. V., Bartell, S. M., Pitblado, R. M., & Stricoff, R. S. (2017). Risk Assessment and Management Handbook: For Environmental, Health, and Safety Professionals. New York: McGraw-Hill.
- Mukono, H.J. 2016, *Prinsip Dasar Kesehatan Lingkungan*, Airlangga University Press, Surabaya.

- National Research Council. (1983). Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process. Washington, DC: National Academy Press.
- Pamungkas, A.D., Wirjatmadi, B. & Martini, S. 2016, 'Analisis Risiko Kesehatan Paparan Timbal (Pb) pada Pekerja Bengkel di Yogyakarta', **Jurnal Kesehatan Lingkungan**, vol. 8, no. 2, hh. 178-187.
- Paustenbach, D. J. (2015). Human and Ecological Risk Assessment: Theory and Practice. New York: John Wiley & Sons.
- Rahman, A., Nukman, A., Setyadi, S., Akib, C.R., Sofwan, S. & Jarot, S. 2017, **Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Pertambangan Kapur di Sukabumi, Cirebon, Tegal, Jepara dan Tulung Agung**, *Jurnal Ekologi Kesehatan*, vol. 7, no. 1, hh. 665-677.
- Samet, J. M. (2018). Risk Assessment and Environmental Health Policy. In W. N. Rom & S. D. Markowitz (Eds.), *Environmental and Occupational Medicine* (5th ed., pp. 1601-1611). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Soemirat, J. 2015, **Toksikologi Lingkungan**, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Sukar, S., Athena, A., & Hananto, M. (2016). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan dari Pencemaran Udara di Jakarta, Indonesia. *Jurnal Ekologi Kesehatan*, 15(2), 87-99.
- Suma'mur, P. K. (2014). Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja. Jakarta: Sagung Seto.
- US EPA. (2016). Guidelines for Human Exposure Assessment. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency.
- Wardani, N.K., Emelda, A. & Sihaloho, M. 2019, 'Analisis Kualitas Air dan Risiko Kesehatan Masyarakat Sekitar Sungai Ciliwung Jakarta', **Media Kesehatan Masyarakat Indonesia**, vol. 15, no. 2, hh. 109-116.
- World Health Organization. (2018). WHO Human Health Risk Assessment Toolkit: Chemical Hazards. Geneva: WHO Press.



Risnawati Anwas, Penulis lahir di Tombolo (Kab. Gowa) pada tanggal 25 September 1988. Penulis merupakan dosen tetap pada Program Studi Diploma IV Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), kampus Politeknik Indonesia (POLINDO) Makassar. Menyelesaikan Pendidikan S1 pada Jurusan Kesehatan Masyarakat, peminatan Kesehatan Lingkungan UIN Alauddin Makassar dan melanjutkan Pendidikan S2 pada Jurusan Kesehatan Masyarakat Program Studi Kesehatan Lingkungan UNHAS Makassar. Saat ini, penulis menekuni bidang kesehatan lingkungan dan K3 khususnya di sektor industri dan konstruksi



BAB 4
PENILAIAN RISIKO
KESEHATAN DI LINGKUNGAN
KERJA

ANTONIUS BUDI TRIANTO



PENDAHULUAN

Penilaian risiko kesehatan di lingkungan kerja merupakan proses sistematis untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengevaluasi potensi bahaya yang dapat mempengaruhi kesehatan pekerja. Proses ini menjadi fondasi utama dalam upaya pencegahan penyakit akibat kerja dan penciptaan lingkungan kerja yang aman dan sehat. Dalam konteks kesehatan dan keselamatan kerja, penilaian risiko kesehatan berperan sebagai instrumen preventif yang memungkinkan organisasi mengantisipasi dan mengendalikan risiko sebelum menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan pekerja.

Konsep Dasar Penilaian Risiko Kesehatan

Penilaian risiko kesehatan pada dasarnya mencakup serangkaian langkah sistematis yang terdiri dari identifikasi bahaya, karakterisasi bahaya, evaluasi paparan, dan karakterisasi risiko (Alli, 2008). Identifikasi bahaya melibatkan pengenalan berbagai faktor yang berpotensi membahayakan kesehatan pekerja, termasuk bahan kimia, fisik, biologis, dan faktor psikososial. Karakterisasi bahaya mengkaji sifat dan tingkat keparahan efek kesehatan yang mungkin timbul. Evaluasi paparan menilai intensitas dan durasi kontak pekerja dengan bahaya, sedangkan karakterisasi risiko mengintegrasikan informasi dari tahap-tahap sebelumnya untuk menentukan tingkat risiko kesehatan.

Melalui pendekatan yang komprehensif, penilaian risiko kesehatan tidak hanya mengidentifikasi potensi bahaya tetapi

juga mempertimbangkan berbagai faktor seperti kekerapan dan durasi paparan, kerentanan individu, dan kemungkinan efek sinergis dari berbagai jenis paparan. Pendekatan holistik ini memungkinkan organisasi mengembangkan strategi pengendalian risiko yang lebih efektif dan proporsional.

Pentingnya Penilaian Risiko di Lingkungan Kerja

Penilaian risiko kesehatan menjadi semakin penting dalam konteks lingkungan kerja modern yang terus berubah. Teknologi baru, proses produksi, dan bahan kimia baru terus diperkenalkan ke dalam tempat kerja, menciptakan potensi bahaya yang sebelumnya tidak dikenal. Pada saat yang sama, pemahaman ilmiah tentang dampak paparan jangka panjang terhadap kesehatan pekerja terus berkembang, menyoroti pentingnya pendekatan pencegahan.

Schilling (2016) menekankan bahwa penilaian risiko kesehatan harus dilihat sebagai proses berkesinambungan daripada kegiatan sekali waktu. Ini mencerminkan realitas bahwa risiko kesehatan di tempat kerja bersifat dinamis dan dapat berubah seiring waktu. Dengan melakukan penilaian risiko secara berkala, organisasi dapat mengidentifikasi tren dan pola yang mungkin tidak terdeteksi melalui pendekatan statis. Lebih lanjut, penilaian risiko yang efektif juga memungkinkan alokasi sumber daya yang lebih efisien dengan memprioritaskan risiko yang paling signifikan.

Regulasi dan Standar Terkait

Di banyak negara, penilaian risiko kesehatan di tempat kerja merupakan persyaratan hukum. Di Indonesia, Undang-Undang No. 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja dan Peraturan Menteri Ketenagakerjaan No. 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja menjadi landasan hukum utama. Peraturan ini mewajibkan pengusaha untuk mengidentifikasi, menilai, dan mengendalikan risiko kesehatan di tempat kerja sebagai bagian dari kewajiban umum untuk menyediakan lingkungan kerja yang aman.

Secara internasional, standar seperti ISO 45001 tentang Sistem Manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja memberikan kerangka kerja untuk penilaian risiko kesehatan yang sistematis. Organisasi Perburuhan Internasional (ILO) juga telah mengembangkan pedoman tentang penilaian risiko

kesehatan yang dapat diadopsi oleh organisasi di berbagai konteks dan skala.

Tujuan dan Manfaat Penilaian Risiko Kesehatan

Tujuan utama penilaian risiko kesehatan adalah memastikan bahwa semua bahaya kesehatan potensial diidentifikasi dan dikendalikan secara efektif. Menurut World Health Organization (WHO), penilaian risiko kesehatan yang efektif dapat mengurangi kecelakaan kerja hingga 50% dan penyakit akibat kerja hingga 40% (WHO, 2017).

Selain manfaat langsung dalam melindungi kesehatan pekerja, penilaian risiko kesehatan juga memberikan berbagai manfaat tidak langsung. Ini termasuk peningkatan produktivitas melalui pengurangan absensi dan turnover pekerja, penghematan biaya terkait dengan perawatan kesehatan dan kompensasi pekerja, serta peningkatan reputasi organisasi sebagai pemberi kerja yang bertanggung jawab. Pendekatan proaktif terhadap kesehatan pekerja juga dapat meningkatkan moral dan keterlibatan karyawan, serta membantu organisasi mematuhi persyaratan hukum dan peraturan yang berlaku.

Dalam konteks pembangunan berkelanjutan, penilaian risiko kesehatan juga berkontribusi pada pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya SDG 3 (Kesehatan dan Kesejahteraan) dan SDG 8 (Pekerjaan Layak dan Pertumbuhan Ekonomi). Dengan demikian, penilaian risiko kesehatan tidak hanya melindungi individu tetapi juga mendukung kesejahteraan masyarakat secara luas.

IDENTIFIKASI BAHAYA DI LINGKUNGAN KERJA

Identifikasi bahaya merupakan langkah awal dan krusial dalam proses penilaian risiko kesehatan di lingkungan kerja. Tahap ini melibatkan pengenalan sistematis terhadap faktor-faktor yang berpotensi membahayakan kesehatan pekerja. Proses identifikasi bahaya yang menyeluruh dan akurat menjadi fondasi bagi keseluruhan proses penilaian risiko kesehatan, karena bahaya yang tidak teridentifikasi tidak dapat dievaluasi atau dikendalikan.

Kategori Bahaya di Lingkungan Kerja

Bahaya kesehatan di tempat kerja dapat dikategorikan ke dalam lima kelompok utama berdasarkan sifat dan karakteristiknya. Menurut Levy et al. (2018), kategori bahaya kesehatan meliputi bahaya fisik, kimia, biologis, ergonomis, dan psikososial.

Bahaya fisik mencakup faktor-faktor seperti kebisingan, getaran, radiasi, suhu ekstrem, dan pencahayaan yang tidak adekuat. Paparan jangka panjang terhadap bahaya fisik dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan seperti kehilangan pendengaran akibat kebisingan (Noise-Induced Hearing Loss/NIHL), gangguan muskuloskeletal akibat getaran, dan penyakit akibat radiasi.

Bahaya kimia meliputi berbagai zat seperti debu, asap, uap, gas, dan bahan kimia dalam bentuk cairan atau padat. Bahaya kimia dapat masuk ke dalam tubuh melalui inhalasi, absorpsi kulit, atau ingesti, dan dapat menyebabkan berbagai efek kesehatan mulai dari iritasi ringan hingga penyakit serius seperti kanker dan kerusakan organ.

Bahaya biologis terdiri dari mikroorganisme patogen seperti bakteri, virus, jamur, dan parasit yang dapat menyebabkan infeksi atau reaksi alergi. Pekerja di sektor kesehatan, pertanian, pengolahan makanan, dan pengelolaan limbah memiliki risiko tinggi terpapar bahaya biologis.

Bahaya ergonomis berkaitan dengan ketidaksesuaian antara pekerja dan lingkungan atau peralatan kerjanya. Ini mencakup postur kerja yang buruk, gerakan berulang, penanganan manual material, dan desain tempat kerja yang tidak ergonomis yang dapat menyebabkan gangguan muskuloskeletal.

Bahaya psikososial meliputi faktor-faktor seperti stres kerja, beban kerja berlebihan, intimidasi, kekerasan di tempat kerja, dan kurangnya dukungan sosial. Bahaya psikososial dapat memengaruhi kesehatan mental dan fisik pekerja serta berkontribusi pada berbagai gangguan kesehatan seperti depresi, kecemasan, dan penyakit kardiovaskular.

Metode Identifikasi Bahaya

Berbagai metode dapat digunakan untuk mengidentifikasi bahaya di tempat kerja. Menurut Reesal et al.

(2019), pendekatan komprehensif untuk identifikasi bahaya sebaiknya menggabungkan beberapa metode untuk memastikan bahwa semua bahaya potensial teridentifikasi.

Observasi langsung di tempat kerja merupakan metode paling umum untuk mengidentifikasi bahaya. Ini melibatkan inspeksi sistematis terhadap area kerja, proses, dan peralatan untuk mengidentifikasi kondisi dan praktik yang berpotensi berbahaya. Inspeksi dapat dilakukan secara terjadwal atau tidak terjadwal, dan dapat difokuskan pada area atau proses tertentu.

Wawancara dengan pekerja menyediakan wawasan berharga tentang bahaya yang mungkin tidak terdeteksi melalui observasi langsung. Pekerja yang melakukan tugas tertentu setiap hari memiliki pemahaman mendalam tentang risiko terkait dengan pekerjaan mereka dan dapat mengidentifikasi bahaya yang mungkin tidak terlihat oleh pengamat eksternal.

Analisis tugas atau pekerjaan melibatkan pemeriksaan sistematis terhadap tugas-tugas spesifik untuk mengidentifikasi bahaya terkait. Metode ini berguna terutama untuk tugas kompleks dengan berbagai langkah dan subtask.

Peninjauan catatan juga dapat memberikan informasi berharga tentang bahaya di tempat kerja. Catatan kecelakaan dan insiden, laporan medis, dan data pengawasan kesehatan dapat menunjukkan pola dan tren yang membantu mengidentifikasi bahaya.

Teknik Pengumpulan Data Hazard

Pengumpulan data hazard dapat dilakukan menggunakan berbagai teknik dan alat. Checklist adalah alat sederhana namun efektif untuk identifikasi bahaya, terutama untuk bahaya yang umum dan dapat diprediksi. Checklist memastikan bahwa tidak ada bahaya yang terlewatkan selama inspeksi.

Pengukuran teknis menggunakan peralatan khusus seperti sound level meter untuk mengukur kebisingan, monitor kualitas udara untuk mengukur kontaminan udara, dan alat ukur radiasi untuk mendeteksi radiasi. Pengukuran ini memberikan data kuantitatif yang penting untuk evaluasi risiko.

Goetsch (2019) menekankan pentingnya pendekatan partisipatif dalam identifikasi bahaya. Metode seperti Job Safety Analysis (JSA) dan Hazard and Operability Study (HAZOP) melibatkan tim multidisiplin termasuk pekerja, supervisor, dan spesialis keselamatan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi bahaya terkait dengan tugas atau proses spesifik.

Penentuan Prioritas Bahaya Kesehatan

Setelah identifikasi bahaya, langkah selanjutnya adalah menentukan prioritas bahaya kesehatan berdasarkan tingkat risiko yang ditimbulkan. Faktor-faktor yang dipertimbangkan dalam menentukan prioritas termasuk keparahan potensial dampak kesehatan, frekuensi dan durasi paparan, serta jumlah pekerja yang terkena dampak.

Matriks risiko sering digunakan untuk menentukan prioritas bahaya berdasarkan kombinasi kemungkinan dan konsekuensi. Bahaya dengan kemungkinan tinggi dan konsekuensi parah diberi prioritas tertinggi untuk evaluasi dan kontrol lebih lanjut.

ANALISIS DAN EVALUASI RISIKO KESEHATAN

Setelah mengidentifikasi bahaya potensial di lingkungan kerja, langkah selanjutnya dalam proses penilaian risiko kesehatan adalah melakukan analisis dan evaluasi risiko secara sistematis. Tahap ini merupakan titik kritis yang menghubungkan identifikasi bahaya dengan tindakan pengendalian yang tepat. Analisis dan evaluasi risiko memberikan dasar ilmiah dan objektif bagi pengambilan keputusan tentang prioritas dan strategi pengendalian risiko kesehatan.

Pendekatan Kualitatif dan Kuantitatif dalam Analisis Risiko

Analisis risiko kesehatan dapat dilakukan melalui pendekatan kualitatif, kuantitatif, atau kombinasi keduanya. Menurut Kim et al. (2016), pemilihan pendekatan yang tepat bergantung pada sifat bahaya, ketersediaan data, sumber daya yang tersedia, dan tujuan penilaian risiko.

Pendekatan kualitatif umumnya bergantung pada penilaian subyektif dari ahli dan pengalaman historis untuk mengevaluasi risiko. Metode umum dalam pendekatan

kualitatif termasuk matriks risiko yang mengkategorikan kemungkinan (likelihood) dan keparahan (severity) menggunakan kategori seperti rendah, sedang, dan tinggi. Meskipun metode ini relatif sederhana dan cepat untuk diterapkan, hasil penilaiannya dapat bervariasi bergantung pada pengalaman dan pengetahuan penilai.

Pendekatan kuantitatif, di sisi lain, melibatkan penggunaan data numerik dan model matematis untuk mengevaluasi risiko. Metode ini mencakup analisis statistik data historis, pemodelan paparan, dan analisis dosis-respon. Menurut Paustenbach (2015), pendekatan kuantitatif memberikan hasil yang lebih objektif dan dapat direproduksi, tetapi memerlukan data yang memadai dan keahlian teknis untuk implementasi yang efektif.

Kombinasi pendekatan kualitatif dan kuantitatif sering kali menghasilkan penilaian risiko yang paling komprehensif dan bermanfaat. Pendekatan semi-kuantitatif, misalnya, menggunakan skala numerik untuk mengevaluasi kemungkinan dan keparahan, sehingga memungkinkan perbandingan risiko yang lebih objektif sambil tetap praktis untuk diimplementasikan.

Penilaian Tingkat Paparan

Penilaian tingkat paparan merupakan komponen penting dalam analisis risiko kesehatan. Penilaian ini melibatkan karakterisasi intensitas, frekuensi, dan durasi kontak pekerja dengan bahaya. Metode penilaian paparan bervariasi tergantung pada jenis bahaya.

Untuk bahaya kimiawi, penilaian paparan dapat dilakukan melalui pemantauan udara area atau pemantauan personal, analisis biomarker dalam spesimen biologis pekerja (seperti darah atau urin), atau menggunakan model paparan matematika. Pemantauan personal, yang melibatkan perangkat sampling yang dikenakan oleh pekerja, umumnya memberikan estimasi paparan yang lebih akurat dibandingkan pemantauan area.

Untuk bahaya fisik seperti kebisingan atau radiasi, instrumen pengukuran khusus digunakan untuk mengukur intensitas dan durasi paparan. Dosimeter dapat digunakan

untuk mengukur dosis kumulatif selama periode waktu tertentu.

Brocal et al. (2019) menekankan pentingnya strategi sampling yang representatif dalam penilaian paparan. Faktor-faktor seperti variabilitas temporal dan spasial dalam konsentrasi kontaminan, perbedaan dalam praktik kerja individual, dan variasi dalam durasi tugas harus dipertimbangkan dalam desain strategi sampling.

Penetapan Nilai Ambang Batas

Nilai ambang batas (threshold limit values) merupakan tingkat paparan maksimum yang dianggap aman bagi mayoritas pekerja. Nilai-nilai ini biasanya ditetapkan oleh badan regulasi atau organisasi profesional berdasarkan bukti ilmiah terkini. Beberapa standar nilai ambang batas yang umum digunakan termasuk Threshold Limit Values (TLVs) yang ditetapkan oleh American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Permissible Exposure Limits (PELs) dari Occupational Safety and Health Administration (OSHA), dan Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Kimia di Tempat Kerja yang ditetapkan dalam regulasi nasional.

Perlu dicatat bahwa nilai ambang batas ini umumnya ditetapkan untuk melindungi pekerja rata-rata dari efek kesehatan yang merugikan, namun tidak menjamin perlindungan bagi semua individu. Beberapa pekerja mungkin mengalami efek kesehatan yang merugikan pada tingkat paparan di bawah nilai ambang batas karena variasi dalam kerentanan individu.

Penentuan Tingkat Risiko dan Signifikansinya

Tingkat risiko umumnya ditentukan berdasarkan kombinasi antara kemungkinan (likelihood) terjadinya bahaya dan keparahan (severity) potensi konsekuensinya. Konsep ini sering divisualisasikan dalam bentuk matriks risiko, di mana kemungkinan dan keparahan ditempatkan pada sumbu matriks, dan tingkat risiko (rendah, sedang, tinggi, atau ekstrem) ditentukan oleh sel di mana kemungkinan dan keparahan berpotongan.

Gardner dan Ferson (2021) menjelaskan bahwa penentuan signifikansi risiko melibatkan pertimbangan tidak

hanya terhadap tingkat risiko tetapi juga faktor-faktor seperti persyaratan regulasi, ketersediaan teknologi pengendalian, pertimbangan ekonomi, dan persepsi publik. Risiko yang dianggap signifikan memerlukan tindakan pengendalian prioritas tinggi.

Evaluasi ketidakpastian merupakan aspek penting dalam penentuan signifikansi risiko. Ketidakpastian dapat berasal dari variabilitas dalam data, keterbatasan pengetahuan ilmiah tentang hubungan dosis-respon, dan asumsi yang digunakan dalam model penilaian risiko. Analisis sensitivitas dan ketidakpastian dapat membantu mengkarakterisasi tingkat kepercayaan dalam hasil penilaian risiko dan mengidentifikasi area di mana informasi tambahan diperlukan.

ANALISIS DAN EVALUASI RISIKO KESEHATAN

Setelah mengidentifikasi bahaya potensial di lingkungan kerja, langkah selanjutnya dalam proses penilaian risiko kesehatan adalah melakukan analisis dan evaluasi risiko secara sistematis. Tahap ini merupakan titik kritis yang menghubungkan identifikasi bahaya dengan tindakan pengendalian yang tepat. Analisis dan evaluasi risiko memberikan dasar ilmiah dan objektif bagi pengambilan keputusan tentang prioritas dan strategi pengendalian risiko kesehatan.

Pendekatan Kualitatif dan Kuantitatif dalam Analisis Risiko

Analisis risiko kesehatan dapat dilakukan melalui pendekatan kualitatif, kuantitatif, atau kombinasi keduanya. Menurut Kim et al. (2016), pemilihan pendekatan yang tepat bergantung pada sifat bahaya, ketersediaan data, sumber daya yang tersedia, dan tujuan penilaian risiko.

Pendekatan kualitatif umumnya bergantung pada penilaian subyektif dari ahli dan pengalaman historis untuk mengevaluasi risiko. Metode umum dalam pendekatan kualitatif termasuk matriks risiko yang mengkategorikan kemungkinan (likelihood) dan keparahan (severity) menggunakan kategori seperti rendah, sedang, dan tinggi. Meskipun metode ini relatif sederhana dan cepat untuk diterapkan, hasil penilaiannya dapat bervariasi bergantung pada pengalaman dan pengetahuan penilai.

Pendekatan kuantitatif, di sisi lain, melibatkan penggunaan data numerik dan model matematis untuk mengevaluasi risiko. Metode ini mencakup analisis statistik data historis, pemodelan paparan, dan analisis dosis-respon. Menurut Paustenbach (2015), pendekatan kuantitatif memberikan hasil yang lebih objektif dan dapat direproduksi, tetapi memerlukan data yang memadai dan keahlian teknis untuk implementasi yang efektif.

Kombinasi pendekatan kualitatif dan kuantitatif sering kali menghasilkan penilaian risiko yang paling komprehensif dan bermanfaat. Pendekatan semi-kuantitatif, misalnya, menggunakan skala numerik untuk mengevaluasi kemungkinan dan keparahan, sehingga memungkinkan perbandingan risiko yang lebih objektif sambil tetap praktis untuk diimplementasikan.

Penilaian Tingkat Paparan

Penilaian tingkat paparan merupakan komponen penting dalam analisis risiko kesehatan. Penilaian ini melibatkan karakterisasi intensitas, frekuensi, dan durasi kontak pekerja dengan bahaya. Metode penilaian paparan bervariasi tergantung pada jenis bahaya.

Untuk bahaya kimiawi, penilaian paparan dapat dilakukan melalui pemantauan udara area atau pemantauan personal, analisis biomarker dalam spesimen biologis pekerja (seperti darah atau urin), atau menggunakan model paparan matematika. Pemantauan personal, yang melibatkan perangkat sampling yang dikenakan oleh pekerja, umumnya memberikan estimasi paparan yang lebih akurat dibandingkan pemantauan area.

Untuk bahaya fisik seperti kebisingan atau radiasi, instrumen pengukuran khusus digunakan untuk mengukur intensitas dan durasi paparan. Dosimeter dapat digunakan untuk mengukur dosis kumulatif selama periode waktu tertentu.

Brocal et al. (2019) menekankan pentingnya strategi sampling yang representatif dalam penilaian paparan. Faktor-faktor seperti variabilitas temporal dan spasial dalam konsentrasi kontaminan, perbedaan dalam praktik kerja

individual, dan variasi dalam durasi tugas harus dipertimbangkan dalam desain strategi sampling.

Penetapan Nilai Ambang Batas

Nilai ambang batas (threshold limit values) merupakan tingkat paparan maksimum yang dianggap aman bagi mayoritas pekerja. Nilai-nilai ini biasanya ditetapkan oleh badan regulasi atau organisasi profesional berdasarkan bukti ilmiah terkini. Beberapa standar nilai ambang batas yang umum digunakan termasuk Threshold Limit Values (TLVs) yang ditetapkan oleh American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Permissible Exposure Limits (PELs) dari Occupational Safety and Health Administration (OSHA), dan Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Kimia di Tempat Kerja yang ditetapkan dalam regulasi nasional.

Perlu dicatat bahwa nilai ambang batas ini umumnya ditetapkan untuk melindungi pekerja rata-rata dari efek kesehatan yang merugikan, namun tidak menjamin perlindungan bagi semua individu. Beberapa pekerja mungkin mengalami efek kesehatan yang merugikan pada tingkat paparan di bawah nilai ambang batas karena variasi dalam kerentanan individu.

Penentuan Tingkat Risiko dan Signifikansinya

Tingkat risiko umumnya ditentukan berdasarkan kombinasi antara kemungkinan (likelihood) terjadinya bahaya dan keparahan (severity) potensi konsekuensinya. Konsep ini sering divisualisasikan dalam bentuk matriks risiko, di mana kemungkinan dan keparahan ditempatkan pada sumbu matriks, dan tingkat risiko (rendah, sedang, tinggi, atau ekstrem) ditentukan oleh sel di mana kemungkinan dan keparahan berpotongan.

Gardner dan Ferson (2021) menjelaskan bahwa penentuan signifikansi risiko melibatkan pertimbangan tidak hanya terhadap tingkat risiko tetapi juga faktor-faktor seperti persyaratan regulasi, ketersediaan teknologi pengendalian, pertimbangan ekonomi, dan persepsi publik. Risiko yang dianggap signifikan memerlukan tindakan pengendalian prioritas tinggi.

Evaluasi ketidakpastian merupakan aspek penting dalam penentuan signifikansi risiko. Ketidakpastian dapat

berasal dari variabilitas dalam data, keterbatasan pengetahuan ilmiah tentang hubungan dosis-respon, dan asumsi yang digunakan dalam model penilaian risiko. Analisis sensitivitas dan ketidakpastian dapat membantu mengkarakterisasi tingkat kepercayaan dalam hasil penilaian risiko dan mengidentifikasi area di mana informasi tambahan diperlukan.

PENGENDALIAN RISIKO DAN STRATEGI MITIGASI

Pengendalian risiko dan strategi mitigasi merupakan tahap puncak dalam proses penilaian risiko kesehatan di lingkungan kerja. Setelah bahaya diidentifikasi dan risiko dievaluasi, langkah logis berikutnya adalah mengimplementasikan tindakan untuk mengeliminasi atau meminimalkan risiko tersebut. Pengendalian risiko yang efektif tidak hanya melindungi kesehatan dan keselamatan pekerja tetapi juga meningkatkan produktivitas, mengurangi biaya kompensasi pekerja, dan memastikan kepatuhan terhadap regulasi yang berlaku.

Hierarki Pengendalian Risiko Kesehatan

Pendekatan sistematis untuk pengendalian risiko kesehatan dikenal sebagai hierarki pengendalian, yang menyediakan kerangka kerja untuk memilih metode pengendalian yang paling efektif. Menurut Manuele (2019), hierarki pengendalian terdiri dari lima tingkatan yang diurutkan berdasarkan efektivitasnya, dari yang paling efektif hingga yang kurang efektif:

1. Eliminasi: Menghilangkan bahaya sepenuhnya dari tempat kerja. Ini merupakan pendekatan paling efektif namun tidak selalu praktis untuk diterapkan. Contohnya termasuk menghentikan penggunaan bahan kimia berbahaya atau mengotomatisasi tugas berbahaya.
2. Substitusi: Mengganti bahaya dengan alternatif yang kurang berbahaya. Misalnya, mengganti pelarut beracun dengan pelarut yang lebih aman atau mengganti mesin yang bising dengan yang lebih tenang.
3. Pengendalian Teknik: Memodifikasi peralatan, proses, atau lingkungan kerja untuk mengisolasi pekerja dari bahaya. Contohnya termasuk penggunaan ventilasi lokal, peredam suara, atau pelindung mesin.

4. Pengendalian Administratif: Mengubah cara orang bekerja melalui prosedur kerja, pelatihan, rotasi kerja, atau pembatasan waktu paparan. Pengendalian administratif bergantung pada perilaku manusia dan memerlukan pemantauan berkelanjutan.
5. Alat Pelindung Diri (APD): Memberikan peralatan perlindungan seperti respirator, pelindung pendengaran, sarung tangan, atau kacamata keselamatan. APD merupakan tingkat perlindungan terakhir dan seharusnya tidak dijadikan satu-satunya metode pengendalian.
6. Ideally, kombinasi dari berbagai tingkat pengendalian diterapkan untuk memberikan pendekatan yang komprehensif dalam mengelola risiko kesehatan. Pendekatan berlapis ini, yang juga dikenal sebagai prinsip pertahanan berlapis (*defense in depth*), meningkatkan efektivitas keseluruhan strategi pengendalian risiko.

Rencana Tindakan Mitigasi

Pengembangan rencana tindakan mitigasi yang terstruktur merupakan aspek penting dalam manajemen risiko kesehatan. Menurut Hale et al. (2018), rencana tindakan yang efektif harus:

1. Spesifik dan terukur: Menentukan tindakan pengendalian secara jelas, siapa yang bertanggung jawab, dan tenggat waktu untuk implementasi.
2. Berdasarkan prioritas: Memprioritaskan risiko tertinggi untuk tindakan segera dan mengalokasikan sumber daya secara proporsional.
3. Realistis dan dapat dicapai: Mempertimbangkan kendala operasional, teknis, dan finansial dalam organisasi.
4. Terpadu: Diintegrasikan ke dalam sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja yang lebih luas.
5. Dinamis: Dirancang untuk ditinjau dan diperbarui secara berkala seiring dengan perubahan kondisi kerja atau munculnya informasi baru.

Proses pengembangan rencana tindakan mitigasi seharusnya melibatkan semua pemangku kepentingan yang relevan, termasuk manajemen, pekerja, spesialis keselamatan dan kesehatan, dan dalam beberapa kasus, perwakilan serikat pekerja. Partisipasi aktif dari semua pihak meningkatkan

kualitas rencana dan mendorong komitmen terhadap implementasinya.

Monitoring dan Evaluasi Efektivitas Pengendalian

Setelah tindakan pengendalian diimplementasikan, penting untuk memantau dan mengevaluasi efektivitasnya. Monitoring berkelanjutan memastikan bahwa tindakan pengendalian berfungsi seperti yang diharapkan dan memberikan tingkat perlindungan yang memadai.

Robson et al. (2017) menekankan pentingnya pendekatan berbasis bukti dalam evaluasi efektivitas pengendalian. Ini melibatkan pengumpulan dan analisis data yang relevan seperti hasil pemantauan paparan, statistik kecelakaan dan penyakit, inspeksi keselamatan, umpan balik dari pekerja, dan audit kepatuhan.

Indikator utama yang dapat digunakan untuk mengevaluasi efektivitas pengendalian meliputi:

1. Indikator lagging: Mengukur hasil akhir seperti tingkat kecelakaan, insiden penyakit akibat kerja, atau hari kerja yang hilang.
2. Indikator leading: Mengukur aktivitas pencegahan seperti tingkat kepatuhan terhadap prosedur keselamatan, partisipasi dalam pelatihan, atau penyelesaian tindakan korektif.
3. Indikator paparan: Mengukur tingkat paparan pekerja terhadap bahaya sebelum dan setelah implementasi pengendalian.

Evaluasi berkala terhadap efektivitas pengendalian memungkinkan organisasi untuk mengidentifikasi area yang memerlukan perbaikan dan menyesuaikan strategi mitigasi mereka sesuai kebutuhan. Pendekatan perbaikan berkelanjutan ini memastikan bahwa perlindungan terhadap kesehatan pekerja tetap efektif meskipun terjadi perubahan dalam proses kerja, teknologi, atau persyaratan regulasi.

Dokumentasi dan Komunikasi Risiko

Dokumentasi yang komprehensif dan komunikasi risiko yang efektif merupakan komponen penting dalam manajemen risiko kesehatan. Dokumentasi yang baik menyediakan catatan penilaian risiko, keputusan yang diambil, dan tindakan yang diimplementasikan, yang dapat menjadi bukti kepatuhan

terhadap persyaratan regulasi dan memfasilitasi tinjauan serta audit di masa mendatang.

Komunikasi risiko melibatkan penyampaian informasi tentang risiko kesehatan dan strategi pengendalian kepada semua pihak yang relevan, termasuk pekerja, supervisor, manajemen, kontraktor, dan dalam beberapa kasus, masyarakat sekitar. Komunikasi yang efektif memastikan bahwa semua pihak memahami risiko yang mereka hadapi dan langkah-langkah yang diambil untuk mengendalikannya.

- Alli, B.O., 2008. Fundamental principles of occupational health and safety. 2nd ed. Geneva: International Labour Office.
- Brocal, F., González, C., Komljenovic, D., Leva, M.C. and Sebastián, M.A., 2019. Emerging Risk Management in Industry 4.0: An Approach to Improve Organizational and Human Performance in the Complex Systems. *Complexity*, 2019, Article ID 2089763.
- Gardner, R.H. and Ferson, S., 2021. Probability and Uncertainty in Risk Assessment. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press.
- Goetsch, D.L., 2019. Occupational Safety and Health for Technologists, Engineers, and Managers. 9th ed. Boston: Pearson.
- Hale, A., Borys, D. and Adams, M., 2018. Safety Management: A Qualitative Systems Approach. 2nd ed. London: CRC Press.
- Kim, Y., Park, J. and Park, M., 2016. Creating a Culture of Prevention in Occupational Safety and Health Practice. *Safety and Health at Work*, 7(2), pp.89-96
- Levy, B.S., Wegman, D.H., Baron, S.L. and Sokas, R.K., 2018. Occupational and Environmental Health: Recognizing and Preventing Disease and Injury. 7th ed. New York: Oxford University Press.
- Manuele, F.A., 2019. Advanced Safety Management: Focusing on Z10 and Serious Injury Prevention. 3rd ed. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Paustenbach, D.J., 2015. Human and Ecological Risk Assessment: Theory and Practice. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons.
- Reesal, M.R., Hagel, L. and Pahwa, P., 2019. Practical Tools for Workplace Hazard Assessment. 3rd ed. Saskatchewan: Canadian Centre for Health and Safety in Agriculture.
- Robson, L.S., Amick, B.C., Moser, C., Pagell, M., Mansfield, E., Shannon, H.S. and Swift, M.B., 2017. Important factors in common among organizations making large improvement in OHS performance: Results of an exploratory multiple case study. *Safety Science*, 86, pp.211-227.



Antonius Budi Trianto S.KM.,M.KM lahir di Samarinda tanggal 14 Januari 1988 .lulus S1 Kesehatan Masyarakat Universitas Widyagama Mahakam Samarinda Tahun 2009. Lulus Magister Kesehatan Masyarakat Pascasarjana Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Tamalanrea Makassar. Saat ini menjabat sebagai HSE Spv & Auditor SMK3 di PT Bosowa Beton Indonesia Makassar dan juga Dosen Praktisi kesehatan lingkungan & kesehatan Kerja (K3).Telah Mengikuti Pelatihan AK3 Umum , Auditor SMK3 ,ISO 9001,ISO14001.& ISO 45001



BAB 5
AGEN FISIK: PAPANAN,
DAMPAK KESEHATAN, DAN
PENGENDALIANNYA

ADHINDA PUTRI PRATIWI



PENDAHULUAN

Lingkungan kerja merupakan salah satu faktor penting yang menentukan kesehatan dan keselamatan pada pekerja. Selain faktor kimia dan biologis, pekerja juga dapat terpapar oleh agen fisik, yaitu merujuk pada faktor-faktor lingkungan yang dapat menyebabkan cedera atau masalah kesehatan bagi pekerja seperti kebisingan, getaran, radiasi, suhu ekstrem, dan pencahayaan. Hal ini kerap kali tidak terlihat secara kasat mata, namun dapat memberikan dampak yang signifikan terhadap kesehatan pekerja baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang.

Paparan agen fisik yang melebihi ambang batas yang ditetapkan dapat menimbulkan berbagai gangguan kesehatan, seperti gangguan pendengaran akibat kebisingan, gangguan saraf akibat getaran, katarak akibat radiasi ultraviolet, atau heat stroke akibat suhu tinggi dan kelelahan pada mata akibat pencahayaan yang minim. Oleh karena itu, pengenalan dan pengendalian terhadap agen fisik menjadi salah satu aspek penting dalam penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di tempat kerja.

Dalam upaya mencegah dampak buruk tersebut, dibutuhkan pemahaman yang menyeluruh mengenai jenis-jenis agen fisik, sumber paparan, mekanisme dampaknya terhadap tubuh manusia, serta strategi pengendaliannya yang sesuai.

KLASIFIKASI AGEN FISIK

Agen fisik merupakan faktor bahaya non-kimiawi yang berasal dari sumber energi fisik dan dapat menimbulkan risiko terhadap kesehatan dan keselamatan pekerja. Agen ini diklasifikasikan berdasarkan bentuk energi atau karakteristik fisiknya. Berikut adalah klasifikasi utama agen fisik yang umum dijumpai di lingkungan kerja:

1. Kebisingan (*Noise*)

Kebisingan adalah suara yang tidak diinginkan dan berpotensi merusak pendengaran. Paparan kebisingan berlebihan secara terus-menerus dapat menyebabkan terjadinya gangguan pendengaran sementara bahkan sampai permanen, selain itu stress juga bisa muncul akibat kebisingan. Contoh sumber paparan dari kebisingan diantaranya, mesin industri, alat berat, kendaraan, proses produksi. Adapun alat ukur yang bisa digunakan untuk kebisingan yaitu *sound level meter* dan *noise dosimeter*. Berdasarkan Permenaker No. 5 Tahun 2018, batas pajanan kebisingan di tempat kerja adalah 85 dBA untuk 8 jam kerja per hari. Jika melebihi batas tersebut, waktu paparan harus dikurangi secara proporsional, dengan setiap kenaikan 3 dB mengharuskan pengurangan waktu hingga setengahnya.

2. Getaran

Getaran adalah perpindahan energi mekanik yang merambat melalui media padat. Getaran dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

- Getaran seluruh tubuh (*whole-body vibration*), sumber paparannya antara lain pada kendaraan berat (truk, forklift, alat berat konstruksi).
- Getaran tangan-lengan (*hand-arm vibration*): sumber paparannya antara lain pada alat bor listrik, dan gergaji mesin.

Adapun dampak dari getaran yang melebihi NAB bagi kesehatan diantaranya gangguan pada sistem muskuloskeletal, pembuluh darah, dan saraf. Berdasarkan ISO 5349, batas paparan getaran tangan-lengan untuk mencegah HAVS adalah 5 m/s^2 untuk batas paparan harian 8 jam dan $2,5 \text{ m/s}^2$ untuk nilai tindakan.

Untuk getaran seluruh tubuh, Exposure Action Value (EAV) adalah $0,5 \text{ m/s}^2 \text{ A(8)}$ dan Exposure Limit Value (ELV) adalah $1,15 \text{ m/s}^2 \text{ A(8)}$.

3. Radiasi

Radiasi adalah bentuk energi yang dipancarkan oleh suatu objek dalam bentuk gelombang elektromagnetik atau partikel. Radiasi dapat dibagi menjadi dua jenis utama, yaitu:

- Radiasi dengan energi tinggi yang mampu mengionisasi atom. Ada beberapa sumber paparan radiasi ini, diantaranya sinar-X, sinar gamma, bahan radioaktif. Adapun dampak radiasi ini bagi kesehatan yaitu kanker, mutasi genetik, kerusakan jaringan.
- Radiasi dengan energi rendah yang tidak mampu mengionisasi atom. Ada beberapa sumber paparan radiasi ini, diantaranya sinar ultraviolet (UV), cahaya tampak, gelombang mikro, medan elektromagnetik. Adapun dampak radiasi bagi kesehatan yaitu Katarak, luka bakar, gangguan neurologis (tergantung frekuensi dan intensitas).

Menurut ketentuan BAPETEN (Peraturan Pemerintah dan Badan Pengawas Tenaga Nuklir), batas paparan radiasi bagi pekerja radiasi adalah rata-rata 20 mSv per tahun selama periode lima tahun berturut-turut, dengan maksimum 50 mSv dalam satu tahun. Adapun bagi masyarakat umum, batas paparan ditetapkan sebesar 1 mSv per tahun.

4. Suhu Ekstrem (Panas dan Dingin)

Suhu ekstrem adalah kondisi suhu yang berada jauh di luar kisaran normal atau nyaman bagi manusia, baik terlalu tinggi maupun terlalu rendah, sehingga hal ini bisa menimbulkan risiko terhadap kesehatan, keselamatan, dan produktivitas kerja. Sumber paparan suhu ekstrem di tempat kerja dapat berasal dari kondisi lingkungan maupun aktivitas kerja tertentu. Suhu panas ekstrem umumnya berasal dari pekerjaan di luar ruangan saat cuaca panas, penggunaan tungku, boiler, proses pengelasan, atau mesin yang menghasilkan panas tinggi di ruang tertutup. Sementara itu, suhu dingin ekstrem

dapat ditemukan pada pekerjaan di ruang pendingin atau freezer, kegiatan luar ruangan di daerah bersuhu rendah, atau pekerjaan di dataran tinggi. Paparan suhu yang berlebihan ini, baik panas maupun dingin, dapat membahayakan kesehatan pekerja apabila tidak bisa dikendalikan dengan baik. Jenis suhu ekstrem ada dua, yaitu:

- Suhu tinggi ekstrem (panas ekstrem), hal ini dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti dehidrasi, heat stroke, atau kelelahan akibat panas.
- Suhu rendah ekstrem yaitu suhu yang sangat dingin (dingin ekstrem), hal ini dapat menyebabkan hipotermia, frostbite, dan penurunan fungsi tubuh.

Alat ukur suhu ekstrem digunakan untuk memantau kondisi panas atau dingin yang berlebihan di lingkungan kerja. Beberapa alat yang umum digunakan antara lain termometer digital untuk pengukuran cepat dan akurat, serta termometer inframerah yang memungkinkan pengukuran tanpa kontak langsung. Pada kondisi panas, digunakan juga termometer bola basah dan bola kering atau alat WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) yang mengukur beban panas secara menyeluruh dengan mempertimbangkan suhu udara, kelembaban, angin, dan radiasi panas. Berdasarkan KEPMENKES RI No. 1405/Menkes/SK/XI/2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri mengatur suhu dan kelembaban yang sesuai untuk lingkungan kerja industri, yaitu antara 18-30°C. BMKG juga memberikan klasifikasi suhu harian, misalnya suhu 32-38°C dianggap panas, dan di atas 38°C dianggap sangat panas.

5. Pencahayaan

Pencahayaan merupakan penyinaran suatu area yang bertujuan untuk mendukung aktivitas agar dapat dilakukan secara aman, nyaman, dan efisien. Sumber pencahayaan dapat berasal dari cahaya alami seperti sinar matahari, maupun dari sumber buatan seperti lampu listrik. Pencahayaan yang tidak sesuai dengan standar yang sudah ditetapkan bisa menimbulkan

berbagai dampak negatif bagi kesehatan, seperti kelelahan mata, penurunan konsentrasi, kesalahan kerja, bahkan gangguan penglihatan. Pencahayaan yang terlalu redup dapat menyebabkan kelelahan visual dan menurunkan produktivitas, sementara pencahayaan yang terlalu terang atau menimbulkan silau dapat menyebabkan ketidaknyamanan hingga sakit kepala. Oleh karena itu, tingkat pencahayaan harus disesuaikan dengan jenis aktivitas dan diukur dalam satuan lux.

Berdasarkan Permenaker No. 5 Tahun 2018 menetapkan bahwa Nilai Ambang Batas (NAB) pencahayaan yang dianjurkan berada dalam kisaran 100 hingga 2000 lux, tergantung pada jenis area dan aktivitas yang dilakukan. Standar serupa juga tercantum dalam SNI 03-7062-2004, seperti 250 lux untuk ruang tinggal atau area kerja di rumah, dan 350 lux untuk lingkungan perkantoran. Durasi paparan cahaya yang dianggap aman umumnya adalah 8 jam per hari atau 40 jam per minggu.

PENGENDALIAN AGEN FISIK

Hirarki pengendalian K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) merupakan urutan langkah-langkah yang dapat dilakukan untuk mengurangi atau bahkan menghilangkan potensi bahaya yang ada di tempat kerja, termasuk bahaya yang disebabkan oleh agen fisik. Prinsip dasar dari hirarki pengendalian ini adalah bahwa langkah-langkah pengendalian yang lebih efektif dan permanen ditempatkan di tingkat atas, sedangkan pengendalian yang lebih bersifat sementara atau kurang efektif berada di tingkat bawah. Oleh karena itu, pengendalian bahaya harus dilakukan sesuai dengan urutan yang tepat untuk memaksimalkan pengurangan risiko yang ada program pencegahan. Berikut tingkatan dari hirarki pengendalian risiko K3:

1. Eliminasi (*Elimination*)

Langkah pertama dalam hirarki pengendalian K3 adalah eliminasi, yang berarti menghapuskan atau menghilangkan sumber bahaya sepenuhnya dari lingkungan kerja. Eliminasi adalah pengendalian yang menjadi prioritas utama dan mempunyai sifat yang

permanen, karena ketika sumber bahaya dihilangkan, pekerja tidak akan terpapar sama sekali. Dalam konteks agen fisik, ini berarti menghapuskan bahaya yang timbul akibat kebisingan, getaran, radiasi, suhu ekstrem, dan pencahayaan.

Pengendalian yang dapat dilakukan untuk kebisingan dengan eliminasi yaitu menghentikan penggunaan mesin atau peralatan yang menghasilkan kebisingan tinggi dan menggantinya dengan teknologi yang lebih senyap. Sementara itu, untuk getaran, eliminasi dapat dilakukan dengan mengganti alat atau mesin yang menghasilkan getaran berlebih dengan peralatan yang lebih ramah terhadap pengguna dan tidak menghasilkan getaran yang membahayakan. Eliminasi juga sangat penting dalam mengurangi paparan radiasi di tempat kerja. Jika radiasi pengion digunakan dalam proses kerja, langkah eliminasi dapat berupa penghentian penggunaan bahan yang menghasilkan radiasi tersebut dan menggantinya dengan teknologi yang tidak memerlukan radiasi. Untuk suhu ekstrem, baik panas atau dingin, eliminasi bisa dilakukan dengan memindahkan pekerjaan yang membutuhkan kondisi suhu ekstrem ke lingkungan yang lebih terkontrol, seperti ruang ber-AC, sehingga pekerja tidak terpapar suhu yang dapat menyebabkan stres termal atau kelelahan. Terakhir, pencahayaan, pengendalian eliminasi berupaya mengganti pencahayaan yang terlalu terang atau terlalu redup dengan pencahayaan yang lebih sesuai dan tidak menimbulkan gangguan pada penglihatan pekerja.

Secara keseluruhan, pengendalian eliminasi adalah langkah pertama yang harus diutamakan karena dapat menghapuskan sumber bahaya secara menyeluruh. Namun, dalam beberapa kasus, eliminasi tidak selalu memungkinkan, sehingga penting untuk mempertimbangkan langkah pengendalian lainnya, seperti substitusi atau pengendalian rekayasa, untuk melengkapi upaya perlindungan terhadap pekerja di tempat kerja.

2. Substitusi (*Substitution*)

Pengendalian substitusi merupakan langkah kedua dalam hirarki pengendalian K3 yang bertujuan untuk mengurangi potensi bahaya dengan mengganti sumber atau proses berbahaya dengan alternatif yang lebih aman. Dalam konteks agen fisik seperti kebisingan, getaran, radiasi, suhu ekstrem, dan pencahayaan, substitusi berfokus pada mengganti bahan, alat, atau proses yang berisiko tinggi dengan yang lebih ramah terhadap kesehatan dan keselamatan pekerja. Meskipun tidak menghilangkan sumber bahaya secara total, substitusi dapat mengurangi tingkat risiko yang ada dan memperbaiki kondisi kerja.

Pengendalian yang dapat dilakukan untuk kebisingan pada langkah kedua yaitu substitusi, ini bisa dilakukan dengan mengganti mesin atau peralatan yang menghasilkan kebisingan tinggi dengan mesin yang lebih efisien dan lebih sedikit menghasilkan suara. Misalnya, mengganti mesin lama yang bising dengan mesin baru yang lebih modern dan dirancang untuk beroperasi dengan kebisingan yang lebih rendah. Getaran yang ditimbulkan oleh alat atau mesin dapat diatasi dengan substitusi alat yang lebih sedikit menghasilkan getaran. Sebagai contoh, mengganti peralatan yang menghasilkan getaran tinggi dengan peralatan yang lebih ringan atau menggunakan teknologi yang dirancang untuk menyerap getaran. Untuk radiasi, substitusi bisa dilakukan dengan mengganti bahan atau peralatan yang menghasilkan radiasi pengion dengan bahan atau teknologi yang lebih aman. Dalam hal suhu ekstrem, substitusi dapat dilakukan dengan mengganti proses atau metode kerja yang melibatkan suhu ekstrem dengan teknik yang lebih aman. Misalnya, jika pekerja harus bekerja di luar ruangan dalam kondisi cuaca yang sangat panas atau dingin, pekerjaan tersebut bisa dipindahkan ke area dengan pengaturan suhu yang lebih stabil atau menggunakan alat pengatur suhu seperti pendingin udara atau pemanas ruangan. Pencahayaan yang terlalu terang atau terlalu redup dapat diperbaiki dengan

mengganti sumber pencahayaan yang berbahaya dengan pencahayaan yang lebih efisien dan sesuai. Sebagai contoh, mengganti lampu neon atau lampu pijar dengan lampu LED yang lebih efisien dan memberikan pencahayaan yang lebih nyaman dan merata, mengurangi silau dan ketegangan mata bagi pekerja.

Secara keseluruhan, pengendalian substitusi berfokus pada penggantian sumber atau proses berbahaya dengan alternatif yang lebih aman, yang tidak hanya mengurangi risiko kesehatan dan keselamatan bagi pekerja, tetapi juga meningkatkan efisiensi dan produktivitas di tempat kerja. Pengendalian ini harus dipertimbangkan secara seksama, karena tidak semua alternatif selalu bisa diterapkan dengan mudah atau efektif dalam semua kondisi kerja.

3. **Kontrol Teknik (*Engineering Controls*)**

Pengendalian rekayasa atau *engineering control* merupakan langkah penting dalam hirarki pengendalian K3 yang berfungsi untuk mengurangi paparan bahaya melalui perubahan teknis atau desain pada sumber bahaya, jalur transmisi, maupun lingkungan kerja. Berbeda dengan eliminasi dan substitusi yang berfokus pada penghapusan atau penggantian sumber bahaya, pengendalian rekayasa lebih menekankan pada modifikasi fisik agar paparan terhadap agen fisik dapat ditekan serendah mungkin tanpa menghilangkan proses kerja itu sendiri. Dalam konteks paparan agen fisik seperti kebisingan, getaran, radiasi, suhu ekstrem, dan pencahayaan, pendekatan rekayasa menjadi solusi yang sangat efektif, terutama bila penghapusan sumber bahaya tidak memungkinkan.

Kebisingan dapat dikendalikan dengan melakukan rekayasa kontrol seperti menempatkan mesin bising di ruang tertutup kedap suara, memasang penyerap suara pada dinding dan plafon, serta memasang peredam suara pada saluran udara atau peralatan pneumatik. Dalam mengatasi getaran, rekayasa teknik dapat diterapkan dengan menggunakan bantalan anti-getar, memasang peredam getaran pada alat berat, serta memastikan

keseimbangan mesin agar getaran dapat diminimalisir. Sementara itu, untuk radiasi, pengendalian rekayasa dilakukan dengan menggunakan pelindung radiasi seperti dinding berlapis timbal, bilik tertutup untuk alat radiologi, serta sistem otomatis yang menjaga jarak pekerja dengan sumber radiasi. Dalam menghadapi suhu ekstrem, sistem ventilasi, pendingin udara, pemanas ruangan, serta insulasi panas pada mesin menjadi bentuk pengendalian rekayasa yang mampu menciptakan lingkungan kerja dengan suhu yang lebih aman dan stabil. Pada aspek pencahayaan, penggantian lampu dengan intensitas dan spektrum yang sesuai, pemasangan diffuser, serta pengaturan arah dan posisi pencahayaan sangat penting agar area kerja memiliki pencahayaan yang memadai dan tidak menyilaukan.

4. **Administrasi Kontrol (*Administrative Controls*)**

Pengendalian administratif merupakan upaya pengurangan risiko melalui pengaturan kebijakan, prosedur kerja, rotasi tugas, jadwal paparan, serta pelatihan bagi pekerja. Strategi yang dapat diterapkan untuk meminimalisir dampak dari kebisingan pada pekerja yaitu membatasi waktu kerja di area bising, melakukan rotasi kerja, serta memberikan pelatihan penggunaan pelindung pendengaran. Pada getaran, pembatasan durasi penggunaan alat bergetar dan edukasi teknik kerja yang tepat sangat membantu. Pada radiasi, dilakukan melalui pembatasan akses ke zona radiasi, pemantauan dosis paparan, dan pelatihan khusus. Dalam suhu ekstrem, jadwal kerja disesuaikan dengan kondisi lingkungan, serta diberikan waktu istirahat dan aklimatisasi. Pada pencahayaan, pengendalian administratif mencakup penyesuaian jam kerja dengan pencahayaan alami dan perawatan rutin sistem pencahayaan. Sementara untuk tekanan udara tinggi/rendah, administrasi mengatur prosedur kerja yang aman, jadwal paparan terbatas, dan pelatihan terkait adaptasi tekanan. Meskipun tidak menghilangkan bahaya secara langsung, kontrol

administratif masih cukup efektif untuk mengurangi paparan dan meminimalisir risiko penyakit akibat kerja.

5. Penggunaan Alat Pelindung Diri (*Personal Protective Equipment - PPE*)

Alat Pelindung Diri (APD) merupakan langkah terakhir dalam hirarki pengendalian K3 dan digunakan saat pengendalian lain tidak mampu sepenuhnya menghilangkan bahaya. APD berfungsi melindungi individu dari paparan langsung agen fisik tanpa mengurangi sumber bahaya itu sendiri. Contohnya, pelindung telinga seperti earplugs atau earmuffs digunakan untuk mengurangi paparan kebisingan, sementara kacamata pelindung dan masker wajah melindungi dari radiasi atau cahaya terang. Pakaian pelindung termal digunakan pada lingkungan bersuhu ekstrem, dan sarung tangan anti-getaran melindungi pekerja dari efek getaran tinggi. Untuk paparan radiasi pengion, digunakan pelindung khusus seperti tabir timbal.

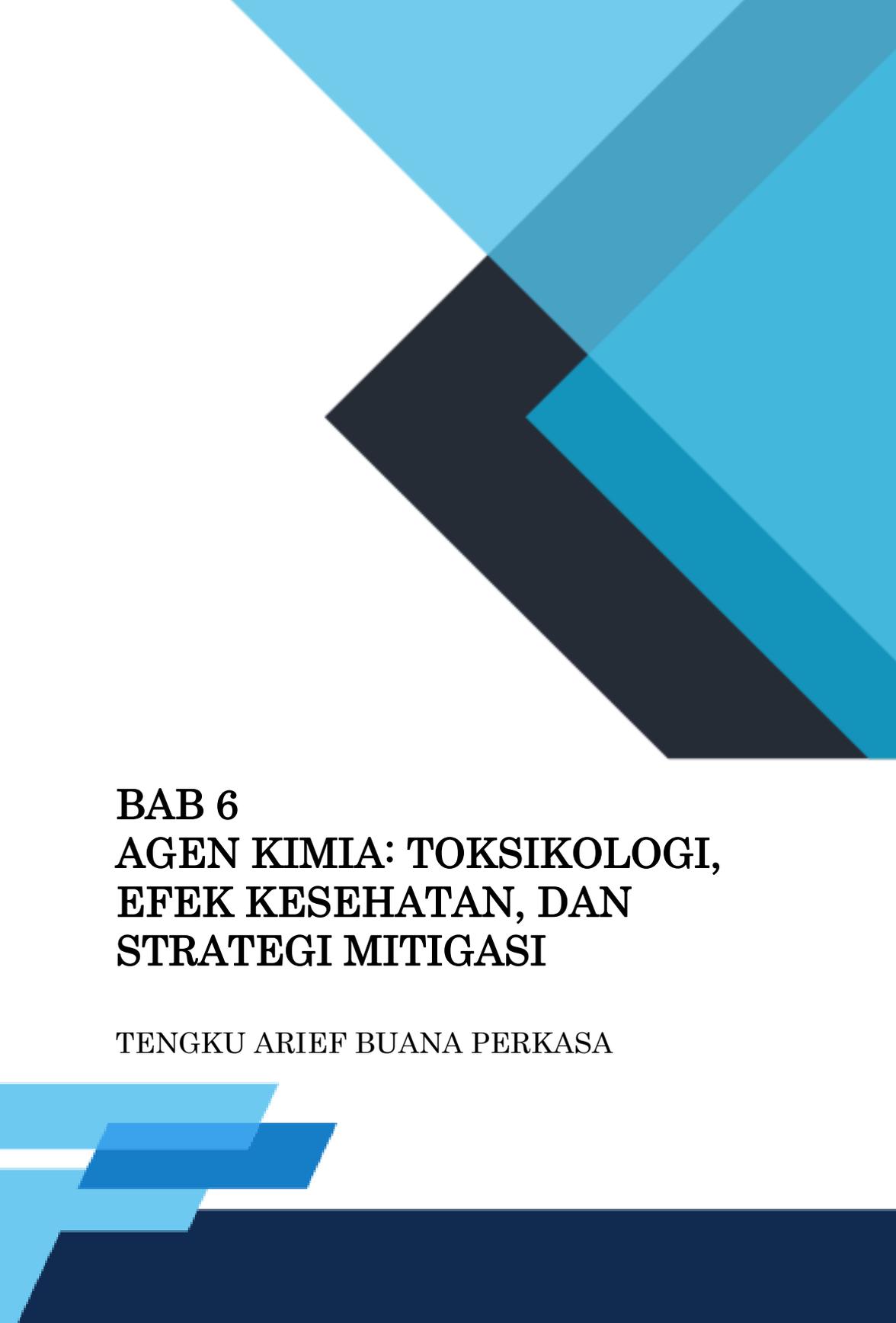
APD adalah langkah terakhir karena hanya melindungi pekerja secara individu dan tidak menghilangkan atau mengurangi sumber bahaya itu sendiri. Oleh karena itu, APD harus selalu digunakan dalam kombinasi dengan langkah pengendalian lainnya untuk mencapai tingkat perlindungan yang lebih baik.

- Baldwin, D.S. (1982) 'Chronic Abdillah, A., Dewi, A. T., Indradi, R., & Andari, D. (2023). Kajian Literatur: Analisis Pengaruh Suhu Dingin Ekstrem Terhadap Radang Dingin Pada Pekerja Tempat Penyimpanan Beku. *ARTERI: Jurnal Ilmu Kesehatan*, 4(3), 150-154.
- Islam, I., Priastomo, Y., Mahawati, E., Utami, N., Budiastutik I., Hairuddin, M., C., Fatma, F., Akbar, F., Ningsih, W., I., F., Adiningsih, R., Septiawati, D., Askur, Purwono, E. (2021). Dasar-Dasar Kesehatan Lingkungan. Penerbit Yayasan Kita Menulis.
- Fatmayanti, D., Fathimah, A., & Asnifatima, A. (2022). Hubungan Intensitas Pencahayaan Terhadap Keluhan Kelelahan Mata Pada Pekerja Bagian Menjahit (Sewing) Garmen Pt. Sawargi Karya Utama Di Kota Bogor Tahun 2020. *Promotor*, 5(5), 380-384.
- Lewaha, Y. P., Hardiyono, H., & Pongky, P. (2024). Identifikasi Bahaya Dan Pengendalian Risiko Pada Pekerjaan Sandblasting Di PT Catur Elang Perkasa. *Identifikasi*, 10(1), 114-120.
- Maharani, A. I., Raihanah, Y. J., & Mubien, M. F. (2024). Efek kesehatan dampak suhu ekstrem panas di tempat kerja: Heat stroke. *Public Health Risk Assesment Journal*, 1(2).
- Rachman, R. M., Leda, J., Lorens, D., Putri, T. S., Saptaputra, S. K., & Mustika, W. (2024). *Higiene dan toksikologi industri*. TOHAR MEDIA.
- Safitri, A., Mafulla, D., Nichlah, M. W., Roykhan, R. M., Devi, S., & Absor, U. (2024). Analisis Identifikasi Risiko, Penilaian Risiko Dan Pengendalian Risiko Pada CV Sinar Jaya Mandiri. *Jurnal Ilmiah Keuangan Akuntansi Bisnis*, 3(2), 513-518.
- Pebriyanti, D. O., Dewi, N., Febiyani, A., Sitepu, F. B., & Laksono, R. D. (2024). *Buku Ajar K3 Rumah Sakit*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Pratama, M. A. (2024). *Analisis Kualitas Udara dan Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan PM10 dan PM2, 5 di Kabupaten Sragen Provinsi Jawa Tengah* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- Rahmah, S. M., T.A., T. D., Zuliana, N., Wijayati, E. W., Mustakim, M., Pratiwi, A. P., Sumaningrum, N. D.,

- Bausad, A. A. P., Saharullah, Amri, I., A., Yanti, P., & Allo, A. A. (2024). Prinsip Fundamental Kesehatan Dan Keselamatan Kerja. Penerbit PT. Mafy Media Literasi Indonesia.
- Samosir, S. Y., Inso, Y. D., Sukmawatie, N., & Murati, F. (2024). Identifikasi Bahaya Dan Pengendalian Risiko Faktor Kelelahan Kerja Pada Area Stockpile di PT. Rimau Tangguh Perkasa. *Cerdika: Jurnal Ilmiah Indonesia*, 4(6).
- Susanto, A. (2024). Tinjauan Literatur Sistematis: Identifikasi Bahaya, Penilaian Risiko dan Pengendalian Risiko Pada Operasi Pertambangan. *Jurnal Manajemen Kesehatan Yayasan RS. Dr. Soetomo*, 10(2), 446-460.
- Tohir, T., Putri, A., C. 2025. K3 untuk Semua. Penerbit Gramedia Pustaka Utama.
- Tsilingiris, P. T. (2018). Review and critical comparative evaluation of moist air thermophysical properties at the temperature range between 0 and 100 C for Engineering Calculations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 83, 50-63.
- Yulistiyana, L. N., Hastuti, M., Herawati, C., Indragiri, S., Wahyuni, N. T., Dani, A. H., ... & Taswidi, D. (2024). SISTEM PENGENDALIAN KEBISINGAN DALAM UPAYA MEMINIMALISIR POTENSI BAHAYA FISIK. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Kesehatan (JIRAH)*, 3(1), 28-33.



Adhinda Putri Pratiwi, S.KM., M.K.M. lahir di Ujung Pandang, pada 22 Desember 1995. Ia tercatat sebagai lulusan S1 dan S2 Fakultas Kesehatan Masyarakat di Universitas Hasanuddin. Wanita yang kerap disapa Dinda ini adalah anak dari pasangan Drs. Aripudding Malinta (ayah) dan Hatmah Mahmud, S.H. (ibu).



BAB 6
AGEN KIMIA: TOKSIKOLOGI,
EFEK KESEHATAN, DAN
STRATEGI MITIGASI

TENGGU ARIEF BUANA PERKASA



PENDAHULUAN

Agen kimia dalam masyarakat modern memberikan kontribusi signifikan pada berbagai aspek kehidupan. Akan tetapi, keberadaannya juga menghadirkan tantangan substansial terkait risiko kesehatan dan lingkungan, baik di lingkungan kerja maupun di lingkungan hidup secara umum. Bab ini secara khusus mengulas agen kimia, dimulai dari pemahaman mendasar mengenai sifat dan klasifikasinya, kemudian mendalami prinsip-prinsip toksikologi yang menjelaskan bagaimana zat-zat ini berinteraksi dengan sistem biologis dan menimbulkan efek berbahaya. Lebih lanjut, akan diuraikan spektrum dampak kesehatan yang dapat terjadi akibat paparan bahan kimia, serta potensi karsinogenik, mutagenik, dan teratogenik. Sebagai puncaknya, bab ini akan membahas berbagai strategi mitigasi dan pengendalian yang esensial, berdasarkan hirarki pengendalian dan pendekatan pencegahan pencemaran berdasarkan penelitian-penelitian terbaru. Hal ini bertujuan untuk meminimalkan paparan dan melindungi kesehatan pekerja, masyarakat, serta menjaga kelestarian lingkungan. Penguasaan konsep-konsep yang dibahas dalam bab ini diharapkan dapat menjadi fondasi krusial bagi para profesional kesehatan lingkungan dan kesehatan dan keselamatan kerja (K3) dalam melakukan identifikasi bahaya, penilaian risiko, dan implementasi langkah-langkah perlindungan yang efektif dan berbasis bukti ilmiah.

KLASIFIKASI AGEN-AGEN KIMIA

Agen-agen kimia dapat sangat beragam macamnya. Secara umum, macam-macam agen-agen kimia dapat dikelompokkan berdasarkan wujud fisiknya dan struktur kimianya. Klasifikasi ini penting dipahami agar memudahkan kita untuk memahami, mengevaluasi risiko, dan menerapkan strategi pengendalian yang efektif dari setiap agen-agen kimia yang memiliki karakteristik tertentu. Klasifikasi ini diharapkan dapat memberikan perspektif mendalam tentang bagaimana agen kimia diklasifikasikan di lingkungan kerja, dengan mempertimbangkan pendekatan konvensional dan metodologi baru. Klasifikasi yang akan dipaparkan merupakan klasifikasi secara umum, sehingga klasifikasi yang lebih terperinci mungkin dibutuhkan karena menjadi dasar pemilihan strategi manajemen risiko dan batas paparan kerja yang tepat, yang pada akhirnya melindungi kesehatan pekerja (Shin & Byeon, 2021). Namun, diharapkan dengan klasifikasi umum yang akan dipaparkan akan membantu pembaca dalam klasifikasi umum agen kimia ini. Selain itu, integrasi penilaian risiko kuantitatif dan kualitatif memberikan pandangan lebih holistik dalam mengevaluasi bahaya di tempat kerja (Kim et al., 2015).

Klasifikasi Berdasarkan Wujud Fisik

Klasifikasi ini didasarkan pada keadaan fisik agen kimia pada suhu dan tekanan standar atau kondisi lingkungan yang relevan di lingkungan kerja. Secara garis besar, wujud fisik dari agen kimia dibagi menjadi 3 jenis yakni gas, cair dan padat. Akan tetapi dalam beberapa sumber dapat lebih dispesifikkan menjadi beberapa golongan. Wujud gas dapat dibagi menjadi gas dan uap, wujud cair dapat dibagi lagi menjadi cair dan aerosol cair sementara dalam wujud padat dapat dibagi menjadi padat, aerosol padat, debu (*dust*) dan asap (*fume*). Wujud fisik sangat menentukan bagaimana suatu zat dapat menyebar di lingkungan, bagaimana pekerja atau masyarakat dapat terpapar dan tindakan yang paling sesuai (Mckee et al., 2015). Sistem pemantauan lingkungan kerja biasanya membedakan wujud ini melalui sensor khusus dan teknik pengukuran (Kim et al., 2015; Lee et al., 2020).

Agen kimia berwujud baik gas maupun uap adalah agen kimia yang dapat terhirup (jalur inhalasi) atau terserap melalui

kulit selama aktivitas pekerjaan atau lingkungan. Perbedaannya ialah agen kimia berwujud gas adalah agen kimia yang tidak memiliki bentuk atau volume tetap pada suhu dan tekanan normal yang dapat menyebar dengan cepat untuk mengisi seluruh ruang yang tersedia. Contohnya seperti Karbon monoksida (CO), Klorin (Cl₂), Amonia (NH₃) dan lain-lain. Sementara agen kimia berwujud uap adalah agen kimia berbentuk gas dari zat yang pada suhu dan tekanan normal berwujud cair atau padat yang terbentuk melalui evaporasi (penguapan) cairan atau sublimasi padatan. Contohnya seperti uap pelarut organik (seperti benzena, toluena), uap air raksa (merkuri) dan lain-lain (Beheshti et al., 2015; National Institute for Occupational Safety and Health, 2016). Agen kimia ini berpotensi menyebabkan iritasi pernapasan, peradangan, dan kondisi kronis seperti Penyakit Paru Obstruktif Kronik (PPOK) (Tagiyeva et al., 2017).

Agen kimia dalam bentuk fisik cairan dan aerosol cair mengacu pada kontak dengan zat kimia yang hadir sebagai cairan curah/menempati wadah atau sebagai tetesan halus yang tersebar di udara. Perbedaannya untuk agen berbentuk cairan memiliki volume tetap tetapi bentuknya mengikuti wadah yang paparannya melibatkan kontak langsung dengan zat yang dapat diserap melalui jalur dermal atau tertelan seperti asam sulfat, pelarut organik dan pestisida. Sedangkan agen kimia berbentuk aerosol cair merupakan tetesan cairan halus yang tersuspensi di udara yang biasanya terbentuk dari proses penyemprotan, pengadukan, atau kondensasi seperti cat semprot. Biasanya paparan agen kimia aerosol cair dapat melalui jalur inhalasi kemudian dapat mengendap di dalam saluran pernapasan, yang berpotensi memicu toksisitas seluler dan respons inflamasi (Mercier et al., 2024). Di lingkungan, aerosol tersebut dapat dihasilkan secara tidak sengaja selama proses industri dengan karakteristik seperti ukuran droplet dan komposisi kimia yang secara kritis menentukan profil toksikologinya (Escobar et al., 2020; Mercier et al., 2024).

Adapun agen kimia berwujud padat ialah agen kimia yang memiliki bentuk dan volume yang jelas dan tetap. Paparan langsung untuk jenis agen kimia ini mungkin terbatas kecuali jika bahan padat tersebut menghasilkan debu (*dust*) atau asap

(*fume*) saat diproses, atau jika terjadi kontak kulit atau tertelan. Contohnya seperti logam dalam bentuk batangan (timbal, kadmium), pelet pestisida, bubuk kimia. Debu (*dust*) dapat terbentuk melalui proses mekanis seperti penghancuran, penggilingan, pengeboran, atau peledakan bahan padat. Ukuran partikel menentukan sejauh mana debu dapat terhirup ke dalam saluran pernapasan. Contoh agen kimia ini seperti debu silika dari batuan, debu kayu, debu batu bara dan sebagainya (Eriksson et al., 2022; Weisenstein et al., 2015). Hal yang membedakan debu (*dust*) dengan asap (*fume*) adalah pada asap (*fume*) biasanya hadir dalam bentuk partikel padat yang sangat halus (biasanya < 1 mikrometer) yang terbentuk ketika uap panas dari bahan padat (seringkali logam) mendingin dan mengembun di udara. Proses seperti pengelasan (*welding*), peleburan logam, atau pematerian (*soldering*) menghasilkan fume. Contohnya seperti Asap las (mengandung oksida logam seperti seng, besi, mangan, timbal) (Dimakakou et al., 2020; Pavlov et al., 2017).

Klasifikasi Berdasarkan Struktur Kimia

Selain wujud fisik, klasifikasi berdasarkan struktur kimia memainkan peran penting. Struktur kimia memberikan wawasan tentang ukuran molekul, polaritas, gugus fungsi, dan jenis ikatan, yang memengaruhi kelarutan, reaktivitas, dan toksisitas secara keseluruhan (Shin & Byeon, 2021). Klasifikasi ini sebenarnya dapat dikaji lebih dalam lagi dari apa yang dijelaskan kemudian apalagi jika terkait dengan senyawa organik. Namun secara universal, kajian struktur kimia dapat dibagi menjadi senyawa organik dan senyawa anorganik.

Agen kimia senyawa anorganik adalah agen kimia yang umumnya tidak mengandung ikatan karbon-hidrogen. Termasuk di dalamnya adalah asam, basa, garam, dan banyak gas. Contoh: Asam klorida (HCl), natrium hidroksida (NaOH), amonia (NH₃), karbon dioksida (CO₂), garam logam dan lain-lain. Struktur kimia intrinsik, termasuk jenis ikatan (ionik, kovalen, metalik, atau metavalen) dan geometri molekul, mengatur sifat-sifat seperti kelarutan, stabilitas, dan reaktivitas (Schön et al., 2022). Sifat-sifat ini secara langsung memengaruhi bagaimana senyawa anorganik diserap, didistribusikan, dimetabolisme, dan akhirnya diekskresikan dalam sistem biologis, sehingga

mengubah potensi paparan dan efek toksiknya (Nicolas et al., 2018). Misalnya, oksida logam yang sangat kristalin dengan ikatan ionik yang kuat dapat menunjukkan kelarutan yang lebih rendah dan pelepasan kimia yang lebih lambat dibandingkan dengan padanan amorf, yang dapat menghasilkan fraksi bioavailabilitas yang lebih tinggi dan risiko yang lebih besar saat terpapar (Schön et al., 2022). Dengan demikian, pemahaman mengenai hubungan struktur–sifat sangat penting untuk memperkirakan dan mengurangi dampak paparan bahan kimia anorganik.

Adapun agen kimia senyawa organik atau biasa dikenal dengan senyawa hidrokarbon adalah agen kimia yang mengandung atom karbon, biasanya berikatan dengan hidrogen, dan seringkali juga dengan oksigen, nitrogen, sulfur, atau halogen. Kelompok ini sangat besar dan beragam sehingga diperlukan pembahasan khusus lagi untuk membahas struktur kimia organik lebih lanjut. Contoh dari agen kimia ini ialah seperti pelarut (benzena, etanol), pestisida organofosfat, hidrokarbon (metana, propana) dan lainnya. Biasanya pembahasan melalui agen kimia senyawa organik mencakup pengelompokan zat berdasarkan gugus fungsi, yang dapat memprediksi efek toksikologi tertentu. Contohnya, gugus halogen dalam senyawa organohalogen sering dikaitkan dengan gangguan endokrin dan karsinogenisitas (Rim, 2017). Sementara, cincin aromatik dalam pelarut organik sering terlibat dalam proses aktivasi metabolik yang menghasilkan efek mutagenik (Shin & Byeon, 2021). Selain itu, gugus fungsi tertentu juga dapat mempengaruhi kepolarannya yang akan menentukan apakah senyawa tersebut bersifat lipofilik atau hidrofilik. Sebagai contoh, senyawa organik lipofilik dapat menembus membran sel dengan mudah sehingga memicu toksisitas sistemik (Mckee et al., 2015).

MEKANISME AGEN KIMIA DALAM INTERAKSINYA DENGAN TUBUH MANUSIA

Toksikokenetik: Bagaimana Tubuh Menyikapi Agen-agen Kimia

Toksikokinetik adalah studi tentang bagaimana tubuh menangani suatu toksikan dari agen kimia seiring waktu. Proses ini mencakup penyerapan (absorpsi) bahan kimia ke

dalam tubuh, penyebarannya (distribusi) ke berbagai jaringan, perubahan kimianya (metabolisme atau biotransformasi), dan pengeluarannya (ekskresi) dari tubuh. Keempat proses ini sering disingkat sebagai ADME (Absorpsi, Distribusi, Metabolisme, Ekskresi). Proses ADME secara kolektif menentukan konsentrasi bahan kimia (atau metabolit aktifnya) di lokasi target aksi (misalnya, organ atau sel tertentu) dan durasi keberadaannya di lokasi tersebut, yang pada akhirnya sangat mempengaruhi potensi toksisitasnya (Sandhya, 2021).

Absorpsi adalah proses masuknya bahan kimia dari luar tubuh melintasi sawar biologis (seperti kulit, epitel paru-paru, atau lapisan saluran pencernaan) ke dalam sirkulasi sistemik (aliran darah) atau sistem limfatik. Jalur utama absorpsi meliputi inhalasi, dermal dan ingesti. Inhalasi adalah jalur absorpsi melalui saluran pernapasan yang biasanya jalur utama untuk agen kimia berwujud gas, uap, dan aerosol (debu, asap, kabut). Faktor yang mempengaruhi termasuk laju pernapasan, konsentrasi di udara, kelarutan, dan ukuran partikel. Adapun jalur dermal (kulit) adalah absorpsi yang terjadi melalui kulit yang terutama terjadi pada agen kimia yang bersifat lipofilik. Faktor yang mempengaruhi meliputi integritas kulit (luka atau abrasi meningkatkan absorpsi), sifat kimia zat (kelarutan lipid), durasi kontak, area permukaan kulit yang terpapar, dan adanya pelarut (*vehicle*) yang dapat meningkatkan penetrasi. Jalur ingesti adalah absorpsi agen kimia yang terjadi di sepanjang saluran pencernaan (mulut, lambung, usus halus, usus besar). Faktor yang mempengaruhi meliputi sifat fisikokimia (kelarutan, tingkat ionisasi yang dipengaruhi pH), waktu pengosongan lambung, motilitas usus, interaksi dengan makanan, dan metabolisme di dinding usus atau hati sebelum mencapai sirkulasi sistemik (dikenal sebagai efek lintas pertama atau *first-pass effect*) (Kermanizadeh et al., 2015; Tsaion, 2016).

Setelah agen kimia diserap ke aliran darah atau limfatik, agen kimia kemudian melalui proses distribusi ke seluruh tubuh. Proses ini melibatkan pergerakan reversibel bahan kimia dari darah ke ruang interstisial (cairan antar sel) dan intraseluler (dalam sel) di berbagai jaringan dan organ. Faktor yang mempengaruhi distribusi meliputi: Aliran darah ke

jaringan/organ (organ dengan aliran darah tinggi seperti hati, ginjal, otak menerima lebih banyak bahan kimia pada awalnya), sifat fisikokimia bahan kimia (kelarutan dalam lemak vs. air, ukuran molekul yang mana zat lipofilik cenderung terakumulasi di jaringan lemak), ikatan dengan protein plasma (misalnya, albumin) dan adanya afinitas spesifik terhadap komponen jaringan (misalnya, timbal terakumulasi di tulang, insektisida organoklorin di jaringan lemak) (Arman & Clarke, 2021; Chen et al., 2018).

Bersamaan dengan proses distribusi berlangsung, agen kimia selanjutnya dapat ditransformasikan menjadi senyawa lain yang dikenal dengan proses metabolisme. Tujuan utama metabolisme adalah mengubah agen-agen kimia, terutama yang bersifat lipofilik, menjadi metabolit yang lebih polar (larut dalam air) sehingga lebih mudah diekskresikan dari tubuh, terutama melalui urin. Hati adalah organ utama metabolisme. Proses ini umumnya dibagi menjadi 2 fase yaitu fase I (fungsionalisasi) dan fase II (konjugasi). Reaksi fase I memasukkan atau membuka gugus fungsional (seperti -OH, -COOH, -NH₂, -SH) ke dalam molekul induk melalui proses oksidasi, reduksi, atau hidrolisis. Enzim sitokrom P450 (CYP450), yang banyak terdapat di hati, memainkan peran kunci dalam banyak reaksi fase I. Metabolit fase I bisa jadi kurang toksik (detoksifikasi), sama toksiknya, atau bahkan lebih toksik (bioaktivasi) daripada senyawa induknya. Sedangkan reaksi fase II melibatkan penggabungan (konjugasi) senyawa induk atau metabolit fase I dengan molekul endogen (yang sudah ada di tubuh), seperti asam glukuronat, sulfat, glutation, atau gugus asetil. Hasilnya adalah konjugat yang umumnya lebih besar, sangat polar (larut air), tidak aktif secara farmakologis/toksikologis, dan mudah diekskresikan. Faktor-faktor seperti perbedaan genetik (polimorfisme enzim metabolik), usia, jenis kelamin, status gizi, penyakit (terutama hati), dan paparan bersamaan dengan bahan kimia lain (yang dapat menginduksi atau menghambat enzim) dapat secara signifikan mempengaruhi laju dan jalur metabolisme (Arman & Clarke, 2021; Chen et al., 2018; Tsaioun, 2016).

Terakhir, agen kimia akan diekskresikan melalui proses ekskresi. Jalur ekskresi agen kimia dari tubuh meliputi jalur

renal/ginjal, hati/empedu, pari-paru dan jalur minor. Jalur renal/ginjal merupakan jalur utama bagi banyak agen kimia dan metabolitnya yang larut dalam air. Beberapa agen kimia, terutama jika hasil metabolitnya pada Fase II berukuran besar atau agen kimia yang tidak bisa diubah kepolarannya, diekskresikan oleh hati ke dalam empedu, yang kemudian masuk ke usus dan dikeluarkan melalui feses. Namun perlu diingat beberapa agen kimia dapat diserap kembali dari usus ke dalam darah (sirkulasi enterohepatik), yang dapat memperpanjang waktu paruh agen kimia tersebut dalam tubuh. Adapun jalur lainnya yaitu melalui paru-paru khusus agen kimia yang mudah menguap (volatil) atau metabolit berbentuk gas dapat diekskresikan melalui udara ekspirasi (hembusan napas). Selain yang disebutkan di atas, ada juga jalur ekskresi minor seperti melalui keringat, air liur, air mata, rambut, kuku dan air susu ibu (Arman & Clarke, 2021; Chen et al., 2018; Clerbaux et al., 2018).

Toksikodinamik: Bagaimana Agen-agen Kimia Berinteraksi dengan Tubuh

Jika toksikokinetik menjelaskan perjalanan agen kimia di dalam tubuh, maka toksikodinamik berfokus pada efek agen kimia tersebut pada tubuh. Toksikodinamika menggambarkan efek biologis suatu agen kimia dan mekanisme molekuler, seluler, serta fisiologis yang mendasari yang memediasi efek tersebut. Hal ini mencakup tentang bagaimana agen kimia berinteraksi dengan target seluler, seperti reseptor, enzim, protein struktural, dan asam nukleat, yang menyebabkan gangguan pada jalur biokimia yang mengakibatkan hasil yang merugikan (Aichinger et al., 2021; Roque-Bravo et al., 2023).

Proses toksikodinamik dimulai ketika molekul toksikan mencapai targetnya dalam konsentrasi yang cukup dan berinteraksi dengannya. Target ini bisa berupa reseptor seluler, enzim, molekul DNA, protein struktural, atau komponen seluler lainnya. Interaksi ini memicu serangkaian kejadian (*cascade events*) yang mengganggu fungsi normal sel atau biokimia, yang dapat bermanifestasi sebagai toksisitas. Beberapa mekanisme aksi toksikodinamik yang umum meliputi: interaksi dengan reseptor (baik agonis dan antagonis), inhibisi Enzim (baik kompetitif, non-kompetitif dan unkompetitif), kerusakan DNA

(genotoksisitas), stres oksidatif, gangguan fungsi membran sel, gangguan homeostasis kalsium (terkait dengan apoptosis dan nekrosis), toksisitas mitokondria, peroksidasi lipid dan interferensi dengan sintesis atau fungsi makromolekul lain. Interaksi awal pada tingkat molekuler ini memicu perubahan pada tingkat seluler (misalnya, apoptosis, nekrosis, perubahan fungsi sel), yang kemudian dapat menyebabkan kerusakan pada tingkat jaringan dan organ, dan akhirnya menghasilkan manifestasi klinis toksisitas yang teramati (Braeuning et al., 2022; Liu & Sayes, 2022).

EFEK KESEHATAN DARI PAPARAN AGEN-AGEN KIMIA

Kategori umum efek kesehatan dari agen-agen kimia didasarkan pada dampak biologis utama yang ditimbulkan oleh bahan kimia pada organisme hidup. Penting dicatat bahwa satu bahan kimia dapat termasuk dalam lebih dari satu kategori. Identifikasi dan kategorisasi ini mencakup karsinogenisitas, mutagenisitas, toksisitas reproduksi, neurotoksisitas, dan sensitisasi pernapasan (Rim, 2017). Akan tetapi, kategori jenis ini dapat lebih banyak lagi yang akan dijelaskan lebih lanjut. Terkadang, keragaman efek ini memerlukan sistem kategori yang mempertimbangkan dampak akut dan kronis, memastikan paparan pekerja dikelola berdasarkan toksisitas intrinsik senyawa (Lane et al., 2022). Sehingga dalam buku ini akan dijelaskan kategori sebagai berikut: iritan, korosif, sensitizer, asfiksian, karsinogen, mutagen, teratogen, neurotoksik, hepatotoksik, nefrotoksik, reprotoksik dan pengganggu endokrin beserta contohnya.

Agen kimia iritan merupakan agen kimia yang Menyebabkan peradangan reversible pada permukaan tubuh yang terpapar (kulit, mata, saluran napas). Contoh: Amonia, klorin, sulfur dioksida. Agen kimia iritan sering disandingkan dengan agen kimia korosif yang menyebabkan kerusakan jaringan yang terlihat dan seringkali permanen pada titik kontak. Contoh: Asam kuat (asam sulfat), basa kuat (natrium hidroksida). Menariknya, agen kimia iritan juga dikaitkan dengan agen kimia sensitizer yang mana agen kimia itu seakan-akan menyebabkan iritasi namun dengan jalur yang disebabkan oleh alergi/melibatkan sistem imun. Dengan kata lain, agen

kimia sensitizer adalah agen kimia yang menyebabkan reaksi alergi pada paparan berikutnya setelah paparan awal (sensitisasi). Agen kimia sensitisasi dapat berupa sensitisasi kulit (menyebabkan dermatitis kontak alergi) atau sensitisasi pernapasan (menyebabkan asma kerja). Contoh: Isosianat, formaldehida, beberapa logam seperti nikel dan kromium. Akhir dari agen kimia sensitizer terkadang mirip efeknya dengan agen kimia iritan meskipun dengan jalur yang berbeda (Bhatarai et al., 2016; Di Stefano et al., 2024). Pertolongan pertama pada paparan agen-agen iritan, korosif dan sensitizer yang biasa dilakukan adalah dengan mengalirkan air yang banyak pada lokasi yang terkena.

Agen kimia asfiksian adalah agen kimia yang mengganggu kemampuan tubuh untuk mendapatkan atau menggunakan oksigen. Agen kimia asfiksian dapat dibagi lagi menjadi dua yakni asfiksian sederhana dan asfiksian kimia. Asfiksian sederhana biasanya adalah gas inert yang menggantikan oksigen di udara, mengurangi konsentrasi oksigen yang dihirup. Contoh: Nitrogen, metana, karbon dioksida dalam konsentrasi tinggi. Sementara asfiksian kimia bekerja dengan mengganggu pengangkutan oksigen oleh darah atau penggunaan oksigen oleh sel. Contoh: Karbon monoksida (bersaing untuk mengikat hemoglobin) dan hidrogen sianida (menghambat respirasi seluler dengan menghambat kompleks IV mitokondria) (Hernández Bello et al., 2022; Weiss & Weibrecht, 2019). Paparan terhadap gas asfiksia memerlukan pemindahan segera dari lingkungan paparan dan penanganan medis yang cepat karena perkembangan cedera hipoksia yang cepat.

Agen kimia yang dikategorikan dengan akhiran “-gen” berasal dari kata “genesis” atau “pembentukan” yang berarti menyebabkan pembentukan atas sesuatu. Agen kimia yang bersifat karsinogen adalah agen kimia yang dapat menyebabkan atau meningkatkan risiko terbentuknya kanker. Contoh: Asbes, benzena, arsenik, vinil klorida. Agen kimia yang bersifat mutagen berarti adalah agen kimia yang dapat membentuk sel hasil mutasi materi genetik (DNA). Terkadang, mutagen dan karsinogen dianggap satu kesatuan namun mutagen selain dapat menyebabkan kanker juga dapat menyebabkan kelainan genetik lainnya seperti kehilangan fungsi dari suatu organ. Zat

yang terkenal bersifat mutagen salah satunya adalah etidium bromida (Papamokos & Silins, 2016; Şahin et al., 2022). Adapun teratogen ialah agen kimia yang menyebabkan pembentukan janin yang terganggu. Secara harafiah teratogen berarti “membentuk monster” yang mana monster yang dimaksud adalah janin yang terganggu tersebut. Contoh: Thalidomide, metilmerkuri, etanol (Bhatnagar-Mathur et al., 2015; Şahin et al., 2022).

Agen kimia juga dapat dikategorikan sesuai dengan nama target organ/jaringan yang diserang kemudian diikuti dengan akhiran “-toksik” seperti neurotoksik (yang berarti agen kimia yang menyerang sistem saraf/neuron), hepatotoksik (yang berarti agen kimia yang menyerang organ hati/hepar), nefrotoksik (yang berarti agen kimia yang menyerang nefron pada ginjal) dan reprotoksik (yang berarti agen kimia yang menyerang sistem reproduksi baik pria maupun wanita) (Abdulbasit Oboh et al., 2024; Alavi & Webster, 2020; Jatav & Bano, 2022; Tranfo et al., 2024). Contoh agen kimia neurotoksik adalah akrilamida yang menyebabkan neuropati perifer dan gangguan neurologis lainnya (Jatav & Bano, 2022). Adapun contoh agen kimia hepatotoksik adalah organofosfat klorpirifos, yang menyebabkan nekrosis dan perubahan struktural pada sel-sel hati (Abdulbasit Oboh et al., 2024). Contoh agen kimia nefrotoksik adalah timbal yang sering diamati di lingkungan industri baterai. Paparan timbal telah dikaitkan dengan gangguan ginjal, sebagaimana dibuktikan oleh peningkatan kadar kreatinin serum dan penanda disfungsi ginjal lainnya (Singamsetty & Gollapudi, 2017). Adapun zat reprotoksik menjadi perhatian di lingkungan kerja tempat paparan pelarut terklorinasi terjadi. Misalnya, pekerja laki-laki yang terpapar bahan kimia seperti trikloroetena, bersama dengan ester glikol dan aseton, telah menunjukkan gangguan kesehatan reproduksi, termasuk perubahan morfologi dan motilitas sperma, serta waktu pembuahan yang lama bagi pasangannya (Fesenko et al., 2024).

STRATEGI MITIGASI DAN PENGENDALIAN

Hirarki Pengendalian

Hirarki Pengendalian adalah pendekatan sistematis dan bertingkat yang digunakan, terutama dalam konteks kesehatan dan keselamatan kerja (K3), untuk meminimalkan atau menghilangkan paparan terhadap bahaya di tempat kerja. Prinsip utamanya adalah bahwa metode pengendalian di tingkat atas hirarki secara inheren lebih efektif dan protektif daripada metode di tingkat bawah. Ketika diterapkan pada bahaya kimia, tujuannya adalah untuk mencegah atau mengurangi paparan pekerja terhadap bahan kimia berbahaya. Adapun urutan prioritas dalam hirarki pengendalian meliputi eliminasi, substitusi, pengendalian teknis, pengendalian administratif dan penggunaan alat pelindung diri (Jogie et al., 2025).

Metode pengendalian tahap paling awal yaitu eliminasi dan substitusi melibatkan penghapusan total bahaya kimia atau penggantian bahan kimia berbahaya dengan alternatif yang lebih aman. Tindakan ini dianggap paling efektif karena secara langsung menghilangkan sumber bahaya. Akan tetapi, eliminasi lengkap seringkali tidak praktis di banyak lingkungan industri dan laboratorium di mana bahan kimia merupakan bagian integral dari proses (Jogie et al., 2025). Dalam kasus substitusi, pembuat keputusan harus mengevaluasi profil toksikologi bahan kimia pengganti dengan cermat untuk memastikan bahwa alternatif tidak menimbulkan bahaya baru (Othman et al., 2017).

Pengendalian teknis menjadi tingkat berikutnya dalam hirarki dan bertujuan mengisolasi pekerja dari bahaya kimia. Salah satu kontrol teknik paling umum adalah penggunaan sistem ventilasi lokal di laboratorium. Sistem ini berfungsi dengan menangkap dan mengendalikan uap kimia berbahaya, sehingga membentuk penghalang fisik yang meminimalkan paparan (Alias et al., 2024). Pengendalian ini juga mencakup strategi pengurangan (seperti lemari asam, kotak sarung tangan, dan sistem tertutup di fasilitas pengolahan kimia) yang dirancang untuk mencegah penyebaran bahan kimia berbahaya ke lingkungan kerja (Nor Aimi Abdul Wahab et al., 2021). Implementasi pengendalian ini memerlukan pemeliharaan dan

evaluasi rutin untuk memastikan keefektifannya, dan sering menjadi tulang punggung pengurangan risiko, terutama ketika eliminasi atau substitusi tidak memungkinkan (Alias et al., 2024).

Pengendalian administratif melibatkan revisi praktik kerja, prosedur, dan kebijakan untuk mengurangi kemungkinan paparan bahaya kimia. Tindakan ini mencakup penerapan prosedur operasi standar, program pelatihan karyawan, dan perubahan jadwal yang membatasi durasi dan intensitas paparan. Meskipun pengendalian administratif tidak menghilangkan bahaya, tindakan ini memainkan peran penting dalam mengurangi risiko dengan memastikan pekerja menyadari potensi bahaya dan mematuhi praktik kerja aman (Nor Aimi Abdul Wahab et al., 2021).

Terakhir, alat pelindung diri (APD) digunakan sebagai garis pertahanan terakhir. APD seperti sarung tangan, respirator, dan pakaian pelindung dirancang untuk melindungi pekerja dalam situasi di mana kontrol teknik dan administratif tidak dapat sepenuhnya menghilangkan paparan. Namun, ketergantungan pada APD umumnya dianggap kurang efektif karena kinerjanya sangat bergantung pada pemilihan, kesesuaian, dan penggunaan yang konsisten, serta penilaian berkelanjutan terhadap keterbatasannya (Nelson & Phalen, 2022). Oleh karena itu, meskipun APD diperlukan terutama di lingkungan berisiko tinggi, penggunaannya harus dikombinasikan dengan, dan bukan sebagai pengganti, tingkat pengendalian yang lebih tinggi dalam hirarki (Jogie et al., 2025).

Secara kolektif, hirarki pengendalian menyediakan pendekatan terstruktur dan berlapis untuk mengelola bahaya kimia. Dengan menerapkan kontrol ini secara sistematis, profesional keselamatan dapat mengurangi risiko paparan secara signifikan. Pendekatan terintegrasi ini tidak hanya melindungi pekerja dari bahaya kesehatan akut dan kronis, tetapi juga mendukung kepatuhan terhadap standar regulasi dan mempromosikan budaya keselamatan di laboratorium dan lingkungan industri. Implementasi yang tepat dari hirarki pengendalian tetap menjadi elemen esensial dalam manajemen kesehatan dan keselamatan kerja yang efektif.

Strategi Mitigasi Lingkungan Berdasarkan Penelitian Terbaru

Strategi mitigasi lingkungan untuk bahaya kimia mencakup berbagai pendekatan yang bertujuan meminimalkan atau menghilangkan dampak negatif bahan kimia berbahaya terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Strategi ini melibatkan detoksifikasi kimia, penilaian dan manajemen risiko, serta teknologi remediasi inovatif yang diterapkan di sektor industri, pertanian, dan perkotaan (Ajala et al., 2023; Suwanaruang, 2024).

Salah satu pendekatan utama yang dilakukan baru-baru ini adalah penggunaan gabungan metode detoksifikasi biologis dan kimia. Strategi biologis seperti bioremediasi dan fitoremediasi memanfaatkan proses alami untuk mendegradasi, mengubah, atau mengimobilisasi bahan kimia berbahaya di tanah, air, dan udara yang terkontaminasi. Secara komplementer, detoksifikasi kimia melibatkan transformasi bahan kimia beracun menjadi bentuk kurang berbahaya melalui reaksi oksidasi, reduksi, atau presipitasi. Ajala et al. (2023) memberikan tinjauan integratif yang menekankan sinergi antara metode ini, menyoroti bahwa pendekatan terpadu dapat meningkatkan efikasi upaya detoksifikasi, terutama saat menangani campuran kompleks polutan. Strategi terintegrasi ini penting dalam konteks di mana berbagai kelas kimia mulai dari polutan organik hingga logam berat hadir dan berinteraksi di lingkungan (Ajala et al., 2023).

Selain detoksifikasi langsung, kerangka penilaian risiko digunakan untuk mengidentifikasi populasi rentan dan memprioritaskan upaya mitigasi. Fedinick et al. (2021) menggambarkan kerangka kumulatif yang menggabungkan teknik geospasial dan data publik untuk menilai paparan komunitas terbebani terhadap bahan kimia berbahaya. Pendekatan ini kritis ketika sumber daya terbatas dan intervensi terarah diperlukan, memastikan badan regulasi seperti *U.S. Environmental Protection Agency* mengembangkan strategi manajemen risiko yang disesuaikan untuk melindungi kelompok paling berisiko. Integrasi penilaian risiko dengan strategi mitigasi tidak hanya meningkatkan ketepatan upaya remediasi tetapi juga menginformasikan pengembangan

kebijakan dan intervensi berbasis komunitas (Pullen Fedinick et al., 2021).

Sektor industri juga mengadopsi praktik manajemen kimia proaktif untuk mengurangi bahaya lingkungan dari sumbernya. Misalnya, Obiuto et al. 2024 mengulas praktik dalam manufaktur elektronik, menekankan pentingnya substitusi bahan kimia lebih berbahaya dengan alternatif lebih aman dan penerapan kontrol teknik untuk mengurangi pelepasan zat beracun. Strategi ini mencakup desain proses *closed-loop*, protokol minimisasi limbah yang ditingkatkan, dan sistem pemantauan canggih. Langkah-langkah ini mengurangi bahaya kimia dengan menurunkan potensi pelepasan tak disengaja dan mendorong praktik manufaktur berkelanjutan melalui inovasi proses dan perbaikan berkelanjutan (Nwankwo Constance Obiuto et al., 2024).

Studi kasus spesifik sektor lebih lanjut menggambarkan strategi mitigasi terarah. Di industri tekstil, Tian et al. (2020) menampilkan metode peningkatan untuk menilai dampak lingkungan polutan kimia seperti kadmium, kromium, dan merkuri. Studi mereka menganjurkan pengendalian zat paling beracun secara preferensial melalui proses pengolahan khusus yang menggabungkan pemisahan fisik, presipitasi kimia, dan teknik adsorpsi (Tian et al., 2020). Hal yang serupa, Eneh et al. (2023) berfokus pada mitigasi risiko kesehatan masyarakat terkait bahan berbahaya dalam limbah elektronik. Karya mereka menekankan pentingnya teknologi pengumpulan, daur ulang, dan pengolahan efektif untuk mengurangi beban lingkungan bahan beracun serta mendukung transisi menuju ekonomi sirkular dalam manajemen limbah (Eneh et al., 2023).

Teknologi remediasi yang canggih juga memainkan peran penting dalam mitigasi bahaya kimia. Pendekatan inovatif seperti proses oksidasi lanjutan, adsorpsi berbasis nanomaterial, dan strategi kimia hijau sedang dikembangkan untuk mengolah limbah berbahaya secara lebih berkelanjutan. Misalnya, studi asesmen teknologi inovatif menunjukkan hasil menjanjikan dalam menangani situs terkontaminasi dengan meningkatkan laju reaksi dan mengurangi polusi sekunder (Lekkas, 2024). Dalam konteks logam berat, Khan et al. (2025) membahas strategi kimia yang meningkatkan efisiensi

penghilangan logam persisten seperti timbal dan merkuri, menekankan metode seperti presipitasi kimia, pertukaran ion, dan penggunaan adsorben novel untuk menangkap dan mengisolasi kontaminan secara efektif (Faryal Khan et al., 2025). Selain itu, remediasi kontaminan pewarna dalam air limbah, seperti ditinjau oleh Tripathi et al. (2023), menggarisbawahi potensi perlakuan mikroba dan proses ekologis untuk memecah molekul pewarna kompleks, sehingga mengurangi toksisitas dan persistensinya di lingkungan (Tripathi et al., 2023).

Secara keseluruhan, strategi mitigasi lingkungan untuk bahaya kimia dicirikan oleh pendekatan bertier dan interdisipliner. Integrasi metode detoksifikasi kimia dan biologis, sistem penilaian risiko yang kokoh, manajemen industri proaktif, serta teknologi remediasi inovatif berkontribusi pada kerangka mitigasi komprehensif. Pendekatan terintegrasi ini tidak hanya mengurangi risiko lingkungan dan kesehatan langsung dari polutan kimia tetapi juga mendorong keberlanjutan jangka panjang melalui desain proses lebih aman dan keterlibatan aktif pembuat kebijakan serta komunitas yang terdampak.

KESIMPULAN

Pemahaman mengenai klasifikasi agen-agen kimia, berdasarkan keadaan fisik (seperti gas, cairan, padatan, aerosol, debu, dan asap) serta struktur kimia (organik vs. anorganik), merupakan dasar untuk mengenali perilaku, persebaran, dan risikonya. Interaksi agen-agen ini dengan tubuh manusia melibatkan proses toksikokinetik yang menentukan konsentrasi dan ketahanan zat di lokasi target. Selain itu, toksikodinamik menjelaskan mekanisme di mana agen-agen ini mengganggu fungsi biologis normal pada tingkat molekuler dan seluler, sehingga menimbulkan efek merugikan. Dampak kesehatan yang muncul beragam, mulai dari iritasi dan korosi langsung hingga kondisi kronis seperti toksisitas organ-spesifik (mempengaruhi saraf, hati, ginjal, atau sistem reproduksi), sensitisasi, asfiksia, serta risiko jangka panjang seperti kanker, mutasi genetik, dan kelainan perkembangan janin.

Pengelolaan bahaya kimia secara efektif bergantung pada strategi mitigasi dan pengendalian yang sistematis. Hirarki pengendalian menyediakan kerangka prioritas yang menekankan eliminasi atau substitusi bahan kimia berbahaya sebagai langkah paling efektif, diikuti oleh kontrol teknik (seperti ventilasi dan penahanan), kontrol administratif (termasuk prosedur dan pelatihan), serta penggunaan alat pelindung diri (APD) sebagai pertahanan terakhir. Strategi mitigasi lingkungan yang lebih luas juga diperlukan, mencakup metode detoksifikasi (kimia dan biologis), penilaian risiko menyeluruh untuk mengidentifikasi populasi rentan, manajemen industri proaktif, dan pengembangan teknologi remediasi inovatif untuk mengurangi beban lingkungan dari bahan kimia berbahaya. Pendekatan terpadu dan interdisipliner yang menggabungkan strategi-strategi ini sangat penting untuk melindungi kesehatan manusia dan keutamaan lingkungan dari risiko yang ditimbulkan oleh agen kimia.

- Abdulbasit Oboh, Ferdinand Uwaifo, Ozioma Jerry Gabriel, Adrams .O. Uwaifo, Ajayi, S. A.-O., & Joy Uzuokoh Ukoba. (2024). Multi-Organ toxicity of organophosphate compounds: hepatotoxic, nephrotoxic, and cardiotoxic effects. *International Medical Science Research Journal*, 4(8), 797–805. <https://doi.org/10.51594/imsrj.v4i8.1364>
- Aichinger, G., Del Favero, G., Warth, B., & Marko, D. (2021). *Alternaria* toxins—Still emerging? *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(5), 4390–4406. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12803>
- Ajala, L. O., Anyiam, C. C., & Anyiam, C. A. (2023). Harmonizing Biological and Chemical Strategies for Hazardous Chemical Detoxification: An Integrative Review. *Chemical Science International Journal*, 32(6), 31–40. <https://doi.org/10.9734/CSJI/2023/v32i6868>
- Alavi, M., & Webster, T. J. (2020). Nano Liposomal and Cubosomal Formulations with Platinum-Based Anticancer Agents: Therapeutic Advances and Challenges. *Nanomedicine*, 15(24), 2399–2410. <https://doi.org/10.2217/nnm-2020-0199>
- Alias, A. N., A. Aziz, R., Amni Abdullah, N., & Mohamed Zabidi, Z. (2024). Simple and Low-Cost Visual Inspection of Engineering Control in Science Laboratories. *Malaysian Journal of Applied Sciences*, 9(1), 28–36. <https://doi.org/10.37231/myjas.2024.9.1.382>
- Arman, T., & Clarke, J. (2021). Microcystin Toxicokinetics, Molecular Toxicology, and Pathophysiology in Preclinical Rodent Models and Humans. *Toxins*, 13(8), 537. <https://doi.org/10.3390/toxins13080537>
- Beheshti, M., Firoozi chahak, A., Alinaghi Langari, A., & Rostami, S. (2015). Semi-quantitative risk assessment of health exposure to hazardous chemical agents in a petrochemical plant. *Journal of Occupational Health and Epidemiology*, 4(1), 1–8. <https://doi.org/10.18869/acadpub.johe.4.1.1>
- Bhatnagar-Mathur, P., Sunkara, S., Bhatnagar-Panwar, M., Waliyar, F., & Sharma, K. K. (2015). Biotechnological advances for combating *Aspergillus flavus* and aflatoxin contamination in crops. *Plant*

- Science*, 234, 119–132.
<https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2015.02.009>
- Bhatarai, B., Wilson, D. M., Parks, A. K., Carney, E. W., & Spencer, P. J. (2016). Evaluation of TOPKAT, Toxtree, and Derek Nexus *in Silico* Models for Ocular Irritation and Development of a Knowledge-Based Framework To Improve the Prediction of Severe Irritation. *Chemical Research in Toxicology*, 29(5), 810–822.
<https://doi.org/10.1021/acs.chemrestox.5b00531>
- Braeuning, A., Bloch, D., Karaca, M., Kneuer, C., Rotter, S., Tralau, T., & Marx-Stoelting, P. (2022). An approach for mixture testing and prioritization based on common kinetic groups. *Archives of Toxicology*, 96(6), 1661–1671. <https://doi.org/10.1007/s00204-022-03264-8>
- Chen, H., Zhou, X., & Song, B. (2018). Toxicokinetics, Tissue Distribution, and Excretion of Dufulin Racemate and Its *R* (*S*)-Enantiomers in Rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(28), 7265–7274. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b01101>
- Clerbaux, L.-A., Coecke, S., Lumen, A., Kliment, T., Worth, A. P., & Paini, A. (2018). Capturing the applicability of *in vitro-in silico* membrane transporter data in chemical risk assessment and biomedical research. *Science of The Total Environment*, 645, 97–108. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.122>
- Di Stefano, M., Galati, S., Piazza, L., Granchi, C., Mancini, S., Fratini, F., Macchia, M., Poli, G., & Tuccinardi, T. (2024). VenomPred 2.0: A Novel *In Silico* Platform for an Extended and Human Interpretable Toxicological Profiling of Small Molecules. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 64(7), 2275–2289. <https://doi.org/10.1021/acs.jcim.3c00692>
- Dimakakou, E., Johnston, H. J., Streftaris, G., & Cherrie, J. W. (2020). Evaluation of the Suitability of an Existing Job–Exposure Matrix for the Assessment of Exposure of UK Biobank Participants to Dust, Fumes, and Diesel Exhaust Particulates. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(14), 4919. <https://doi.org/10.3390/ijerph17144919>

- Eneh, O. C., Eneh, C. A., Eneonwo, C. I., Okosun, A., Emenuga, V., Obi, N. I., Egbenta, I. R., Oloto, M. C., Ubani, O., & Akah, P. A. (2023). Mitigating potential public health risks and challenges from hazardous materials contained in electronic waste items in a developing country setting. *Environmental Analysis Health and Toxicology*, *38*(1), e2023001. <https://doi.org/10.5620/eaht.2023001>
- Eriksson, A., Abera, A., Malmqvist, E., & Isaxon, C. (2022). Characterization of fine particulate matter from indoor cooking with solid biomass fuels. *Indoor Air*, *32*(11). <https://doi.org/10.1111/ina.13143>
- Escobar, Y.-N. H., Nipp, G., Cui, T., Petters, S. S., Surratt, J. D., & Jaspers, I. (2020). *In Vitro* Toxicity and Chemical Characterization of Aerosol Derived from Electronic Cigarette Humectants Using a Newly Developed Exposure System. *Chemical Research in Toxicology*, *33*(7), 1677–1688. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrestox.9b00490>
- Faryal Khan, Mohsin Tehseen, Sajid Ali, Basit Ali, Kiran Fatima, Haseeb Khaliq, Ashique Ali Chohan, & Wajeeha Tahir. (2025). ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY OF HEAVY METALS: CHEMICAL STRATEGIES FOR MITIGATION. *Kashf Journal of Multidisciplinary Research*, *2*(02), 1–17. <https://doi.org/10.71146/kjmr253>
- Fesenko, M. A., Golovaneva, G. V., & Miteleva, T. Yu. (2024). Reproductive disorders in male workers under the influence of a chemical production factor. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*, *64*(8), 531–541. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-8-531-541>
- Hernández Bello, C. Y., Figueroa Uribe, A. F., & Hernandez Ramirez, J. (2022). Biochemical suffocants: Carbon Monoxide and Cyanide. *Revista de La Facultad de Medicina Humana*, *22*(3), 614–624. <https://doi.org/10.25176/RFMH.v22i3.4928>
- Jatav, J., & Bano, H. (2022). Toxic impacts of Acrylamide : A Review. *FLORA AND FAUNA*, *28*(2). <https://doi.org/10.33451/florafauna.v28i2pp295-302>
- Jogie, Dr. J. A., Rampersad, Dr. D., Bharrath-Singh, Dr. D., Joseph, Dr. S., Clarke, Dr. A., & Rosa, Dr. T. La.

- (2025). A Comprehensive Review of the Hierarchy of Controls and Barriers to its Implementation. *International Journal of Preventive Medicine and Health*, 5(3), 32–38. <https://doi.org/10.54105/ijpmh.C1061.05030325>
- Kermanizadeh, A., Balharry, D., Wallin, H., Loft, S., & Møller, P. (2015). Nanomaterial translocation—the biokinetics, tissue accumulation, toxicity and fate of materials in secondary organs—a review. *Critical Reviews in Toxicology*, 45(10), 837–872. <https://doi.org/10.3109/10408444.2015.1058747>
- Kim, M., Shin, S., & Byeon, S. (2015). Comparison of chemical risk assessment methods in South Korea and the United Kingdom. *Journal of Occupational Health*, 57(4), 339–345. <https://doi.org/10.1539/joh.14-0253-OA>
- Lane, M. K. M., Garedew, M., Deary, E. C., Coleman, C. N., Ahrens-Viquez, M. M., Erythropel, H. C., Zimmerman, J. B., & Anastas, P. T. (2022). What to Expect When Expecting in Lab: A Review of Unique Risks and Resources for Pregnant Researchers in the Chemical Laboratory. *Chemical Research in Toxicology*, 35(2), 163–198. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrestox.1c00380>
- Lee, S., Choi, S., & Lee, K. (2020). Evaluation of Stoffenmanager and a New Exposure Model for Estimating Occupational Exposure to Styrene in the Fiberglass Reinforced Plastics Lamination Process. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(12), 4486. <https://doi.org/10.3390/ijerph17124486>
- Lekkas, T. (2024). Assessment of Innovative Technologies for Hazardous Waste Treatment and Remediation Review: A Sustainable Approach for Environmental Protection. *Global NEST Journal*, 1–13. <https://doi.org/10.30955/gnj.05950>
- Liu, J. Y., & Sayes, C. M. (2022). A toxicological profile of silica nanoparticles. *Toxicology Research*, 11(4), 565–582. <https://doi.org/10.1093/toxres/tfac038>
- Mckee, R. H., Adenuga, M. D., & Carrillo, J.-C. (2015). Characterization of the toxicological hazards of hydrocarbon solvents. *Critical Reviews in Toxicology*,

- 45(4), 273–365.
<https://doi.org/10.3109/10408444.2015.1016216>
- Mercier, C., Pourchez, J., Leclerc, L., & Forest, V. (2024). In vitro toxicological evaluation of aerosols generated by a 4th generation vaping device using nicotine salts in an air-liquid interface system. *Respiratory Research*, 25(1), 75. <https://doi.org/10.1186/s12931-024-02697-2>
- National Institute for Occupational Safety and Health. (2016). *NIOSH-OSHA hazard alert: health and safety risks for workers involved in manual tank gauging and sampling at oil and gas extraction sites*. <https://doi.org/10.26616/NIOSH PUB2016108>
- Nelson, D. I., & Phalen, R. N. (2022). Review of the Performance, Selection, and Use of Gloves for Chemical Protection. *ACS Chemical Health & Safety*, 29(1), 39–48.
<https://doi.org/10.1021/acs.chas.1c00084>
- Nicolas, C. I., Mansouri, K., Phillips, K. A., Grulke, C. M., Richard, A. M., Williams, A. J., Rabinowitz, J., Isaacs, K. K., Yau, A., & Wambaugh, J. F. (2018). Rapid experimental measurements of physicochemical properties to inform models and testing. *Science of The Total Environment*, 636, 901–909.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.266>
- Nor Aimi Abdul Wahab, Nur Athyratul Aqila, Norain Isa, Nurul Izza Husin, Azrinawati Mohd Zin, Marina Mokhtar, & Nur Maizatul Azra Mukhtar. (2021). A Systematic Review on Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control in Academic Laboratory. *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, 24(1), 47–62.
<https://doi.org/10.37934/araset.24.1.4762>
- Nwankwo Constance Obiuto, Kehinde Andrew Olu-lawal, Emmanuel Chigozie Ani, Ejike David gwuanyi, & Nwakamma Ninduwezuor-Ehiobu. (2024). Chemical management in electronics manufacturing: Protecting worker health and the environment. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 21(3), 010–018.
<https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.21.3.0648>
- Othman, N., Lerk, L. L., Chelliapan, S., & Mohammad, R. (2017). Comparative Content of Harmful Substances

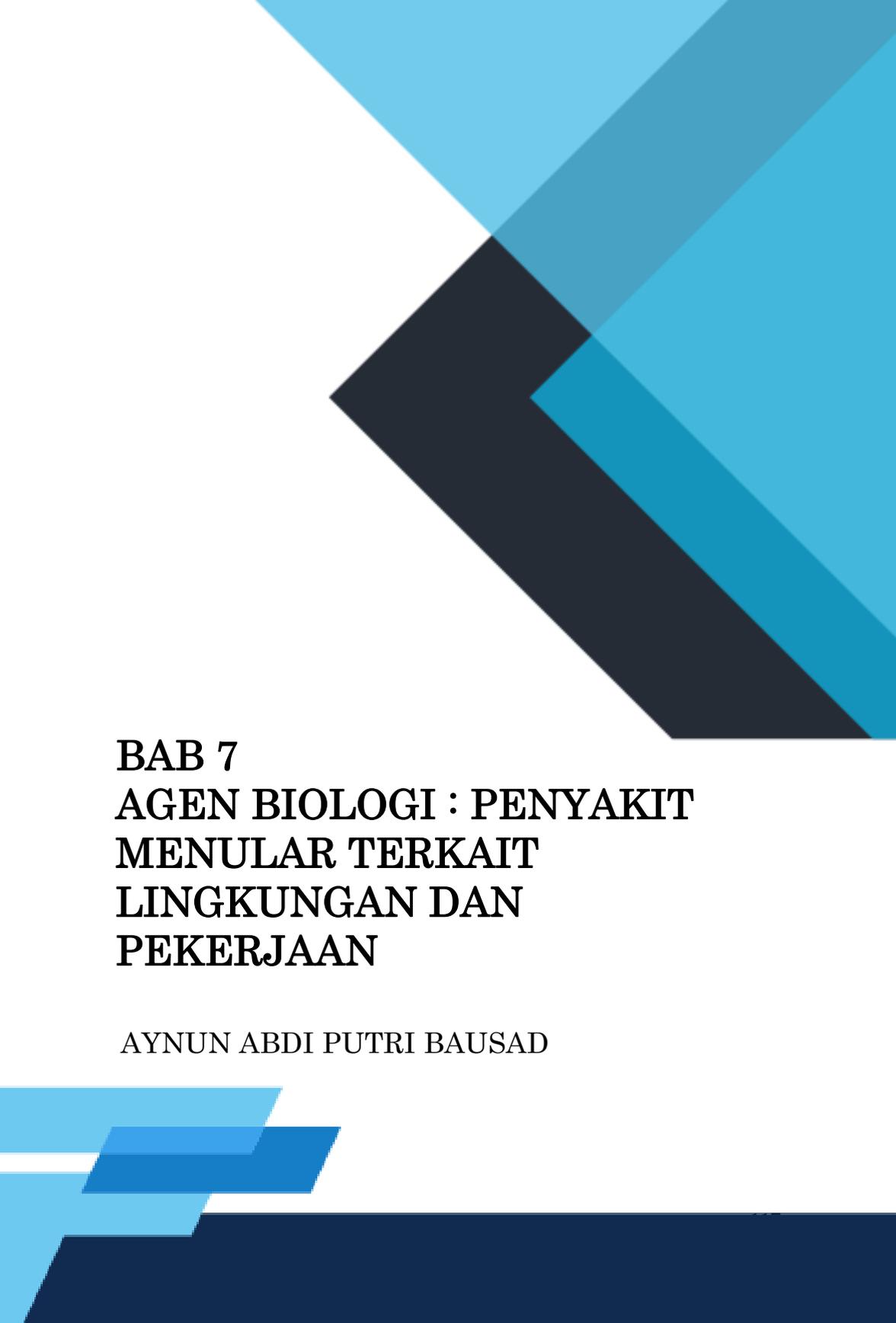
- Contained In the Raw Material for Various Types of Printing Ink. *International Journal of Research in Science*, 3(4), 7.
<https://doi.org/10.24178/ijrs.2017.3.4.07>
- Papamokos, G., & Silins, I. (2016). Combining QSAR Modeling and Text-Mining Techniques to Link Chemical Structures and Carcinogenic Modes of Action. *Frontiers in Pharmacology*, 07.
<https://doi.org/10.3389/fphar.2016.00284>
- Pavlov, N. V., Kryukov, A. V., Il'yaschenko, D. P., & Chinakhov, D. A. (2017). Comparative Analysis of Hygiene and Sanitary Characteristics of Consumable Electrode Gas-Shielded Welding. *Materials Science Forum*, 906, 137–141.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.906.137>
- Pullen Fedinick, K., Yiliqi, I., Lam, Y., Lennett, D., Singla, V., Rotkin-Ellman, M., & Sass, J. (2021). A Cumulative Framework for Identifying Overburdened Populations under the Toxic Substances Control Act: Formaldehyde Case Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(11), 6002.
<https://doi.org/10.3390/ijerph18116002>
- Rim, K.-T. (2017). Reproductive Toxic Chemicals at Work and Efforts to Protect Workers' Health: A Literature Review. *Safety and Health at Work*, 8(2), 143–150.
<https://doi.org/10.1016/j.shaw.2017.04.003>
- Roque-Bravo, R., Silva, R. S., Malheiro, R. F., Carmo, H., Carvalho, F., da Silva, D. D., & Silva, J. P. (2023). Synthetic Cannabinoids: A Pharmacological and Toxicological Overview. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, 63(1), 187–209.
<https://doi.org/10.1146/annurev-pharmtox-031122-113758>
- Şahin, T., Dalğa, S., & Ölmez, M. (2022). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) and Their Importance in Animal Nutrition. In *Animal Husbandry*. IntechOpen.
<https://doi.org/10.5772/intechopen.101816>
- Sandhya. (2021). Toxicokinetics an essential tool in drug discovery: A review article. *IP International Journal*

- of Comprehensive and Advanced Pharmacology*, 6(1), 5–9. <https://doi.org/10.18231/j.ijcaap.2021.002>
- Schön, C.-F., van Bergerem, S., Mattes, C., Yadav, A., Grohe, M., Kobbelt, L., & Wuttig, M. (2022). Classification of properties and their relation to chemical bonding: Essential steps toward the inverse design of functional materials. *Science Advances*, 8(47). <https://doi.org/10.1126/sciadv.ade0828>
- Shin, S., & Byeon, S.-H. (2021). Review and Improvement of Chemical Hazard Risk Management of Korean Occupational Safety and Health Agency. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(17), 9395. <https://doi.org/10.3390/ijerph18179395>
- Singamsetty, B., & Gollapudi, P. K. (2017). A study on health profile of workers in a battery factory with reference to lead toxicity: six months study. *International Journal Of Community Medicine And Public Health*, 4(5), 1519. <https://doi.org/10.18203/2394-6040.ijcmph20171594>
- Suwanaruang, T. (2024). *Environmental Hazards of Chemical Pollution: Assessments and Mitigation*. BP International. <https://doi.org/10.9734/bpi/mono/978-81-977902-5-6>
- Tagiyeva, N., Sadhra, S., Mohammed, N., Fielding, S., Devereux, G., Teo, E., Ayres, J., & Graham Douglas, J. (2017). Occupational airborne exposure in relation to Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) and lung function in individuals without childhood wheezing illness: A 50-year cohort study. *Environmental Research*, 153, 126–134. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.11.018>
- Tian, Z., Yang, Y., & Wang, L. (2020). An improved method for assessing environmental impacts caused by chemical pollutants: A case study in textiles production. *Toxicology and Industrial Health*, 36(4), 228–236. <https://doi.org/10.1177/0748233720919662>
- Tranfo, G., Caporossi, L., Papaleo, B., & Pera, A. (2024). 133 Elevating worker health: safeguarding against reprotoxic substances exposure. *Annals of Work Exposures and Health*, 68(Supplement_1), 1–1. <https://doi.org/10.1093/annweh/wxae035.214>

- Tripathi, M., Singh, S., Pathak, S., Kasaudhan, J., Mishra, A., Bala, S., Garg, D., Singh, R., Singh, P., Singh, P. K., Shukla, A. K., & Pathak, N. (2023). Recent Strategies for the Remediation of Textile Dyes from Wastewater: A Systematic Review. *Toxics*, *11*(11), 940. <https://doi.org/10.3390/toxics11110940>
- Tsaïoun, K. (2016). Evidence-based absorption, distribution, metabolism, excretion (ADME) and its interplay with alternative toxicity methods. *ALTEX*, 343–358. <https://doi.org/10.14573/altex.1610101>
- Weisenstein, D. K., Keith, D. W., & Dykema, J. A. (2015). Solar geoengineering using solid aerosol in the stratosphere. *Atmospheric Chemistry and Physics*, *15*(20), 11835–11859. <https://doi.org/10.5194/acp-15-11835-2015>
- Weiss, S. T., & Weibrecht, K. W. (2019). Toxic Gases. *DeckerMed Family Medicine*. <https://doi.org/10.2310/FM.4342>



Tengku Arief Buana Perkasa, S.Si., M.Biomed. lahir di Pekanbaru, dan saat ini berusia 26 tahun. Pria yang kerap dipanggil Arief ini merupakan lulusan Jurusan Sarjana Kimia Universitas Riau pada tahun 2020 dan lulusan Magister Ilmu Biomedik Universitas Gadjah Mada pada tahun 2023 untuk peminatan spesifik di Biokimia. Arief saat ini merupakan seorang dosen di Jurusan Pendidikan Kedokteran Universitas Jambi untuk bidang kekhususan Biokimia tahun 2024. Selain itu, Arief juga aktif mengajar di Jurusan Farmasi Universitas Jambi untuk beberapa matakuliah seperti Kimia Medisinal, Kimia Organik Farmasi, Kimia Farmasi Kuantitatif dan lain-lain.



BAB 7
AGEN BIOLOGI : PENYAKIT
MENULAR TERKAIT
LINGKUNGAN DAN
PEKERJAAN

AYNUN ABDI PUTRI BAUSAD



PENDAHULUAN

Agen biologi merujuk pada organisme yang berasal dari makhluk hidup, termasuk di antaranya virus, bakteri, parasit, jamur, dan protozoa. Organisme mikroskopis ini memiliki potensi untuk menyebabkan infeksi pada hewan dan tumbuhan, serta dapat merusak beragam jenis bahan atau material

Agen biologi terdiri atas berbagai jenis mikroorganisme, termasuk virus, bakteri, dan jamur, serta organisme lain baik bersel tunggal maupun multisel seperti parasit dan racun yang mereka hasilkan. Keberadaan agen ini dapat memengaruhi kesehatan manusia melalui beragam cara, mulai dari reaksi alergi ringan hingga penyakit berat yang bisa berakibat fatal. Agen-agen tersebut bisa ditemukan di berbagai lingkungan seperti air, tanah, tumbuhan, dan hewan.

Ancaman biologis mencakup berbagai potensi bahaya yang berasal dari makhluk hidup dan dapat menimbulkan dampak serius terhadap keselamatan jiwa. Risiko ini meliputi mikroorganisme penyebab penyakit seperti virus, bakteri, jamur, serta parasit yang dapat tersebar di area kerja dan berpotensi menyebabkan gangguan kesehatan akibat aktivitas kerja. Gangguan tersebut dikategorikan sebagai penyakit akibat kerja, yaitu kondisi kesehatan yang terganggu karena tugas pekerjaan atau faktor lingkungan kerja, termasuk interaksi kerja. Beberapa profesi yang memiliki risiko tinggi terpapar bahaya biologis antara lain tenaga kesehatan, petani, peternak, dokter hewan, pekerja di sektor konstruksi, petugas kebersihan, nelayan, dan penyelam

Masalah kesehatan yang dihadapi oleh pekerja dapat muncul akibat faktor-faktor yang berkaitan dengan pekerjaan maupun yang berasal dari luar lingkungan kerja. Kesehatan pekerja tidak hanya dipengaruhi oleh potensi risiko di tempat kerja, tetapi juga dipengaruhi oleh akses terhadap pelayanan kesehatan, pola kerja yang diterapkan, serta berbagai faktor lainnya

Berbagai jenis pekerjaan dapat meningkatkan risiko terpapar mikroorganisme dan parasit infeksi yang hidup, serta zat beracun yang dihasilkan oleh mereka. Beberapa patogen yang terkait dengan aktivitas atau kondisi kerja meliputi:

- a. Virus (hepatitis virus, penyakit virus Newcastle, rabies, hepatitis, HIV dan sebagainya)
- b. Bakteri (antraks, bruselosis, leptospirosis, tetanus, tuberkulosis, tularemia)
- c. Jamur (kandidiasis dan dermatofitosis kulit, kokidiomikosis, histoplasmosis)
- d. Protozoa (leismaniasis, malaria, tripanosomiasis)
- e. Cacing (penyakit cacing tambang, skistosomiasis)

PENYAKIT MENULAR TERKAIT LINGKUNGAN DAN PEKERJAAN

1. Demam Berdarah Dengue (Dbd)

Demam Berdarah Dengue (DBD) merupakan penyakit infeksius yang memiliki potensi untuk menyebabkan wabah dan dapat berisiko tinggi mengakibatkan kematian, terutama pada anak-anak. Penyakit ini disebabkan oleh virus Dengue yang ditularkan kepada manusia melalui gigitan nyamuk *Aedes aegypti* yang terinfeksi. Gejalanya biasanya diawali dengan demam tinggi secara tiba-tiba, disertai tanda-tanda pendarahan, dan dalam kasus berat dapat menyebabkan syok bahkan kematian. Demam berdarah dipicu oleh faktor lingkungan, umumnya berkembang di wilayah dengan sanitasi yang kurang memadai, serta banyak dijumpai di kawasan tropis dan subtropis, terutama di Asia Tenggara.

Pada umumnya, terdapat tiga komponen utama yang menjadi faktor risiko dalam munculnya penyakit,

baik yang bersifat menular maupun tidak. Ketiga faktor risiko ini, yang memiliki dampak besar terhadap munculnya penyakit, khususnya penyakit menular seperti demam berdarah dengue (DBD), meliputi inang, agen penyebab, dan kondisi lingkungan

Virus dengue bisa masuk ke tubuh nyamuk saat nyamuk mengisap darah dari individu yang sedang mengalami viremia. Pada saat vektor terinfeksi, virus dengue dapat ditransmisikan kembali ke manusia melalui gigitan nyamuk *Aedes aegypti* atau *Aedes albopictus* yang telah terkontaminasi. Individu dengan konsentrasi virus dalam darah yang cukup tinggi (infektif) berperan sebagai reservoir utama dalam rantai penularan dengue. Nyamuk *Aedes aegypti* yang telah terinfeksi akan menjadi vektor pembawa virus secara persisten sepanjang siklus hidupnya

Setelah infeksi virus dengue terjadi, manifestasi klinis penyakit DBD dapat bervariasi, dimulai dari demam yang tidak spesifik menyerupai gejala infeksi virus lainnya, demam dengue, hingga kondisi yang lebih parah, yaitu sindrom syok dengue. Biasanya, pasien DBD akan menunjukkan gejala klinis serta hasil laboratorium seperti berikut:

- a. **Kriteria klinis:** Demam tinggi yang muncul dalam rentang waktu 2-7 hari dan mencapai suhu sekitar 40°C. Gejala demam ini umumnya mencakup kemerahan pada kulit (flushing), hilangnya nafsu makan (anoreksia), kelelahan (malaise), serta nyeri pada sendi, tulang, dan rasa sakit di sekitar mata bagian belakang (retro-orbita). Pembesaran hati (hepatomegali) juga bisa terjadi. Selain itu, dapat muncul tanda-tanda pendarahan seperti mimisan (epistaksis), pendarahan pada kulit, perdarahan pada gusi, serta darah berwarna merah kehitaman saat buang air besar (melena)
- b. **Kriteria laboratorium:** Diagnosis DBD dapat ditegakkan jika terdapat setidaknya dua kriteria klinis dan minimal satu kriteria laboratorium. Kriteria laboratorium yang dimaksud mencakup

penurunan jumlah trombosit (trombositopenia) hingga $\leq 100.000/\text{mm}^3$ dan kenaikan kadar hematokrit yang lebih dari 20% dibandingkan dengan nilai normal

2. Malaria

Menurut perkiraan WHO, sekitar 85% dari populasi di wilayah Asia Tenggara dan Asia Selatan tinggal di daerah yang terdampak malaria, seperti Malaysia, Singapura, dan Indonesia, serta wilayah dengan risiko tinggi penularan malaria, termasuk Thailand, Myanmar, Bangladesh, India, dan Sri Lanka

Penyakit malaria timbul akibat infeksi parasit protozoa dari famili *Plasmodium*, yang menyebar melalui gigitan nyamuk spesies *Anopheles*. Penyakit ini berkembang dengan tanda-tanda demam berulang akibat infeksi Plasmodium, yang disebarkan melalui gigitan nyamuk betina dari spesies Anopheles. Gejala malaria biasanya muncul antara tujuh hingga empat belas hari setelah seseorang digigit nyamuk terinfeksi, dengan tanda awal seperti demam, sakit kepala, menggigil, dan muntah

Malaria umumnya menunjukkan gejala khas yang terbagi dalam tiga fase (trias malaria), yaitu:

- a. **Fase dingin:** Orang yang terinfeksi mulai merasakan tubuhnya menggigil dengan kulit yang terasa dingin dan kering. Mereka biasanya membalut diri dengan selimut atau kain, dan ketika merasakan dingin, tubuh mereka gemetar sementara gigi saling berguncang. Wajah mereka tampak pucat, bahkan kadang kebiruan, seperti orang yang sangat kedinginan. Fenomena ini berlangsung antara 15 menit hingga satu jam, disertai dengan peningkatan suhu tubuh
- b. **Fase panas:** Kulit wajah tampak kemerahan, terasa panas dan kering, denyut nadi meningkat cepat, sementara suhu tubuh bertahan tinggi hingga 40°C atau lebih. Pernapasan meningkat disertai dengan rasa sakit kepala, terkadang muntah, serta tanda-tanda syok. Tahap ini memerlukan waktu lebih

panjang daripada fase dingin, bahkan bisa berlangsung selama dua jam atau lebih, sebelum berlanjut ke fase berkeringat

- c. **Fase berkeringat:** Proses dimulai dengan munculnya keringat di area pelipis, yang kemudian merembes ke seluruh tubuh hingga menyebabkan tubuh basah. Suhu tubuh menjadi lebih rendah, penderitanya merasa kelelahan, dan sering tertidur. Setelah terbangun, penderita merasa lebih segar dan dapat kembali melanjutkan aktivitas seperti biasa

3. Diare

Berdasarkan definisi dari *World Health Organization* (WHO), diare adalah gangguan kesehatan yang ditandai dengan perubahan pada konsistensi feses yang menjadi lebih cair dibandingkan keadaan normal, disertai dengan peningkatan frekuensi defekasi yang melebihi tiga kali dalam periode 24 jam. Penyakit ini tergolong sebagai penyakit yang terkait dengan faktor lingkungan, yang diinduksi oleh infeksi mikroorganisme, termasuk bakteri, virus, parasit, dan protozoa. Penularan diare biasanya terjadi melalui jalur fekal-oral, ketika patogen masuk ke tubuh akibat konsumsi makanan yang telah terkontaminasi.

Berdasarkan durasi diare, kondisi ini dapat dikelompokkan ke dalam beberapa tipe seperti berikut:

- a. **Diare akut** merujuk pada kondisi diare yang berlangsung selama kurang dari tujuh hari. Gejalanya meliputi feses yang lebih cair atau lembek serta peningkatan frekuensi buang air besar dibandingkan biasanya. Biasanya, diare akut dapat hilang dengan sendirinya tanpa memerlukan pengobatan khusus dan tidak disertai tanda-tanda dehidrasi
- b. **Diare kronik** merujuk pada kondisi diare yang menunjukkan gejala serupa dengan diare akut, namun berlangsung lebih dari tujuh hari. Umumnya, diare jenis ini muncul sebagai lanjutan dari diare akut yang disebabkan oleh infeksi yang berlangsung dalam waktu lama

- c. **Diare persisten** merujuk pada kondisi diare yang berlangsung selama 15 hingga 30 hari. Kondisi ini sering kali berawal dari diare akut atau menjadi tahap transisi menuju diare kronis, umumnya diiringi dengan penurunan berat badan dan kesulitan dalam meningkatkan berat badan kembali

4. Tuberkulosis

Tuberkulosis (TBC) adalah penyakit infeksi kronis yang memiliki karakteristik *granulomatosa*, yang diakibatkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*, dan umumnya menyerang paru-paru, kondisi tersebut juga dapat berdampak pada organ atau jaringan lain, seperti kelenjar getah bening, pleura, serta sendi-sendi tulang. Penyebaran penyakit ini terjadi lewat udara (nukleus tetesan) ketika penderita batuk, akibatnya, aerosol yang mengandung mikroorganisme berpotensi terinhalasi oleh individu lain saat proses pernapasan berlangsung

Data dari Kementerian Kesehatan pada tahun 2021 menunjukkan bahwa 89% pasien TB adalah orang dewasa, sementara 11% lainnya adalah anak-anak. Jika dibandingkan dengan wanita, pria menunjukkan angka prevalensi TB yang lebih tinggi, baik pada skala nasional maupun regional. Pada tahun 2021, berdasarkan kelompok usia, angka kasus TB tertinggi tercatat pada kelompok umur 45-54 tahun dengan persentase 17,5%. Kelompok usia 25-34 tahun menyusul dengan 17,1%, sementara kelompok 15-24 tahun mencapai 16,9%. Hal ini menunjukkan bahwa sekitar 68% dari penderita TB berada pada usia produktif, yang cenderung lebih banyak terlibat dalam berbagai aktivitas sosial dan pekerjaan, serta lebih rentan terhadap penularan TB akibat faktor lingkungan kerja yang meningkatkan risiko infeksi di kalangan pekerja

Terdapat beberapa klasifikasi tuberkulosis (TB) pada tenaga kerja, yaitu sebagai berikut:

- a. Tuberkulosis yang disebabkan oleh faktor pekerjaan:
TB yang timbul akibat proses kerja, peralatan yang

digunakan, dan kondisi lingkungan kerja yang sesuai dengan deskripsi tugas.

- b. Tuberkulosis tidak secara langsung muncul akibat jenis pekerjaan tertentu, melainkan lebih disebabkan oleh faktor lingkungan kerja yang berisiko, seperti area kerja yang padat dan minim ventilasi, atau bisa juga karena terpapar bakteri TB dari masyarakat umum yang tidak terkait dengan aktivitas kerja

Pekerja yang memiliki potensi tinggi terpapar TB meliputi tenaga medis, pekerja di lembaga pemasyarakatan, petugas panti, serta mereka yang terpapar silika

Setelah seorang pekerja terdiagnosis TB paru, segera diperlukan pengobatan anti TB sesuai dengan pedoman yang berlaku:

- a. Menentukan apakah TB disebabkan oleh pekerjaan (seperti silikotuberkulosis), akibat risiko tinggi lingkungan kerja, atau faktor lainnya
- b. Jika TB disebabkan oleh pekerjaan, laporan PAK harus disusun agar pekerja dapat memperoleh JKK
- c. Penilaian kelaikan kerja pekerja harus dilakukan, termasuk menentukan waktu yang tepat untuk absen bekerja berdasarkan kondisi pasien secara umum, status penularan, dan jenis tugas pekerja
- d. Pemantauan di tempat kerja harus dilakukan untuk memastikan pekerja mendapatkan perawatan yang memadai
- e. Jika pekerja kembali bekerja setelah masa istirahat, penilaian kelayakan kerja harus dilaksanakan

5. Hiv/Aids

AIDS (Acquired Immunodeficiency Syndrome) merupakan suatu kondisi yang ditandai oleh berbagai gejala akibat serangan virus jenis retrovirus terhadap sistem imun manusia. Penyebab utama dari kondisi ini adalah Virus Immunodeficiency Manusia (HIV), yang tergolong dalam kategori retrovirus dan melemahkan sistem kekebalan tubuh.

HIV/AIDS di Indonesia tergolong sebagai endemi, di mana penyebaran epideminya masih terbatas pada kelompok tertentu. Penyebaran virus HIV/AIDS yang cepat dipicu oleh peningkatan pengguna narkoba suntik yang terpapar risiko tinggi akibat penggunaan jarum suntik secara bergantian, tingginya penularan penyakit seksual pada anak jalanan, rendahnya kesadaran untuk menggunakan kondom, tingginya angka migrasi, serta minimnya pemahaman tentang HIV/AIDS. Oleh karena itu, prosedur K3 diperlukan untuk pencegahan dan penanganan HIV/AIDS.

- a. Pengusaha atau pengurus wajib memastikan keselamatan serta kesehatan di lingkungan kerja, termasuk penerapan standar dan aturan terkait keselamatan dan kesehatan kerja, seperti kewajiban penyediaan serta penggunaan alat pelindung diri dan perlengkapan lainnya, serta penanganan pertama pada kecelakaan.
- b. Pengusaha atau pengurus harus mengidentifikasi pekerja atau aktivitas kerja di tempat kerja yang berpotensi menempatkan pekerja pada risiko penularan HIV. Apabila terdapat potensi penularan HIV, pengurus harus menyusun program pencegahan dan penanggulangan guna mengurangi risiko tersebut. Program-program ini bersifat selektif dengan beberapa metode berikut:
 - 1) Menghilangkan pekerjaan yang berpotensi menimbulkan risiko penularan
 - 2) Mengurangi risiko dengan mengganti, merancang ulang proses, atau memperbaiki metode kerja, seperti penggunaan sistem intravena tanpa jarum
 - 3) Memisahkan proses untuk mengurangi jumlah pekerja yang terpapar, seperti pada penanganan darah dan sistem pembuangan limbah klinik
 - 4) Menerapkan metode kerja yang aman
 - 5) Menyediakan pendidikan, pelatihan, dan penyebaran informasi kepada pekerja

- 6) Menjaga kebersihan dan keteraturan di tempat kerja
 - 7) Pengelolaan limbah yang efektif
 - 8) Penggunaan Alat pelindung diri
- c. Pada pekerjaan atau aktivitas kerja yang memiliki risiko penularan HIV/AIDS, pengusaha atau pengelola wajib mengadakan program pendidikan dan pelatihan khusus, serta menyediakan perlengkapan yang diperlukan dan memastikan penerapannya secara efektif.

6. Hepatitis

Hepatitis adalah suatu kondisi yang ditandai dengan peradangan pada hati. Berbagai penyebab bisa memicu kondisi ini, di antaranya infeksi virus, konsumsi alkohol berlebihan, serta efek samping dari obat-obatan tertentu, gangguan pada sistem kekebalan tubuh, serta infeksi yang berasal dari organ jantung. Selain itu, penyebab lainnya dapat meliputi mikroorganisme seperti virus, bakteri, dan parasit, konsumsi makanan tinggi lemak, hingga pemakaian jamu atau obat tradisional.

Hepatitis adalah penyakit yang sudah lama diketahui oleh masyarakat pada umumnya. Hepatitis tipe A umumnya menyebar melalui kontak oral-fekal, seperti ketika makanan atau air tercemar oleh feses dan kemudian dikonsumsi. Penularan hepatitis B dapat terjadi lewat cairan tubuh, seperti darah, air liur, cairan kelamin, atau melalui aktivitas seksual. Hepatitis C sering menyebar lewat darah, terutama saat prosedur transfusi, dan infeksi ini dapat berkembang menjadi bentuk kronis. Hepatitis D hanya bisa terjadi pada individu yang sudah terinfeksi hepatitis B, dengan gejala yang biasanya lebih berat. Sebaliknya, transmisi hepatitis E terjadi melalui konsumsi makanan atau minuman yang terkontaminasi oleh fekal (tinja).

Tanda-tanda awal hepatitis biasanya mencakup mual, muntah, nyeri di perut, diare, serta demam ringan. Pada kondisi yang lebih lanjut, manifestasi klinis dapat meliputi ikterus pada sklera dan kulit, gangguan pada hemostasis, penurunan tingkat kesadaran, urin dengan

warna pekat menyerupai teh, serta feses yang lebih terdegradasi dari normal.

7. ISPA (INFEKSI SALURAN PERNAPASAN AKUT)

Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) mengacu pada infeksi yang dapat memengaruhi satu atau lebih komponen dalam sistem pernapasan, mulai dari saluran hidung hingga struktur terdalam paru-paru, yakni alveolus. Berdasarkan data dari WHO, ISPA termasuk dalam kategori penyakit menular yang paling banyak terjadi di seluruh dunia. Setiap tahun, kondisi ini menyebabkan kematian lebih dari empat juta orang. Umumnya, penyakit ini ditandai dengan gejala seperti batuk, demam, dan pilek.

Virus atau bakteri yang menyebabkan ISPA sangat mudah menular melalui kontak langsung atau sentuhan, biasanya karena percikan air liur dari orang yang terinfeksi. Selanjutnya, virus atau bakteri itu berpindah lewat udara dan bisa masuk ke dalam tubuh orang lain melalui hidung atau mulut saat terhirup.

Beberapa mikroorganisme yang dapat menyebabkan ISPA antara lain:

- a. Adenovirus, virus yang dapat memicu gejala pilek, bronkitis, dan pneumonia
- b. Rhinovirus, virus penyebab utama pilek
- c. Pneumokokus, bakteri yang dapat mengakibatkan meningitis serta pneumonia.

Selain itu, ISPA juga dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti polusi udara, kelembaban, kebersihan, serta musim dan temperatur. Faktor lain seperti kebiasaan merokok, lama paparan, masa kerja, dan penggunaan masker pelindung juga berperan dalam risiko terjadinya ISPA.

PENANGGULANGAN BAHAYA AKIBAT KERJA BIOLOGIS

Sebagai seorang pekerja yang setiap hari berinteraksi dengan objek yang berpotensi mengandung risiko bahaya biologis atau mikroorganisme penyebab penyakit, disarankan agar pekerja melakukan langkah-langkah pencegahan untuk menghindari bahaya tersebut. Beberapa langkah pencegahan

yang disarankan antara lain:

- a. Mengetahui potensi bahaya biologis yang ada di lingkungan kerja
- b. Menjauhkan diri dari sumber bahaya untuk mencegah kontak langsung
- c. Melakukan prosedur aseptik
- d. Menggunakan peralatan pelindung diri yang tepat
- e. Melakukan pemeriksaan kesehatan terhadap pekerja

SIMPULAN

Agen biologi merujuk pada mikroorganisme yang memiliki potensi untuk menyebabkan penyakit infeksius pada manusia, hewan, atau tumbuhan. Penyakit menular yang berkaitan dengan lingkungan dan pekerjaan dapat ditularkan melalui paparan langsung atau tidak langsung terhadap agen biologi yang ada di sekitar kita. Pencegahan penyakit menular terkait lingkungan dan pekerjaan dapat dilakukan dengan menjaga kebersihan, penggunaan alat pelindung diri (APD), vaksinasi, serta meningkatkan kesadaran akan bahaya potensi penyakit tersebut

- Agustina, A. (2021). Penyakit Akibat Kerja yang Berhubungan dengan Debu: Suatu Review Penelitian. *Jurnal Persada Husada Indonesia*, 8(30), 36–44. <https://doi.org/10.56014/jphi.v8i30.323>
- Anies. (2014). *Kedokteran Okupasi (Berbagai Penyakit Akibat Kerja dan Upaya Penanggulangan Dari Aspek Kedokteran)*. AR-RUZZ Media.
- Annisa. (2019). Virus Hepatitis B di Indonesia dan risiko penularan terhadap mahasiswa kedokteran. *Anatomica Medical Journal Fakultas Kedokteran*, 2(2), 66–72. <http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/AMJ>
- Doda, D. V. D., & Pangaribuan, M. (2022). *Dasar Kesehatan Dan Keselamatan Kerja (Hazard/Bahaya di Tempat Kerja)*. CV. PATRA MEDIA GRAFINDO BANDUNG.
- Duarsa, A. B. S. (2020). *Epidemiologi Penyakit Menular : Studi Ekologi Malaria*. Media Nusa Creative.
- Feliansyah, A. W., & Purwanto, E. (2024). Analisis Faktor Yang Berhubungan Dengan Penyakit Hepatitis di Indonesia. *Holistik Jurnal Kesehatan*, 18(9), 1131–1138. <https://doi.org/10.33024/hjk.v18i9.587>
- Halajur, U. (2018). *Promosi Kesehatan Di Tempat Kerja*. Wineka Media.
- Irma. (2023). *Epidemiologi Penyakit Demam Berdarah Dengue*. CV Literasi Nusantara Abadi.
- Irwan. (2017). *Epidemiologi Penyakit Menular*. CV. ABSOLUTE MEDIA.
- Izzati, A. U., & Rosita. (2024). *Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Perkantoran*. CV. Azka Pustaka.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia. (2022). *Pelayanan Kesehatan Penyakit Akibat Kerja*.
- Setyawan, I. D. A., & Setyaningsih, W. (2021). *Studi Epidemiologi Dengan Pendekatan Analisis Spasial Terhadap Faktor-Faktor Risiko Yang Berhubungan Dengan Kejadian Diare Pada Anak Di Kecamatan Karangmalang Kabupaten Sragen*. TAHTA MEDIA GROUP.
- Sulistomo, A. B., Zamsiar, N. E., Setyawati, M., Melati, R., Puspitasari, A., Hutapea, R. P., Rahayu, D. P., Ilyas, M., & Siahaan, I. R. A. (2023). *Panduan Penanggulangan Tuberkulosis Di Tempat Kerja*. Perhimpunan Spesialis Kedokteran Okupasi Indonesia.
- Sumarna, U., Sumarni, N., & Rosidin, U. (2018). *Bahaya Kerja Serta Faktor Faktor Yang Mempengaruhinya*. DEEPUBLISH.
- Widyarati, A. (2023). *Penyakit Menular*. PT Bumi Aksara.



Aynun Abdi Putri Bausad, S.KM.,M.K.M lahir di Barru, pada 17 Oktober 1994. Ia tercatat sebagai lulusan S1 dan S2 di Program Studi Kesehatan Masyarakat Univeristas Hasanuddin. Wanita yang kerap disapa Aynun merupakan anak dari pasangan Abdillah Bausad (ayah) dan Rahmawati (ibu).



BAB 8
ERGONOMI DAN FAKTOR
PSIKOSOSIAL: IDENTIFIKASI
RISIKO DAN INTERVENSI

PUTRI YANTI





IDENTIFIKASI RISIKO ERGONOMI DAN PSIKOSOSIAL

Risiko ergonomi adalah potensi bahaya atau cedera yang timbul akibat ketidaksesuaian antara desain kerja, peralatan, atau lingkungan kerja dengan kemampuan fisik dan psikologis pekerja. Menurut Occupational Safety and Health Administration (OSHA): *Ergonomic hazards are physical factors in the environment that may cause musculoskeletal disorders (MSDs)*.

Identifikasi risiko ergonomi adalah proses sistematis untuk menemukan, mencatat, dan menganalisis potensi bahaya yang berkaitan dengan aktivitas kerja yang bisa menyebabkan gangguan otot dan rangka (*musculoskeletal disorders*). Menurut Tarwaka (2004): Identifikasi risiko ergonomi merupakan upaya awal dalam ergonomi untuk mengenali potensi penyebab kelelahan, cedera, atau stres yang berhubungan dengan pekerjaan, sehingga dapat dilakukan upaya perbaikan. Identifikasi risiko ergonomi bertujuan untuk:

1. Meningkatkan Kesehatan dan Keamanan Kerja

Tujuan utama identifikasi risiko ergonomi adalah untuk mengurangi risiko cedera akibat postur tubuh yang buruk, gerakan berulang, atau beban yang berlebihan, yang dapat memengaruhi kesehatan pekerja dalam jangka panjang. Dengan mengidentifikasi risiko ini lebih awal, tindakan pencegahan dapat diambil untuk menghindari masalah kesehatan seperti gangguan muskuloskeletal (MSDs), nyeri punggung, dan gangguan lain yang berkaitan dengan ergonomi.

2. Meningkatkan Produktivitas
Dengan mengurangi ketidaknyamanan fisik dan risiko cedera, pekerja dapat lebih fokus dan produktif dalam melakukan pekerjaan mereka. Mengidentifikasi potensi risiko ergonomi di tempat kerja dapat membantu menciptakan lingkungan yang lebih nyaman bagi pekerja, yang pada gilirannya meningkatkan kinerja dan mengurangi ketidakhadiran akibat cedera.
3. Mengurangi Biaya Kesehatan dan Kerugian Ekonomi
Risiko ergonomi yang tidak dikelola dapat menyebabkan biaya pengobatan yang tinggi dan kerugian ekonomi bagi perusahaan, seperti biaya klaim asuransi dan ketidakhadiran pekerja. Identifikasi dan mitigasi risiko ini membantu mengurangi biaya yang terkait dengan cedera dan gangguan kesehatan jangka panjang.
4. Meningkatkan Kepuasan Kerja dan Moral Pekerja
Lingkungan kerja yang aman dan ergonomis berkontribusi pada peningkatan kepuasan kerja pekerja. Ketika pekerja merasa dihargai dan bahwa kesejahteraan mereka diperhatikan, mereka lebih mungkin untuk merasa termotivasi dan puas dengan pekerjaan mereka.
5. Kepatuhan terhadap Peraturan Kesehatan dan Keselamatan
Identifikasi dan mitigasi risiko ergonomi memastikan bahwa perusahaan mematuhi peraturan dan standar kesehatan dan keselamatan kerja yang berlaku. Hal ini membantu perusahaan dalam menghindari sanksi atau denda yang mungkin timbul akibat ketidakpatuhan terhadap regulasi tersebut.

Risiko psikososial adalah potensi bahaya yang berasal dari cara kerja, organisasi kerja, lingkungan sosial di tempat kerja, serta aspek psikologis individu, yang dapat berdampak negatif pada kesehatan mental, kesejahteraan, dan kinerja pekerja. Menurut *World Health Organization* (WHO): *Psychosocial risks are those aspects of work design and the organization and management of work, and their social contexts, which have the potential for causing psychological or physical harm.* Menurut Cox dan Griffiths (1995): Risiko

psikososial mencakup faktor-faktor dalam pekerjaan yang berhubungan dengan bagaimana pekerjaan diorganisasikan, dikendalikan, dan dikelola, yang dapat menimbulkan stres kerja dan berdampak negatif pada kesehatan. Identifikasi risiko psikososial bertujuan untuk:

1. Menilai Dampak Psikososial di Tempat Kerja: Tujuan utama dari identifikasi risiko psikososial adalah untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang dapat memengaruhi kesehatan mental dan kesejahteraan karyawan di tempat kerja. Ini termasuk stres, tekanan kerja yang berlebihan, hubungan interpersonal yang buruk, dan ketidakpastian pekerjaan.
2. Mencegah Terjadinya Masalah Kesehatan Mental: Dengan mengidentifikasi risiko sejak dini, organisasi dapat mengambil langkah-langkah preventif untuk mengurangi dampak negatif terhadap kesejahteraan mental karyawan. Ini membantu menghindari masalah kesehatan mental yang lebih besar seperti kecemasan, depresi, atau burnout.
3. Meningkatkan Kinerja dan Produktivitas: Lingkungan kerja yang sehat secara psikososial dapat meningkatkan motivasi dan kinerja karyawan. Identifikasi risiko membantu menciptakan kondisi yang mendukung produktivitas dan mengurangi absensi.
4. Mengurangi Biaya yang Terkait dengan Stres dan Masalah Psikososial: Dengan mengurangi risiko psikososial, perusahaan dapat mengurangi biaya terkait absensi, pengobatan kesehatan mental, dan potensi klaim asuransi.
5. Memenuhi Regulasi dan Standar Kesehatan dan Keselamatan Kerja: Banyak negara memiliki regulasi yang mengatur kesehatan dan keselamatan di tempat kerja, termasuk faktor psikososial. Identifikasi risiko membantu perusahaan memenuhi standar ini dan menghindari sanksi.
6. Meningkatkan Kesejahteraan Organisasi secara Keseluruhan: Lingkungan kerja yang mendukung kesejahteraan psikososial berkontribusi pada budaya

organisasi yang positif, mengurangi konflik, dan meningkatkan hubungan antar karyawan.

AKTIVITAS, RISIKO DAN DAMPAK RISIKO ERGONOMI DAN PSIKOSOSIAL DI TEMPAT KERJA

Tabel 8.1. Aktivitas, Risiko dan Dampak Risiko Ergonomi Di Tempat Kerja

Aktivitas	Risiko	Dampak
Penggunaan Komputer (Pekerja Kantor)	Postur tubuh yang buruk (membungkuk atau memiringkan kepala)	Nyeri punggung bawah, leher, dan bahu.
	Waktu kerja lama tanpa istirahat	Kelelahan mata (fatigue visual) dan sindrom penglihatan komputer.
	Penempatan monitor, keyboard, dan mouse tidak ergonomis	Gangguan muskuloskeletal (MSDs), seperti Carpal Tunnel Syndrome (CTS). Sakit kepala dan ketegangan otot.
Pengangkatan dan Pembawaan Beban Berat (Pekerja Gudang)	Teknik pengangkatan yang salah (membungkuk ke depan)	Cedera punggung bawah (hernia diskus, keseleo).
	Beban terlalu berat atau tidak seimbang	Stres pada otot dan sendi (punggung, bahu, dan lutut).
	Gerakan berulang yang	Patah tulang, keseleo, atau cedera lainnya.

Aktivitas	Risiko	Dampak
	membebani otot atau sendi	Kelelahan otot yang mengurangi produktivitas.
Mengemudi (Pekerja Lapangan atau Pengemudi)	Posisi duduk yang tidak tepat	Sakit punggung, nyeri leher, dan gangguan postur tubuh.
	Waktu mengemudi yang panjang tanpa istirahat	Gangguan peredaran darah atau pembengkakan kaki.
	Getaran atau guncangan dari kendaraan	Kelelahan otot atau cedera punggung. Peningkatan risiko kecelakaan akibat kelelahan.
Pengelasan atau Pekerjaan dengan Alat Berat (Pekerja Industri)	Posisi tubuh terpaksa atau tidak nyaman	Cedera otot atau sendi, terutama pada punggung, tangan, dan leher.
	Penggunaan alat berat dan tidak ergonomis	Gangguan pendengaran akibat paparan kebisingan.
	Paparan getaran atau kebisingan tinggi	Sindrom getaran tangan (hand-arm vibration syndrome). Kelelahan atau penurunan kinerja akibat stres fisik dan mental.
Pekerjaan di Lini Produksi (Pekerja Manufaktur)	Gerakan berulang (memasang komponen kecil, pengoperasian mesin)	Cedera akibat gerakan berulang (tendinitis, bursitis).

Aktivitas	Risiko	Dampak
	Posisi kerja yang tidak ergonomis (membungkuk atau memutar tubuh)	Nyeri pada bahu, siku, atau pergelangan tangan.
	Penggunaan alat dengan pegangan tidak nyaman atau tidak mendukung	Stres dan ketegangan otot. Penurunan produktivitas dan kualitas kerja akibat kelelahan atau ketidaknyamanan.
Pekerjaan Rumah Tangga (Pembersihan atau Memasak)	Postur tubuh yang buruk (membungkuk atau berdiri terlalu lama)	Nyeri punggung atau ketegangan otot.
	Mengangkat atau membawa benda berat (ember, kotak)	Cedera pada pergelangan tangan atau kaki akibat mengangkat benda berat.
	Gerakan berulang dalam aktivitas memasak atau membersihkan	Stres pada leher, bahu, dan punggung akibat postur yang tidak tepat.
		Kelelahan otot yang mengurangi kenyamanan dan efisiensi dalam pekerjaan.

Tabel 8.2. Aktivitas, Risiko dan Dampak Risiko Psikososial Di Tempat Kerja

Aktivitas	Risiko	Dampak Psikososial
Beban Kerja yang Tinggi	Tekanan untuk menyelesaikan tugas dalam waktu terbatas	Stres: Tekanan akibat beban kerja yang tinggi.
	Ketidakkampuan mencapai target pekerjaan	Kecemasan: Rasa takut tidak memenuhi harapan.
	Beban tugas melebihi kapasitas individu	Burnout: Kelelahan emosional dan penurunan produktivitas. Depresi: Masalah kesehatan mental akibat beban yang berat.
Konflik Antar Rekan Kerja	Ketidacocokan antara individu atau kelompok	Stres Sosial: Ketegangan dalam interaksi sosial di tempat kerja.
	Perbedaan nilai atau komunikasi yang buruk	Kehilangan Kepercayaan Diri: Rasa tidak dihargai di lingkungan kerja.
	Lingkungan yang tidak mendukung kolaborasi	Rendahnya Moral Kerja: Penurunan motivasi dan semangat bekerja.
Ketidakpastian Pekerjaan	Pekerjaan yang tidak stabil atau ancaman PHK	Kecemasan: Khawatir mengenai kelanjutan

Aktivitas	Risiko	Dampak Psikososial
		pekerjaan atau penghasilan.
	Proyek kebijakan perusahaan berubah pemberitahuan atau yang tanpa	Stres Psikologis: Stres akibat ketidakpastian yang berkelanjutan.
	Ketidajelasan peran dan tanggung jawab	Penurunan Kesejahteraan Mental: Dampak psikologis akibat ketidakpastian.
Jam Kerja yang Tidak Teratur	Pekerjaan yang memerlukan lembur atau jam kerja malam	Kelelahan: Stres fisik dan mental akibat jadwal kerja yang tidak stabil.
	Ketidacocokan antara jadwal kerja dan kehidupan pribadi	Gangguan Keseimbangan Kehidupan-Pribadi: Kesulitan menjaga hubungan sosial. Depresi: Kelelahan jangka panjang berdampak pada kesehatan mental.
Lingkungan Kerja yang Tidak Mendukung	Kurangnya fasilitas atau dukungan yang diperlukan	Stres Lingkungan: Tekanan akibat kondisi fisik yang tidak mendukung pekerjaan.
	Lingkungan yang berisik, panas, atau kurang ventilasi	Ketidakpuasan Kerja: Rasa tidak puas terhadap

Aktivitas	Risiko	Dampak Psikososial
		lingkungan kerja yang buruk.
	Kebijakan yang tidak adil atau diskriminasi	Rendahnya Moral: Dampak negatif akibat ketidakadilan atau diskriminasi.
Pengawasan dan Pengendalian yang Berlebihan	Pemantauan terus-menerus atau pengawasan mikro	Stres Kerja: Rasa tertekan akibat pengawasan yang berlebihan.
	Ketidakterdayaan dalam pengambilan keputusan atau otonomi pekerjaan	Kurangnya Motivasi: Rasa kehilangan kontrol atas pekerjaan. Kehilangan Rasa Kontrol: Mengurangi rasa percaya diri karyawan.
Komunikasi yang Buruk	Informasi yang tidak jelas atau tidak sampai kepada karyawan	Stres: Kebingungan akibat komunikasi yang buruk.
	Kurangnya feedback atau klarifikasi dari atasan	Perasaan Terisolasi: Merasa terabaikan atau tidak penting di tempat kerja. Rendahnya Kepuasan Kerja: Tidak jelasnya instruksi atau tujuan pekerjaan.

STRATEGI INTERVENSI ERGONOMI DAN PSIKOSOSIAL

Strategi Intervensi Ergonomi adalah tindakan atau langkah-langkah yang diambil untuk memperbaiki atau mengurangi risiko ergonomi di tempat kerja. Strategi ini bertujuan untuk menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman, nyaman, dan efisien bagi pekerja. Berikut adalah beberapa strategi intervensi ergonomi yang dapat diterapkan:

1. Desain Ulang Tempat Kerja

Tujuan: Mengubah atau menyesuaikan tempat kerja untuk memastikan bahwa peralatan dan lingkungan mendukung postur tubuh yang alami dan mengurangi ketegangan fisik.

Langkah-langkah:

- a. Meja dan Kursi Ergonomis: Menyediakan meja dan kursi yang dapat disesuaikan untuk mendukung postur tubuh yang benar, terutama bagi pekerja yang duduk dalam waktu lama.
- b. Posisi Monitor: Menempatkan monitor pada ketinggian yang sesuai untuk menghindari leher menunduk atau memiringkan kepala.
- c. Pengaturan Pencahayaan: Mengatur pencahayaan agar tidak ada silau di layar komputer dan membantu mengurangi ketegangan mata.
- d. Desain Ruang Kerja: Menata ruang kerja agar alat-alat kerja mudah dijangkau dan pekerja tidak perlu melakukan gerakan yang berulang atau tidak alami.

2. Penyusunan Tugas dan Pembagian Beban Kerja

Tujuan: Mengurangi stres fisik dan mental dengan cara menyusun tugas yang seimbang dan adil.

Langkah-langkah:

- a. Rotasi Pekerjaan: Mengatur rotasi pekerjaan sehingga pekerja tidak melakukan tugas yang sama dalam waktu lama, terutama jika tugas tersebut melibatkan gerakan berulang.
- b. Pembagian Beban Kerja: Menghindari beban kerja yang berlebihan dengan cara mendistribusikan tugas secara merata di antara pekerja.
- c. Menyediakan Waktu Istirahat: Mengatur waktu istirahat yang cukup untuk pekerja, terutama bagi

pekerja yang melakukan tugas fisik berat atau tugas yang melibatkan posisi tubuh yang buruk.

3. Penyediaan Alat Bantu Ergonomis

Tujuan: Memastikan bahwa alat dan perangkat yang digunakan pekerja dapat mengurangi risiko cedera dan meningkatkan kenyamanan.

Langkah-langkah:

- a. Alat Pengangkat: Menggunakan alat bantu seperti forklift, lift, atau troli untuk mengurangi pengangkatan beban berat secara manual.
- b. Peralatan dengan Desain Ergonomis: Menyediakan alat-alat yang didesain untuk mengurangi tekanan pada tangan, pergelangan tangan, dan tubuh, seperti pegangan yang nyaman dan mudah digunakan.
- c. Kursi dan Meja Ergonomis: Menggunakan kursi dan meja yang dapat disesuaikan agar pekerja dapat bekerja dalam posisi yang baik dan tidak membebani tubuh.

4. Pelatihan dan Edukasi Pekerja

Tujuan: Meningkatkan kesadaran dan pengetahuan pekerja mengenai prinsip-prinsip ergonomi untuk mencegah cedera dan meningkatkan kenyamanan.

Langkah-langkah:

- a. Pelatihan Postur Tubuh yang Benar: Mengedukasi pekerja tentang cara duduk, berdiri, dan mengangkat beban dengan benar untuk mengurangi ketegangan pada tubuh.
- b. Teknik Pengangkatan yang Aman: Memberikan pelatihan tentang teknik pengangkatan yang benar, termasuk cara menggunakan lutut dan bukan punggung untuk mengangkat beban berat.
- c. Kesadaran Ergonomi: Mengadakan seminar atau workshop untuk meningkatkan kesadaran pekerja tentang pentingnya ergonomi di tempat kerja.

5. Pengaturan Waktu Kerja dan Pengurangan Stres

Tujuan: Mengelola waktu kerja dengan baik dan mengurangi stres yang dapat memengaruhi kesehatan fisik dan mental pekerja.

Langkah-langkah:

- a. Waktu Kerja Fleksibel: Menyediakan waktu kerja fleksibel agar pekerja dapat mengatur jadwal mereka untuk mencegah kelelahan atau stres yang berlebihan.
 - b. Pengaturan Jam Kerja: Mengatur jadwal kerja agar tidak ada pekerja yang bekerja terlalu lama tanpa waktu istirahat, terutama dalam pekerjaan fisik.
 - c. Pengurangan Stres: Mengadakan program kesejahteraan pekerja seperti meditasi, olahraga, atau konseling untuk mengurangi stres yang berkaitan dengan pekerjaan.
6. Penyusunan Kebijakan dan Prosedur Kesehatan dan Keselamatan Kerja
- Tujuan: Menerapkan kebijakan yang jelas mengenai ergonomi untuk menjaga keselamatan dan kesehatan pekerja.
- Langkah-langkah:
- a. Penilaian Risiko Ergonomi: Melakukan penilaian risiko secara rutin untuk mengidentifikasi dan mengatasi masalah ergonomi di tempat kerja.
 - b. Prosedur Keamanan dan Kesehatan: Menetapkan prosedur dan kebijakan yang jelas untuk mencegah cedera yang berhubungan dengan ergonomi, seperti cara melaporkan keluhan atau cedera.
 - c. Pemantauan dan Peninjauan Berkala: Memantau secara berkala kondisi tempat kerja dan melakukan tinjauan untuk memastikan bahwa strategi ergonomi yang diterapkan tetap efektif.
7. Penggunaan Teknologi dan Inovasi
- Tujuan: Menggunakan teknologi untuk mengurangi atau mengeliminasi risiko ergonomi yang ada.
- Langkah-langkah:
- a. Automasi Tugas: Menggunakan teknologi untuk mengotomatisasi tugas-tugas repetitif atau berisiko tinggi, seperti dalam lini produksi atau pengolahan data.
 - b. Penggunaan Alat Canggih: Menggunakan teknologi yang dapat membantu mengurangi ketegangan fisik,

seperti kursi yang dapat mengoreksi postur atau perangkat yang mengurangi getaran.

8. Perbaiki Lingkungan Kerja

Tujuan: Meningkatkan kondisi fisik tempat kerja untuk mendukung kenyamanan dan kesehatan pekerja.

Langkah-langkah:

- a. Pengaturan Suhu dan Kelembapan: Mengatur suhu dan kelembapan ruangan agar nyaman bagi pekerja, terutama di area yang memerlukan konsentrasi tinggi.
- b. Pengurangan Kebisingan: Menyediakan pelindung telinga atau menggunakan bahan penyerap suara untuk mengurangi kebisingan yang dapat mengganggu konsentrasi dan menyebabkan stres.
- c. Pencahayaan yang Tepat: Mengatur pencahayaan untuk mengurangi ketegangan mata, serta memastikan bahwa tidak ada silau atau cahaya yang menyilaukan.

9. Evaluasi dan Tindak Lanjut

Tujuan: Memastikan bahwa intervensi ergonomi yang diterapkan efektif dan terus diperbaiki.

Langkah-langkah:

- a. Evaluasi Efektivitas: Melakukan evaluasi berkala untuk menilai apakah perubahan yang dilakukan berhasil mengurangi risiko ergonomi.
- b. Umpan Balik Pekerja: Mengumpulkan umpan balik dari pekerja untuk mengetahui apakah mereka merasa lebih nyaman dan apakah ada perubahan dalam keluhan atau cedera terkait ergonomi.
- c. Perbaiki Berkelanjutan: Menyesuaikan strategi dan kebijakan ergonomi berdasarkan evaluasi dan umpan balik untuk memastikan perbaikan yang berkelanjutan.

Intervensi faktor psikososial bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan faktor-faktor yang dapat berdampak buruk pada kesejahteraan psikologis dan emosional karyawan. Berikut adalah beberapa strategi intervensi yang dapat diterapkan di tempat kerja:

1. Penyusunan Kebijakan Kerja yang Sehat
 - a. Tujuan: Membuat kebijakan yang mengurangi stres dan memberikan kejelasan dalam peran serta tanggung jawab karyawan.
 - b. Langkah:
 - 1) Menetapkan jam kerja yang fleksibel atau pengaturan kerja jarak jauh.
 - 2) Mengurangi beban kerja berlebih dengan pembagian tugas yang lebih merata.
 - 3) Menyediakan cuti yang cukup untuk karyawan, baik itu cuti sakit atau cuti tahunan.
 - c. Contoh: Perusahaan teknologi yang menerapkan kebijakan kerja dari rumah untuk mendukung keseimbangan kehidupan kerja dan pribadi.
2. Pelatihan Manajemen Stres dan Keterampilan Psikososial
 - a. Tujuan: Memberikan pelatihan kepada karyawan dan manajer untuk mengelola stres, meningkatkan keterampilan komunikasi, dan memperbaiki dinamika tim.
 - b. Langkah:
 - 1) Menyelenggarakan workshop tentang teknik manajemen stres dan coping strategies.
 - 2) Mengajarkan keterampilan komunikasi yang baik untuk mengurangi konflik antar rekan kerja.
 - 3) Meningkatkan kemampuan pemimpin untuk mengenali tanda-tanda stres dan mengambil tindakan yang tepat.
 - c. Contoh: Pelatihan manajemen stres yang disesuaikan dengan kebutuhan karyawan dalam berbagai level organisasi.
3. Pengembangan Lingkungan Kerja yang Mendukung
 - a. Tujuan: Menciptakan tempat kerja yang mendukung kesejahteraan karyawan secara fisik dan psikososial.
 - b. Langkah:
 - 1) Meningkatkan kualitas ruang kerja, seperti pencahayaan yang baik, ruang terbuka, dan pengaturan suhu yang nyaman.

- 2) Menyediakan fasilitas seperti ruang istirahat, ruang olahraga, atau konseling kesehatan mental.
 - 3) Menciptakan budaya kerja yang inklusif dan bebas diskriminasi.
 - c. Contoh: Perusahaan yang menyediakan ruang relaksasi atau layanan konseling bagi karyawan.
4. Meningkatkan Partisipasi dan Otonomi Karyawan
 - a. Tujuan: Memberikan karyawan otonomi dalam pekerjaan mereka dan meningkatkan partisipasi dalam pengambilan keputusan.
 - b. Langkah:
 - 1) Memberikan kesempatan bagi karyawan untuk berkontribusi dalam pengambilan keputusan penting.
 - 2) Mengurangi pengawasan mikro dengan memberikan kepercayaan kepada karyawan untuk mengelola tugas mereka sendiri.
 - 3) Membuka saluran komunikasi dua arah antara manajer dan karyawan.
 - c. Contoh: Program "feedback loop" di mana karyawan dapat menyampaikan masukan untuk perbaikan pekerjaan dan manajemen.
5. Menyediakan Dukungan Sosial dan Sistem Bantuan
 - a. Tujuan: Memberikan dukungan sosial yang memadai baik dari rekan kerja maupun dari pihak manajemen.
 - b. Langkah:
 - 1) Menyediakan layanan dukungan psikologis, seperti layanan konseling atau Employee Assistance Programs (EAP).
 - 2) Membentuk kelompok dukungan atau mentor untuk karyawan baru atau yang mengalami stres tinggi.
 - 3) Meningkatkan hubungan interpersonal yang positif antar karyawan dengan kegiatan tim building.
 - c. Contoh: Penyediaan layanan konseling internal atau kerja sama dengan penyedia layanan kesehatan mental.

6. Mengelola Konflik dan Meningkatkan Komunikasi
 - a. Tujuan: Mengurangi konflik interpersonal dan meningkatkan komunikasi di antara karyawan.
 - b. Langkah:
 - 1) Menyediakan pelatihan komunikasi efektif dan resolusi konflik untuk semua karyawan dan manajer.
 - 2) Mendorong budaya komunikasi terbuka dan konstruktif di dalam tim dan antara departemen.
 - 3) Menyediakan mekanisme untuk menangani keluhan secara adil dan tanpa takut akan pembalasan.
 - c. Contoh: Program pelatihan komunikasi non-konflikual untuk karyawan di semua level.
7. Evaluasi dan Pemantauan Berkala
 - a. Tujuan: Melakukan evaluasi berkala terhadap kondisi psikososial di tempat kerja untuk memastikan efektivitas intervensi.
 - b. Langkah:
 - 1) Melakukan survei kepuasan dan kesejahteraan karyawan secara rutin.
 - 2) Memantau tingkat stres, absensi, dan produktivitas sebagai indikator keberhasilan program intervensi.
 - 3) Mengadaptasi kebijakan atau program berdasarkan hasil evaluasi dan umpan balik dari karyawan.
 - c. Contoh: Penggunaan survei tahunan untuk mengevaluasi dampak dari kebijakan psikososial yang diterapkan di perusahaan.

- Bridger, R. S. (2017). *Introduction to Human Factors and Ergonomics* (4th ed.). CRC Press.
- Dul, J., & Weerdmeester, B. (2008). *Ergonomics for Beginners: A Quick Reference Guide* (3rd ed.). CRC Press.
- Elbert, K, K. E., Kroemer, H. B., & Hoffman, A.D.K. (2018). *Ergonomics: How to Design for Ease and Efficiency* (3rd ed.). Academic Press Elsevier
- European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA). (2014). *Psychosocial Risks in Europe: Prevalence and Strategies for Prevention*. Publications Office of the European Union.
- Grandjean, E., Kroemer, Karl. H.E. (1997). *Fitting The Task To The Human, Fifth Edition: A Textbook Of Occupational Ergonomics* (5th ed.). CRC Press
- Helander, M. (2006). *A Guide to Human Factors and Ergonomics* (2nd ed.). CRC Press.
- International Labour Organization (ILO). (2010). *Emerging risks and new patterns of prevention in a changing world of work*. Geneva: ILO.
- International Labour Organization (ILO). (2010). *Ergonomic Checkpoints* (2nd ed): Practical and Easy-to-Implement Solutions for Improving Safety, Health and Working Conditions. ILO.
- Leka, S., Griffiths, A., & Cox, T. (2003). *Work Organization and Stress: Systematic Problem Approaches for Employers, Managers, and Trade Union Representatives*. World Health Organization.
- Macdonald, W., & Oakman, J. (2015). Requirements for more effective prevention of work-related musculoskeletal disorders. *Applied Ergonomics*, 46, 248–253.
- Marras, W. S. (2008). *The Working Back: A Systems View*. Wiley.
- Nurmianto, E. (2008). *Ergonomi: Konsep dasar dan aplikasinya*. Surabaya: Guna Widya.
- Quick JC, Henderson DF. Occupational Stress: Preventing Suffering, Enhancing Wellbeing. *Int J Environ Res Public Health*. 2016 Apr 29;13(5):459. doi: 10.3390/ijerph13050459. PMID: 27136575; PMCID: PMC4881084.
- Ridley, J. (2011). *Keselamatan dan kesehatan kerja*. Jakarta: Erlangga.
- Suma"mur, Pk. (2014). *Higiene Perusahaan Dan Kesehatan Kerja*. Jakarta : Sagung Seto.
- Tarwaka. (2004). *Ergonomi untuk Keselamatan dan Kesehatan Kerja*. Surakarta: Harapan Press.



Putri Yanti, S.KM.,M.KM lahir di Sorong, 31 Maret 1995. Ia tercatat sebagai lulusan S1 dan S2 Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin. Wanita yang kerap disapa Puya ini adalah anak dari pasangan Muh. Said (ayah) dan Uli Ariyanti (ibu). Putri Yanti adalah dosen di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Pejuang Republik Indonesia (UPRI). Ia memiliki minat khusus dalam bidang kesehatan masyarakat, dengan fokus Keselamatan dan Kesehatan Kerja.



BAB 9
PENGENDALIAN
ADMINISTRATIF DAN
MANAJEMEN RISIKO

TENRI DIAH T.A



PENDAHULUAN

Dalam era globalisasi dan perkembangan teknologi yang pesat, organisasi dituntut untuk beroperasi secara efisien, transparan, dan adaptif terhadap perubahan. Untuk mencapai hal tersebut, dibutuhkan sistem pengelolaan internal yang kuat, salah satunya melalui penerapan pengendalian administratif. Pengendalian administratif merupakan rangkaian kebijakan, prosedur, dan mekanisme pengawasan yang dirancang untuk memastikan bahwa seluruh kegiatan organisasi berjalan sesuai dengan tujuan, peraturan, dan standar yang berlaku.

Pengendalian administratif mencakup berbagai aspek operasional seperti dokumentasi, pelaporan, pemisahan tugas, hingga sistem otorisasi. Dengan penerapan pengendalian yang tepat, organisasi dapat meminimalisir penyimpangan, mengurangi potensi kesalahan, serta meningkatkan efisiensi dan akuntabilitas. Pengendalian ini juga menjadi fondasi penting dalam menciptakan tata kelola yang baik (*good governance*), yang sangat dibutuhkan di berbagai sektor baik publik maupun swasta.

Di sisi lain, setiap aktivitas organisasi memiliki risiko, baik yang bersifat internal seperti kesalahan manusia, maupun eksternal seperti perubahan regulasi atau kondisi pasar. Oleh karena itu, manajemen risiko menjadi bagian penting dari strategi organisasi dalam menghadapi ketidakpastian. Manajemen risiko merupakan proses identifikasi, analisis, evaluasi, serta pengendalian terhadap risiko yang berpotensi mengganggu pencapaian tujuan organisasi.

Manajemen risiko tidak hanya sebatas menghindari kerugian, tetapi juga menciptakan peluang untuk pengambilan keputusan yang lebih bijak dan berbasis data. Dengan memahami risiko sejak dini, organisasi dapat menyusun rencana mitigasi dan respons yang lebih efektif, sehingga dampak negatif dari risiko tersebut dapat dikurangi secara signifikan. Proses ini juga mendorong budaya sadar risiko di seluruh lini organisasi.

Keterkaitan antara pengendalian administratif dan manajemen risiko sangat erat. Pengendalian administratif yang baik akan memperkuat sistem manajemen risiko, karena memberikan struktur dan informasi yang dibutuhkan untuk mengidentifikasi serta menanggapi risiko secara sistematis. Sebaliknya, penerapan manajemen risiko yang komprehensif akan menyoroti area-area yang membutuhkan pengendalian administratif lebih ketat. Sinergi keduanya menciptakan sistem pengelolaan organisasi yang lebih kokoh dan adaptif terhadap perubahan.

Oleh karena itu, penting bagi setiap organisasi untuk memahami dan menerapkan pengendalian administratif serta manajemen risiko secara terpadu. Keduanya bukan hanya sekadar alat pelengkap, melainkan bagian integral dari strategi manajerial yang mendukung keberlanjutan organisasi. Dengan sistem pengendalian dan pengelolaan risiko yang kuat, organisasi akan mampu menjaga stabilitas, membangun kepercayaan, serta meningkatkan daya saing di tengah tantangan yang semakin kompleks.

PENGENDALIAN ADMINISTRATIF

Pengendalian administratif merupakan bagian dari sistem pengendalian internal yang dirancang untuk memastikan bahwa kegiatan organisasi berjalan sesuai dengan kebijakan, prosedur, dan peraturan yang telah ditetapkan. Tujuan utamanya adalah untuk mencegah penyimpangan, meningkatkan efisiensi operasional, dan memastikan akuntabilitas dalam setiap proses bisnis. Menurut COSO (2017), pengendalian administratif mencakup lingkungan pengendalian, penilaian risiko, aktivitas pengendalian, informasi dan komunikasi, serta pemantauan.

Faktor-Faktor Pengendalian Administratif

1. **Struktur Organisasi Yang Jelas:** Struktur organisasi yang terdefinisi dengan baik membantu dalam pembagian tugas, wewenang, dan tanggung jawab, sehingga memudahkan dalam pengawasan dan pengendalian.
Contoh: Sebuah perusahaan manufaktur memiliki struktur organisasi yang memisahkan fungsi produksi, pemasaran, dan keuangan, sehingga setiap departemen memiliki tanggung jawab yang spesifik dan dapat diawasi secara efektif
2. **Prosedur Operasional Standar (SOP):** SOP merupakan pedoman tertulis yang menjelaskan langkah-langkah operasional untuk memastikan konsistensi dan efisiensi dalam pelaksanaan tugas.
Contoh: Rumah sakit menerapkan SOP untuk prosedur sterilisasi peralatan medis guna memastikan kebersihan dan mencegah infeksi silang.
3. **Sistem Otorisasi dan Persetujuan:** Sistem ini memastikan bahwa setiap transaksi atau keputusan penting mendapatkan persetujuan dari pihak yang berwenang sebelum dilaksanakan.
Contoh: Dalam perusahaan keuangan, setiap pengeluaran di atas jumlah tertentu harus mendapatkan persetujuan dari manajer keuangan.
4. **Dokumentasi dan Pelaporan:** Dokumentasi yang baik memungkinkan pelacakan aktivitas dan pengambilan keputusan berdasarkan data yang akurat.
Contoh: Perusahaan logistik menggunakan sistem pelaporan digital untuk memantau pengiriman barang secara real-time.
5. **Pelatihan dan Pengembangan Karyawan:** Pelatihan rutin memastikan bahwa karyawan memahami prosedur dan kebijakan yang berlaku, serta mampu melaksanakan tugasnya dengan kompeten.
Contoh: Perusahaan teknologi mengadakan pelatihan keamanan data bagi karyawan untuk mencegah kebocoran informasi.

Jenis-Jenis Pengendalian Administratif

Pengendalian administrative dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa jenis, tergantung pada ruang lingkup dan tujuan penerapannya. Menurut Rachmawati dan Wirawan (2022) dalam jurnal *Manajemen dan Organisasi Modern*, jenis-jenis pengendalian administrative mencakup:

1. **Pengendalian Preventif:** Dirancang untuk mencegah terjadinya kesalahan atau penyimpangan sebelum terjadi.
Contoh: Sistem verifikasi ganda dalam pengajuan pembayaran untuk mencegah fraud.
2. **Pengendalian Detektif:** Digunakan untuk mendeteksi kesalahan atau penyimpangan setelah terjadi.
Contoh: Audit internal yang dilakukan secara berkala
3. **Pengendalian Korektif:** Bertujuan untuk memperbaiki kesalahan atau penyimpangan yang telah terjadi.
Contoh: Revisi kebijakan pengadaan barang setelah ditemukan ketidaksesuaian dalam proses sebelumnya.

Pengelompokan ini menekankan bahwa pengendalian administrative tidak bersifat reaktif semata, tetapi juga bersifat proaktif dalam menjaga kelangsungan operasional organisasi.

Peran Pengendalian Administratif Dalam Organisasi

Pengendalian administratif memiliki peran strategis dalam mendukung sistem manajemen organisasi secara keseluruhan. Menurut Kurniawan (2021) dalam *Jurnal Administrasi dan Kebijakan Publik*, pengendalian administratif yang efektif dapat membantu:

1. **Meningkatkan Akuntabilitas:** Dengan adanya sistem pelaporan dan dokumentasi, organisasi dapat mempertanggungjawabkan seluruh aktivitasnya secara terbuka
2. **Mengurangi Risiko Operasional:** Prosedur administratif yang ketat mampu meminimalkan kesalahan dan meningkatkan kepatuhan terhadap peraturan
3. **Mendukung Pengambilan Keputusan:** Data yang terdokumentasi dengan baik membantu pimpinan dalam mengevaluasi kinerja dan menyusun strategi yang lebih tepat.
4. **Meningkatkan Efisiensi Biaya:** Dengan pengawasan

terhadap proses kerja, organisasi dapat mengidentifikasi pemborosan dan melakukan efisiensi.

Pengendalian Administratif dan Tata Kelola Organisasi

Pengendalian administratif merupakan bagian krusial dalam sistem tata kelola organisasi yang baik (good governance). Ia bertindak sebagai mekanisme formal untuk memastikan bahwa kebijakan, prosedur, dan operasional organisasi berjalan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Dalam kerangka good governance, pengendalian administratif berfungsi sebagai alat untuk menjaga akuntabilitas dan transparansi. Melalui pencatatan, pelaporan, dan dokumentasi yang sistematis, organisasi dapat menunjukkan secara terbuka proses pengambilan keputusan dan pelaksanaan kegiatan yang dilakukan oleh tiap unit kerja.

Akuntabilitas tidak dapat tercapai tanpa adanya pengendalian administratif yang kuat. Setiap aktivitas organisasi, baik berupa penggunaan anggaran, pelaksanaan proyek, hingga pelayanan publik, perlu dicatat dan dipertanggungjawabkan. Dengan adanya sistem pengendalian administratif yang baik, pimpinan dapat dengan mudah melacak dan menilai apakah suatu keputusan telah dilaksanakan sesuai prosedur, dan jika terjadi penyimpangan, tindakan korektif bisa segera diambil. Hal ini penting untuk menjaga integritas institusi dan mencegah praktik korupsi atau penyalahgunaan wewenang.

Selain itu, pengendalian administratif juga mendukung efektivitas dan efisiensi pelaksanaan kebijakan organisasi. Ketika prosedur administratif dijalankan secara konsisten, maka pelaksanaan kegiatan menjadi lebih terarah, sumber daya digunakan secara optimal, dan tujuan organisasi lebih cepat tercapai. Misalnya, dengan penerapan sistem persetujuan dan pelaporan berkala, organisasi dapat menghindari duplikasi pekerjaan atau pemborosan anggaran. Efektivitas akan meningkat karena setiap bagian dalam organisasi bekerja berdasarkan kerangka kerja yang terstandarisasi.

Sebaliknya, tanpa kontrol administratif yang memadai, kebijakan strategis meskipun dirancang dengan baik sering kali gagal di tahap implementasi. Ketiadaan pedoman yang jelas,

lemahnya pengawasan internal, serta kurangnya mekanisme evaluasi akan menciptakan ketidakkonsistenan dalam pelaksanaan program. Hal ini bisa menyebabkan kebingungan di tingkat operasional, munculnya praktik-praktik tidak profesional, dan bahkan kegagalan organisasi dalam mencapai targetnya. Dalam konteks ini, pengendalian administratif bukan hanya pelengkap, melainkan fondasi penting bagi keberhasilan tata kelola dan kebijakan jangka panjang organisasi.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pengendalian administratif adalah instrumen utama dalam mewujudkan prinsip-prinsip good governance. Ia menjadi jembatan antara perumusan kebijakan strategis dan realisasinya dalam praktik sehari-hari. Oleh karena itu, organisasi publik maupun swasta yang ingin membangun tata kelola yang baik harus menempatkan penguatan kontrol administratif sebagai prioritas dalam pengembangan sistem manajemennya.

Perkembangan Pengendalian Administratif Di Era Digital

Dengan berkembangnya teknologi, bentuk pengendalian administratif pun mengalami transformasi. Menurut Setyawan (2023) dalam *Jurnal Sistem Informasi dan Administrasi Bisnis*, pengendalian administratif saat ini banyak dibantu oleh:

1. Sistem ERP (*Enterprise Resource Planning*)

Enterprise Resource Planning (ERP) adalah sistem informasi terintegrasi yang digunakan untuk mengelola berbagai fungsi utama dalam suatu organisasi, seperti akuntansi, keuangan, sumber daya manusia, produksi, logistik, dan pemasaran dalam satu platform. Sistem ERP membantu meningkatkan efisiensi operasional melalui otomatisasi proses bisnis dan memungkinkan pengawasan administratif secara real-time.

Dalam konteks pengendalian administratif, ERP memiliki peran yang sangat penting. Sistem ini memungkinkan standar operasional prosedur (SOP) dijalankan secara otomatis, pengawasan otorisasi lebih ketat, dan dokumentasi transaksi terekam dengan baik. Setiap aktivitas atau perubahan data dapat dilacak dengan

jelas, sehingga meningkatkan akuntabilitas dan transparansi.

Contoh penerapan ERP yaitu sebuah perusahaan manufaktur menggunakan sistem SAP ERP untuk mengintegrasikan proses pengadaan bahan baku hingga distribusi produk. Dengan ERP, seluruh proses terpantau oleh manajemen dan laporan keuangan dapat dihasilkan secara akurat dan cepat.

2. Aplikasi E-Government (Dalam Sektor Publik)

E-Government adalah penerapan teknologi informasi dan komunikasi oleh institusi pemerintahan untuk meningkatkan kualitas layanan publik, efisiensi birokrasi, dan transparansi administrasi pemerintahan. E-Government memfasilitasi digitalisasi proses administratif seperti perizinan, pembayaran pajak, pencatatan sipil, dan layanan publik lainnya.

Dalam pengendalian administratif sektor publik, aplikasi e-government membantu mengurangi birokrasi manual yang rawan manipulasi dan korupsi. Sistem ini secara otomatis mendokumentasikan setiap transaksi administratif, sehingga pengawasan menjadi lebih mudah dan obyektif.

Contoh penerapan e-government adalah Sistem OSS (*Online Single Submission*) di Indonesia memungkinkan pelaku usaha mengajukan izin usaha secara daring. Sistem ini mengintegrasikan berbagai instansi, mengurangi potensi penyalahgunaan kewenangan, dan mempercepat proses perizinan.

3. Teknologi Blockchain Untuk Pelacakan Transaksi Administratif Yang Aman

Blockchain adalah teknologi pencatatan digital terdesentralisasi yang memungkinkan data tersimpan secara permanen, transparan, dan tidak dapat diubah (*immutable*). Dalam konteks pengendalian administratif, blockchain digunakan untuk memastikan integritas data dan keamanan transaksi, terutama yang berkaitan dengan dokumen penting atau transaksi keuangan.

Blockchain memungkinkan audit trail yang sempurna

setiap entri tercatat dalam blok yang terhubung secara kriptografis. Ini sangat efektif dalam pelacakan aset, kontrak, dan dokumen legal, serta mengurangi risiko penipuan atau perubahan data secara ilegal. Contoh penerapan blockchain: Beberapa pemerintah daerah di Estonia menggunakan teknologi blockchain untuk menyimpan dan memverifikasi catatan sipil, seperti akta kelahiran dan sertifikat tanah. Semua entri dalam sistem tidak dapat dimanipulasi dan dapat diverifikasi secara terbuka.

MANAJEMEN RISIKO

Manajemen risiko adalah suatu pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi, menganalisis, mengevaluasi, dan mengendalikan risiko yang berpotensi memengaruhi pencapaian tujuan organisasi. Menurut ISO 31000:2018, risiko adalah "efek dari ketidakpastian terhadap tujuan", dan manajemen risiko adalah suatu proses terstruktur yang membantu organisasi dalam membuat keputusan berdasarkan identifikasi kemungkinan ancaman maupun peluang (ISO, 2018).

Dalam konteks organisasi publik maupun swasta, manajemen risiko menjadi alat penting untuk meminimalkan kemungkinan kerugian serta mengoptimalkan peluang melalui pengambilan keputusan yang lebih tepat (Frigo & Anderson, 2019).

Tujuan utama dari manajemen risiko adalah untuk menciptakan nilai dan melindungi aset organisasi, baik berupa keuangan, sumber daya manusia, reputasi, maupun aset tidak berwujud lainnya. Menurut KPMG (2020), organisasi yang menerapkan manajemen risiko secara efektif dapat:

1. Menghindari kerugian yang tidak perlu
2. Meningkatkan kepercayaan stakeholder
3. Mengambil keputusan strategis secara lebih bijak
4. Menyesuaikan diri dengan perubahan lingkungan bisnis yang cepat.

Contoh nyatanya yaitu perusahaan farmasi global menggunakan manajemen risiko untuk memastikan rantai pasok bahan baku tetap aman di tengah disrupsi akibat pandemi

Komponen-Komponen Manajemen Risiko

Menurut COSO ERM Framework (2017), terdapat delapan komponen penting dalam manajemen risiko terintegrasi, yaitu:

1. Governance & Culture

Governance dan budaya organisasi adalah fondasi dari manajemen risiko yang efektif. Governance merujuk pada struktur dan proses pengambilan keputusan, peran serta tanggung jawab manajemen dan dewan pengurus dalam mengawasi pelaksanaan risiko. Sedangkan budaya organisasi mencerminkan nilai, etika, norma, dan perilaku yang ditunjukkan oleh anggota organisasi dalam menghadapi risiko.

Penerapan governance yang baik mencakup penetapan peran dan tanggung jawab yang jelas, terutama dalam hal siapa yang bertanggung jawab atas pengelolaan risiko dan pengawasan internal. Budaya organisasi yang sehat ditunjukkan dengan keterbukaan terhadap pelaporan risiko, komitmen terhadap integritas, serta dorongan kepada karyawan untuk aktif berpartisipasi dalam pengendalian risiko.

2. Strategy & Objective Setting

Komponen ini menunjukkan bagaimana manajemen risiko harus selaras dengan strategi organisasi. Organisasi harus mempertimbangkan potensi risiko dan peluang ketika merumuskan visi, misi, strategi, dan sasaran-sasaran operasional. Manajemen risiko bukan hanya berfungsi sebagai alat pengamanan, melainkan bagian integral dari penetapan arah strategis. Risiko harus diidentifikasi dan dievaluasi sebelum strategi diputuskan, agar keputusan yang diambil mampu mengantisipasi ketidakpastian masa depan.

3. Performance

Komponen performance menekankan bagaimana risiko memengaruhi kinerja organisasi. Kinerja dalam konteks ini mencakup pencapaian sasaran strategis dan operasional, serta efisiensi penggunaan sumber daya.

Organisasi perlu memantau dan mengevaluasi risiko yang berkaitan langsung dengan indikator kinerja utama (*Key Performance Indicators/KPIs*). Risiko harus dikaitkan dengan potensi dampaknya terhadap capaian target, sehingga memungkinkan pengambilan keputusan yang adaptif.

4. Risk Assessment

Penilaian risiko adalah inti dari manajemen risiko. Proses ini mencakup identifikasi, analisis, dan evaluasi risiko berdasarkan kemungkinan terjadinya dan dampaknya. COSO menyarankan pendekatan kualitatif dan kuantitatif untuk memahami sejauh mana risiko dapat menghambat atau mendukung pencapaian tujuan organisasi. Penilaian risiko membantu organisasi dalam menentukan prioritas dan strategi mitigasi yang tepat. Dalam praktiknya, alat seperti risk matrix, SWOT, atau analisis skenario sering digunakan.

5. Risk Response

Setelah risiko diidentifikasi dan dinilai, organisasi harus meresponsnya dengan cara yang tepat. Respons ini bisa berupa menghindari, mengurangi (mitigasi), menerima, atau mentransfer risiko (misalnya melalui asuransi atau outsourcing). Pemilihan respons harus mempertimbangkan efektivitas biaya dan kesesuaian dengan tujuan organisasi. Setiap respons harus didukung oleh tindakan konkret dan rencana tindak lanjut.

6. Monitoring

Monitoring adalah kegiatan pengawasan dan pengujian berkelanjutan terhadap efektivitas sistem manajemen risiko yang telah diterapkan. Proses ini memastikan bahwa kebijakan pengelolaan risiko tetap relevan, memadai, dan berfungsi sesuai dengan yang dirancang. Pemantauan dilakukan secara berkala oleh unit pengawasan internal, atau dengan audit eksternal, untuk memastikan bahwa risiko baru teridentifikasi tepat waktu dan respons yang diambil berjalan dengan baik.

7. Information, Communication & Reporting

Komunikasi dan pelaporan informasi risiko yang

akurat, tepat waktu, dan dapat dipahami merupakan kunci efektivitas manajemen risiko. Organisasi perlu mengembangkan sistem pelaporan risiko yang dapat menjangkau semua level organisasi, mulai dari karyawan operasional hingga dewan direksi. Sistem informasi risiko ini juga mendukung pengambilan keputusan dan menciptakan transparansi, baik secara internal maupun eksternal.

8. Review & Revision

Setiap kerangka manajemen risiko perlu ditinjau dan diperbarui secara berkala agar tetap relevan dengan perubahan lingkungan bisnis, teknologi, dan peraturan. Proses review dan revisi ini mencakup evaluasi terhadap keseluruhan efektivitas sistem ERM dan integrasi risiko dengan manajemen strategis. Revisi dilakukan sebagai bentuk pembelajaran berkelanjutan dari insiden, audit, atau perubahan strategi bisnis.

Proses Manajemen Risiko

Proses manajemen risiko biasanya mengikuti lima langkah utama:

1. Identifikasi Risiko (Risk Identification)

Tahap pertama dalam manajemen risiko adalah mengidentifikasi risiko-risiko potensial yang bisa memengaruhi pencapaian tujuan organisasi. Risiko dapat berasal dari berbagai sumber seperti lingkungan eksternal (ekonomi, hukum, teknologi, sosial) maupun internal (proses bisnis, sumber daya manusia, infrastruktur, sistem IT). Identifikasi risiko dilakukan dengan berbagai metode, seperti:

- a. Brainstorming antar tim lintas fungsi
- b. Analisis SWOT (*Strength, Weakness, Opportunity, Threat*)
- c. Checklist berbasis pengalaman historis
- d. Wawancara dengan stakeholder
- e. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Tujuan dari tahap ini adalah menghasilkan daftar lengkap dari potensi risiko, beserta penyebab dan konsekuensi awalnya.

2. Analisis Risiko (Risk Analysis)

Setelah risiko diidentifikasi, tahap selanjutnya adalah menganalisis karakteristik setiap risiko, yaitu menentukan seberapa besar kemungkinan (probabilitas) risiko itu terjadi dan seberapa besar dampaknya jika terjadi. Analisis ini bisa dilakukan secara:

- a. Kualitatif, menggunakan skala deskriptif (rendah, sedang, tinggi)
- b. Kuantitatif, dengan model numerik seperti *Expected Monetary Value*, *Monte Carlo Simulation*, atau *sensitivity analysis*.

Analisis ini menghasilkan profil risiko, yang menggambarkan prioritas atau tingkat urgensi dari tiap risiko. Hal ini penting untuk mengalokasikan sumber daya pengendalian secara efisien.

3. Evaluasi Risiko (Risk Evaluation)

Evaluasi risiko adalah proses membandingkan hasil analisis risiko dengan kriteria risiko yang telah ditetapkan sebelumnya (misalnya batas toleransi risiko). Ini membantu organisasi dalam menentukan apakah suatu risiko dapat diterima (acceptable) atau memerlukan tindakan lebih lanjut (unacceptable). Kriteria evaluasi biasanya melibatkan aspek:

- a. Kepatuhan hukum dan regulasi
- b. Dampak keuangan dan reputasi
- c. Tingkat kenyamanan organisasi terhadap risiko (risk appetite & tolerance)

Hasil dari evaluasi ini membantu dalam pengambilan keputusan terkait strategi pengendalian risiko.

4. Pengendalian Risiko (Risk Treatment/ Control)

Setelah risiko dievaluasi dan diputuskan bahwa diperlukan tindakan, organisasi akan menentukan strategi pengendalian atau perlakuan terhadap risiko. Umumnya, strategi ini meliputi:

- a. Menghindari risiko (misalnya membatalkan proyek berisiko tinggi)
- b. Mengurangi risiko (misalnya dengan prosedur

- keamanan, pelatihan, asuransi)
- c. Mentransfer risiko (misalnya melalui kontrak outsourcing atau asuransi)
 - d. Menerima risiko (jika dampaknya minimal atau biaya penanganan terlalu besar)

Setiap tindakan harus didukung dengan rencana implementasi yang jelas, anggaran, penanggung jawab, dan indikator keberhasilan

5. Monitoring dan Review

Tahap terakhir adalah memantau dan mengevaluasi efektivitas strategi pengendalian risiko secara berkelanjutan. Risiko bersifat dinamis dan dapat berubah akibat faktor internal maupun eksternal, sehingga perlu dilakukan pemantauan berkala. Monitoring dilakukan untuk:

- a. Menilai apakah kontrol berjalan sesuai rencana
- b. Mengidentifikasi risiko baru
- c. Melakukan perbaikan terhadap sistem yang kurang efektif
- d. Meningkatkan transparansi dan akuntabilitas

Review berkala biasanya dilakukan melalui audit internal, laporan risiko berkala, dan forum manajemen risiko.

SIMPULAN

Pengendalian administratif dan manajemen risiko merupakan dua elemen krusial dalam mewujudkan tata kelola organisasi yang baik dan berkelanjutan. Pengendalian administratif berperan dalam membentuk struktur kerja yang akuntabel, transparan, efektif, dan efisien dengan menetapkan prosedur, kebijakan, serta sistem koordinasi yang mendukung pelaksanaan operasional dan kebijakan strategis. Tanpa pengendalian administratif yang memadai, implementasi kebijakan akan menghadapi banyak hambatan karena lemahnya struktur tanggung jawab dan pengawasan internal. Di sisi lain, manajemen risiko menyediakan kerangka kerja sistematis untuk mengidentifikasi, menilai, mengendalikan, dan memantau risiko-risiko yang dapat menghambat pencapaian tujuan organisasi. Pendekatan manajemen risiko

yang terintegrasi memungkinkan organisasi untuk menghadapi ketidakpastian dengan kesiapsiagaan, serta mengelola sumber daya secara optimal. Integrasi antara pengendalian administratif yang kuat dan manajemen risiko yang efektif tidak hanya memperkuat fondasi internal organisasi, tetapi juga meningkatkan daya saing dan ketahanan terhadap berbagai tantangan lingkungan eksternal.

- COSO. (2017). *Enterprise Risk Management—Integrating with Strategy and Performance*. Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission.
- Fitriyani, L., & Mahfud, H. (2020). *Penguatan Tata Kelola Melalui Sistem Pengendalian Administratif*. Jurnal Governansi dan Inovasi Publik, 7(3), 211–221
- Frigo, M. L., & Anderson, R. J. (2019). *Strategic Risk Management: New Tools for Competitive Advantage*. Journal of Strategic Management, 7(1), 14–25.
- Hillson, D., & Murray-Webster, R. (2021). *Understanding and Managing Risk Attitude* (3rd ed.). Routledge.
- ISO. (2018). *ISO 31000: Risk management – Guidelines*. International Organization for Standardization
- Kurniawan, D. (2021). *Pengaruh Sistem Pengendalian Administratif terhadap Kinerja Organisasi Publik*. Jurnal Administrasi dan Kebijakan Publik, 12(2), 134–142
- KPMG. (2020). *Enterprise Risk Management: Creating Value in Uncertain Times*. KPMG International
- Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2020). *Management Information Systems: Managing the Digital Firm*. Pearson.
- Misuraca, G., & van Noordt, C. (2021). *Artificial Intelligence and the Future of Government*. European Commission Joint Research Centre
- Rachmawati, S., & Wirawan, A. (2022). *Peran Pengendalian Administratif dalam Meningkatkan Efisiensi Organisasi*. Jurnal Manajemen dan Organisasi Modern, 9(1), 55–64
- Setyawan, R. (2023). *Transformasi Pengendalian Administratif di Era Digital: Studi pada Instansi Pemerintah Provinsi*. Jurnal Sistem Informasi dan Administrasi Bisnis, 5(1), 45–53.
- Tapscott, D., & Tapscott, A. (2018). *Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin is Changing Money, Business, and the World*. Penguin.



Tenri Diah Tanri Abeng, S.KM.,M.KM lahir di Ujung Pandang, pada 6 Desember 1995. Ia tercatat sebagai lulusan Universitas Hasanuddin pada jenjang Sarjana maupun Magister. Wanita yang kerap disapa Tenri ini adalah anak ke empat atau anak bungsu dari pasangan Ir. Tanri Abeng, M.P (ayah) dan almh. Ir. Hajrah Arsyad, M.SI (ibu). **Tenri Diah T.A** sudah menjadi dosen tetap di salah satu Universitas Swasta di Kota Makassar sejak tahun 2021 pada bulan Januari, dan sudah banyak menerbitkan berbagai karya ilmiah terkait bidang ilmu K3.



BAB 10 **ALAT PELINDUNG DAN** **INTERVENSI TINGKAT** **INDIVIDUAL**

IBNUL ALJAUZI AMRI



PENDAHULUAN

Kesehatan lingkungan adalah bagian penting dari ilmu kesehatan masyarakat. Bidang ini mempelajari hubungan timbal balik antara manusia dan lingkungan eksternal. Menurut World Health Organization (WHO), kesehatan lingkungan adalah keseimbangan ekologi antara manusia dan lingkungan untuk menjaga kondisi hidup yang sehat (Siregar et al., 2023).

Pada tingkat individu, kesehatan lingkungan bertujuan melindungi dan meningkatkan kualitas hidup seseorang dengan mengurangi atau menghilangkan faktor lingkungan yang bisa menyebabkan penyakit, seperti polusi udara, pencemaran air, limbah berbahaya, serta paparan bahan kimia dan biologis.

Untuk menjaga kesehatan lingkungan secara individu, beberapa fokus utama yang perlu diperhatikan antara lain:

1. **Identifikasi risiko lingkungan**

Menilai potensi risiko di tempat tinggal, tempat kerja, dan ruang publik, karena semua lingkungan ini dapat memengaruhi kesehatan fisik dan mental (Midiatama, 2023).

2. **Pencegahan penyakit akibat lingkungan**

Menerapkan upaya mitigasi risiko dan intervensi individu, seperti menggunakan alat pelindung diri untuk mencegah paparan penyakit yang berasal dari lingkungan (Sri Wahyuni et al., 2025).

3. **Peningkatan kapasitas individu**

Memberikan pelatihan agar individu mampu mengenali,

memahami, dan mengambil tindakan preventif terhadap bahaya lingkungan di sekitarnya (Maziya & Abidin, 2022).

4. **Pemanfaatan teknologi berbasis data**
Menggunakan alat seperti pengukur kualitas udara, perangkat wearable, atau aplikasi kesehatan individu untuk memantau kondisi lingkungan sekitar (Revifal Anugerah & Tata Sutabri, 2024).

Selain itu, ruang lingkup kesehatan lingkungan juga terkait dengan faktor sosial penentu kesehatan, seperti tingkat pendidikan, pekerjaan, dan akses terhadap layanan kesehatan, yang dapat memperkuat atau memperlemah kemampuan individu dalam melindungi diri dari risiko lingkungan.

URGENSI

Interaksi antara individu dan lingkungan sekitarnya saling memengaruhi kesehatan keduanya. Lingkungan membawa berbagai risiko, seperti polusi udara yang mengandung zat berbahaya (Indonesia Safety Center, 2023), pencemaran air, serta paparan virus dan bakteri (Alodokter, 2023), yang semuanya dapat berdampak buruk bagi kesehatan.

Setiap individu bertanggung jawab untuk melindungi dirinya dari risiko lingkungan. Kesadaran akan pentingnya menjaga kesehatan pribadi, termasuk penggunaan alat pelindung diri sesuai kebutuhan, sangat diperlukan (Yalçın et al., 2023). Kesadaran ini menjadi kekuatan utama dalam menghadapi risiko yang tidak selalu bisa dikendalikan dari luar.

Saat ini, lingkungan tidak dapat lagi sepenuhnya memberikan perlindungan, terutama akibat aktivitas industri yang memperbesar pencemaran. Oleh karena itu, penerapan regulasi kesehatan lingkungan harus diperkuat untuk menjaga keseimbangan antara manusia dan lingkungan (Luqyana Kamila et al., 2024).

Melindungi diri dari risiko lingkungan menjadi bagian penting dalam strategi kesehatan masyarakat. Upaya ini tidak hanya mencegah penyakit, tetapi juga membantu mengurangi beban biaya kesehatan, meningkatkan produktivitas, dan memperbaiki kualitas hidup secara keseluruhan.

PEMANFAATAN ALAT PELINDUNG

Alat Pelindung adalah perlengkapan standar yang dirancang untuk melindungi pekerja dari berbagai potensi risiko di tempat kerja dan lingkungan sekitar. Alat Pelindung berfungsi memberikan perlindungan individu dari gangguan fisik, kimia, dan biologi, sehingga berkontribusi terhadap kesehatan pekerja (Sri Mulyati, 2022).

Dalam penggunaannya, terdapat beberapa prinsip dasar yang perlu diperhatikan:

1. Upaya Terakhir dalam Pengendalian Risiko

Alat Pelindung digunakan ketika risiko tidak bisa sepenuhnya diatasi melalui rekayasa teknis atau prosedur administrasi (Laksha Pradana et al., 2022).

2. Kesesuaian dengan Risiko

Pemilihan Alat Pelindung harus disesuaikan dengan jenis bahaya. Misalnya, respirator di pertambangan berbeda dengan masker medis untuk perlindungan dari penyakit menular (Roiful & Lina Agustiana, 2025).

3. Pemenuhan Standar

Alat Pelindung harus memenuhi standar nasional seperti SNI, atau standar internasional seperti OSHA dan WHO, agar efektivitas penggunaannya terjamin (Anggun Berliana Citrasari et al., 2024).

4. Pelatihan Penggunaan

Pengguna Alat Pelindung perlu mendapatkan pelatihan teknis untuk memastikan Alat Pelindung digunakan dengan benar. Tanpa pelatihan, efektivitas Alat Pelindung akan berkurang (Hardiman SG, Munaya Fauzia, et al., 2023).

5. Ergonomi dan Kenyamanan

APD harus nyaman digunakan. APD yang tidak ergonomis dapat mengganggu aktivitas kerja dan mengurangi efektivitas perlindungan (Fadilatus Sukma et al., 2023).

Dengan memahami prinsip-prinsip ini, diharapkan pekerja lebih sadar akan pentingnya melindungi diri dari berbagai risiko lingkungan yang mungkin tidak selalu terlihat, namun dapat berdampak serius terhadap kesehatan.

KLASIFIKASI ALAT PELINDUNG

Alat Pelindung Paparan Biologis

Bahaya biologis merupakan ancaman kesehatan yang berasal dari mikroorganisme seperti bakteri, virus, jamur, dan parasit. Risiko ini sering ditemukan di rumah sakit, laboratorium, industri makanan, peternakan, serta lingkungan dengan sanitasi buruk. Jika tidak ditangani serius, paparan ini dapat menyebabkan dampak besar seperti pandemi Covid-19 (Febriyana et al., 2021).

Dalam menghadapi paparan biologis, penggunaan Alat Pelindung yang tepat sangat penting untuk mencegah infeksi dan gangguan kesehatan. Jenis-jenis APD yang digunakan antara lain:

- **Masker Medis dan Respirator N95**
Efektif mencegah penularan virus melalui udara, droplet, dan aerosol.
- **Sarung Tangan Karet**
Mencegah penularan melalui kontak fisik dengan agen biologis
- **Pelindung Wajah (Faceshield)**
Melindungi mata, hidung, dan mulut dari percikan cairan yang dapat membawa agen penyakit.
- **Pakaian Pelindung Medis**
Melindungi kulit dan pakaian dari agen infeksius, terutama dalam menghadapi patogen berbahaya seperti Ebola.
- **Pelindung Kaki**
Sepatu berbahan karet digunakan untuk mencegah infeksi dari lantai yang terkontaminasi.

Penggunaan Alat Pelindung harus dilakukan secara tepat dan konsisten, meliputi prosedur pemakaian, pelepasan, dan peletakan aman. Higiene tangan sebelum dan sesudah penggunaan Alat Pelindung juga wajib diterapkan. Dengan kepatuhan terhadap prosedur ini, risiko infeksi dapat ditekan secara signifikan, melindungi individu serta mencegah penyebaran penyakit di masyarakat.

Alat Pelindung Paparan Kimia

Paparan bahan kimia di lingkungan kerja menjadi salah satu ancaman serius bagi kesehatan manusia. Agen kimia tidak hanya dapat melemahkan sistem kekebalan tubuh, tetapi juga merusak lapisan pelindung alami seperti kulit dan selaput lendir, sehingga meningkatkan risiko infeksi penyakit menular (adimitra.co.id, 2024). Untuk itu, penggunaan Alat Pelindung yang tepat menjadi langkah penting dalam mencegah dampak buruk yang mungkin timbul.

Salah satu Alat Pelindung utama adalah respirator, yang berfungsi melindungi saluran pernapasan dari debu, gas beracun, uap, atau aerosol berbahaya. Respirator tersedia dalam dua jenis: penyaring partikulat seperti masker N95 dan P100, serta respirator penyedia udara yang mengalirkan oksigen bersih. Pemilihan respirator harus disesuaikan dengan jenis kontaminan, konsentrasi bahan berbahaya, serta durasi paparan (Rivai et al., 2022). Tidak kalah penting, pekerja perlu mendapatkan pelatihan tentang cara penggunaan dan perawatan respirator agar perlindungan yang diberikan optimal.

Selain perlindungan pernapasan, sarung tangan kimia juga menjadi bagian penting dalam mencegah kontak langsung dengan bahan berbahaya. Sarung tangan berbahan lateks, nitril, neoprene, atau butyl dipilih berdasarkan ketahanan terhadap jenis bahan kimia tertentu (Dyna Grace Romatua Aruan et al., 2024). Faktor seperti ketebalan dan panjang sarung tangan turut menentukan efektivitas perlindungan.

Mata dan wajah, sebagai bagian tubuh yang sangat rentan, dilindungi dengan kacamata kimia dan pelindung wajah penuh. Alat ini dirancang untuk menahan percikan bahan kimia, debu, serpihan logam, hingga paparan radiasi optik seperti sinar ultra violet atau inframerah.

Untuk perlindungan tubuh secara menyeluruh, pekerja menggunakan pakaian pelindung kimia yang terbuat dari bahan tahan zat berbahaya seperti polietilena, PVC, atau neoprene (Latifah Nurhidayah et al., 2021). Pakaian ini mencegah penyerapan bahan kimia ke kulit dan mengurangi risiko paparan jangka panjang.

Sementara itu, alat pelindung kaki seperti sepatu bot kimia membantu melindungi dari bahaya kontak langsung dengan bahan berbahaya di lantai kerja. Sepatu ini dirancang kedap cairan dan tahan kimia, serta memiliki sol anti-slip untuk mencegah kecelakaan akibat licin (Latifah Nurhidayah et al., 2021).

Penggunaan Alat Pelindung bukan hanya soal perlindungan fisik, tetapi juga bentuk kepedulian terhadap keselamatan jangka panjang para pekerja. Dengan pemilihan Alat Pelindung yang tepat, penggunaan yang benar, serta pemeliharaan rutin, risiko kesehatan akibat paparan bahan kimia dapat diminimalkan secara signifikan.

Alat Pelindung Paparan Fisik

Pada umumnya dilingkungan, berbagai bahaya fisik seperti kebisingan, suhu ekstrem, radiasi, hingga getaran bisa mengancam keselamatan seseorang. Untuk mencegah cedera dan penyakit, penggunaan Alat Pelindung sangat penting (Riza Dahlia et al., 2022).

Salah satu bahaya utama adalah kebisingan berlebih. Tanpa perlindungan, ini bisa menyebabkan kerusakan pendengaran permanen. Alat Pelindung seperti ear plugs dan ear muffs digunakan untuk meredam suara dan menjaga kesehatan telinga.

Mata dan wajah juga perlu dilindungi dari partikel terbang, percikan bahan kimia, atau radiasi. Kacamata pelindung, pelindung wajah, dan kacamata las dirancang untuk mencegah cedera serius pada area ini.

Untuk menghindari bahaya dari suhu ekstrem atau bahan kimia, pekerja memakai pakaian pelindung khusus, seperti pakaian tahan panas, tahan dingin, atau anti-radiasi, agar kulit tetap aman.

Kaki pun tidak luput dari risiko. Sepatu bot kimia, sepatu tahan suhu, atau sepatu anti-slip membantu melindungi dari cedera akibat paparan zat berbahaya atau kondisi kerja ekstrem.

Tangan, sebagai bagian tubuh yang paling sering digunakan, perlu dijaga dengan sarung tangan yang tahan bahan kimia, panas, atau getaran, untuk mencegah luka dan iritasi.

Di lingkungan kerja yang berisiko paparan radiasi, baju tahan radiasi, sarung tangan pelindung, dan kacamata khusus menjadi perlindungan utama untuk mencegah kerusakan jaringan tubuh.

Dengan memilih dan menggunakan Alat Pelindung yang sesuai, pekerja dapat bekerja lebih aman, mengurangi risiko kecelakaan, dan menjaga kesehatan jangka panjang.

INTERVENSI TINGKAT INDIVIDUAL

Intervensi individual adalah langkah yang diambil seseorang untuk mengurangi atau menghindari paparan terhadap risiko kesehatan dari faktor lingkungan, seperti polusi udara, bahan kimia berbahaya, kebisingan, dan bahaya biologis (Wijaya et al., 2024). Tujuannya adalah melindungi kesehatan individu melalui perubahan perilaku, penggunaan Alat Pelindung, serta peningkatan kesadaran akan pentingnya menjaga kebersihan dan kesehatan lingkungan.

Dengan pemahaman yang tepat, individu dapat mengurangi risiko paparan terhadap polutan dan bahaya lingkungan, sekaligus meningkatkan kewaspadaan terhadap ancaman kesehatan fisik dan mental. Intervensi ini juga membantu mencegah berbagai penyakit akibat lingkungan, seperti gangguan pernapasan, kerusakan kulit, dan gangguan pendengaran.

Prinsip-Prinsip Dasar Intervensi Individual:

- **Berbasis Pengetahuan:** Intervensi harus didasari pemahaman tentang jenis bahaya lingkungan dan cara mengatasinya.
- **Penggunaan APD:** Masker, sarung tangan, pelindung wajah, dan pelindung telinga perlu digunakan dengan tepat sesuai risiko yang dihadapi.
- **Perubahan Perilaku:** Termasuk menjaga kebersihan diri, menghindari paparan langsung, serta memanfaatkan teknologi untuk memantau kondisi lingkungan.
- **Edukasi dan Pelatihan:** Memberikan informasi dan pelatihan penggunaan APD yang benar menjadi bagian penting untuk mengurangi risiko kesehatan.

KESIMPULAN

Alat Pelindung Diri (APD) merupakan komponen kunci dalam mitigasi risiko kesehatan yang timbul dari bahaya biologis, kimia, dan fisik di lingkungan kerja. Paparan terhadap bahaya biologis seperti mikroorganisme patogen, bahaya kimiawi seperti bahan beracun dan korosif, serta bahaya fisik seperti kebisingan, radiasi, dan suhu ekstrem, dapat menyebabkan dampak kesehatan serius, termasuk gangguan pernapasan, kerusakan kulit, gangguan pendengaran, atau bahkan kanker.

Alat Pelindung berfungsi untuk melindungi pekerja dengan meminimalkan paparan terhadap faktor bahaya ini. Beberapa jenis Alat Pelindung yang umum digunakan meliputi respirator untuk melindungi saluran pernapasan dari bahan kimia dan partikel, sarung tangan kimia untuk melindungi tangan dari zat berbahaya, pelindung mata dan wajah untuk menghindari cedera pada organ penglihatan, pakaian pelindung kimia untuk melindungi tubuh dari paparan bahan kimia berbahaya, serta pelindung kaki untuk melindungi kaki dari bahan kimia dan cedera fisik.

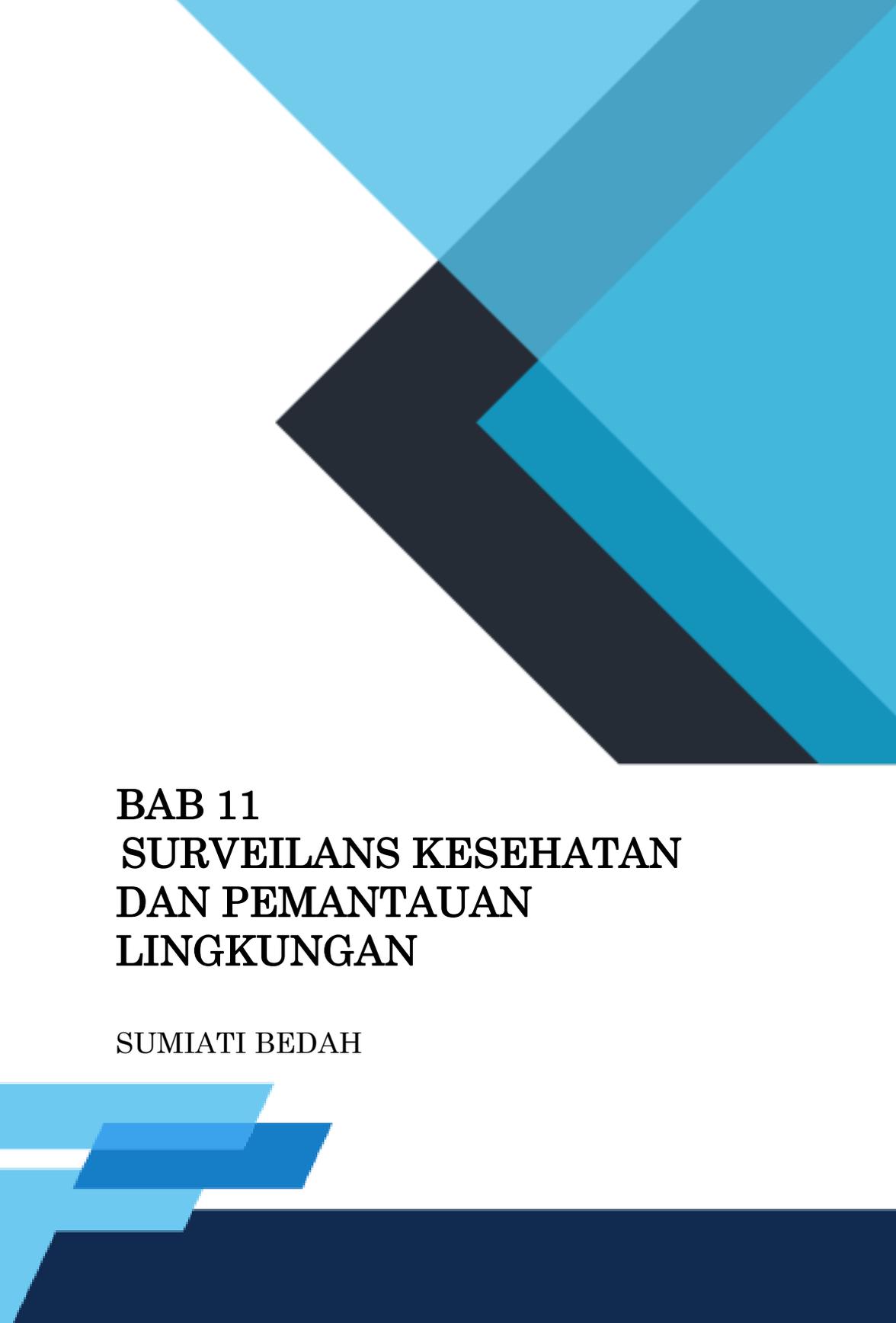
Di sisi lain, intervensi tingkat individual memainkan peran penting dalam mengurangi risiko kesehatan lingkungan. Pendekatan ini mencakup penggunaan APD yang tepat, perubahan perilaku individu untuk menjaga kebersihan dan menghindari paparan langsung terhadap bahaya, serta edukasi mengenai risiko lingkungan yang ada. Dengan memberikan pemahaman yang tepat dan pelatihan mengenai penggunaan APD, individu dapat lebih efektif dalam melindungi diri dan meminimalkan dampak dari paparan bahaya di lingkungan sekitar. Secara keseluruhan, penggunaan Alat Pelindung yang tepat, didukung oleh perubahan perilaku yang berfokus pada pencegahan, sangat penting untuk mengurangi risiko kesehatan akibat bahaya lingkungan. Intervensi individual yang didasarkan pada pengetahuan, pelatihan, dan penggunaan alat yang sesuai dapat memberikan perlindungan yang lebih baik bagi kesehatan jangka panjang individu.

- Adimitra.co.id. (2024). *Mengatasi mikroorganismen dengan biocides dan disinfektan untuk industri water treatment*. Adimitra.Co.Id.
- Alodokter. (2023, December 27). *Kenali berbagai jenis kuman di balik pencemaran air*. www.alodokter.com.
- Anggun Berliana Citrasari, A. B., Syuja'adi, A., Rahkmasari, A. A., & Prawista, A. C. (2024). <https://doi.org/10.8734/mnmae.v1i2.359>
- Aprilliani, C., Fatma, F., Syaputri, D., Marganda, S., Manalu, H., Lukman, S., Risnawati, H., Muhammad Roy Asrori Dame, T., Simangunsong, E., Mahda, C., Arina, K., Romas, N., & Firdaus, L. S. (2022). *Keselamatan dan kesehatan kerja (K3)*. www.globaleksekutifteknologi.co.id.
- Dyna Grace Romatua Aruan, Kondios Meidarlin Pasaribu, & Yunita Purba. (2024). https://ejournal.sarimutiara.ac.id/index.php/JAM/article/view/4725?utm_source=chatgpt.com
- Fadilatus Sukma, F., Noviarmi, I., & Prananya, L. H. (2023). <https://jk3l.fkm.unand.ac.id/index.php/jk3l/article/view/71/59>
- Febriyana, D., Sunarno, S., Hartoyo, Y., Nursofiah, S., Febrianti, T., Saraswati, R. D., Puspendari, N., Susanti, I., Khariri, K., Sariadji, K., Rukminiati, Y., & Muna, F. (2021). <https://doi.org/10.22435/bpk.v49i1.3844>
- Hardiman, S. G., Munaya Fauzia, Triana Srisantyorini, Erlina Pudyastuti, & Frida Kusumawati. (2023). <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/EOHSJ>
- Indonesia Safety Center. (2023, October 11). Indonesiasafetycenter.org.
- Laksha Pradana, G., Handoko, F., Galuh, H., Program,), & Industri, S. T. (2022).
- Latifah Nurhidayah, S. P., Nangim Khasanah, A. Md., A. K., Apt. Nuraini Yuliawati, S. Far., & Putri Novitasari, S. F. (2021). *Keselamatan dan kesehatan kerja di laboratorium farmasi*. <https://gerai.uui.ac.id/>
- Luqyana Kamila, A., Adilla Fitasya, N., & Ramadani, R. (2024).

- <http://openjournal.unpam.ac.id/index.php/PSM/index>
- Maziya, F. B., & Abidin, A. U. (2022).
<https://doi.org/10.5614/j.tl.2022.28.1.1>
- Midiatama. (2023, June 22). *6 langkah identifikasi bahaya dan penilaian risiko sesuai standar OSHA*. Midiatama.Co.Id.
- Revifal Anugerah, & Tata Sutabri. (2024).
<https://doi.org/10.62951/modem.v3i1.304>
- Rivai, A., Khiki Purnawati Kasim, & Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Makassar, J. (2022). *Jurnal Dinamika Pengabdian*, 8(1), 63–69.
- Riza Dahlia, Sukma Elida, Enda Silvia Putri, & Maiza Duana. (2022).
- Roiful, L., & Lina Agustiana. (2025). *Literature review*. *Jurnal Ilmiah Ilmu Kebidanan dan Kesehatan*, 16(1), 69–78.
- Siregar, R. R., Melianan Gultom, D., Kesehatan, F., Teknologi, I., Kesehatan, D., & Utara, S. (2023)..
<https://ejournal.stikesdarmaispadangsidempuan.ac.id/index.php/jkmd>
- Sri Mulyati (2022).
<https://jurnal.unived.ac.id/index.php/jnph/article/view/3117/2629>
- Sri Wahyuni, Cut Putri Zaila Lheena, Kamalurrijal, Afriliansyah, & Radhiah Zakaria. (2025), 985–997.
<https://j-innovative.org/index.php/Innovative>
- Wijaya, D. S., Sunarto, S., & Rachmawati, S. (2024). *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(3), 678–686.
<https://doi.org/10.14710/jil.22.3.678-686>
- Yalçın, S. S., Gezgen Kesen, G., Güçüz Doğan, B., Yalçın, S., & Acar Vaizoğlu, S. (2023).
<https://doi.org/10.1186/s12889-023-16684-7>



Ibnul Aljauzi Amri, SKM., MM. lahir di Ujung Pandang pada 13 September 1988. Ia merupakan lulusan Universitas Veteran Republik Indonesia. Pria yang akrab disapa *Ibnul* ini adalah putra pertama dari pasangan Amri Rode (ayah) dan Masjida Muhiddin (ibu). Memiliki minat besar dalam bidang desain grafis dan editing video,. Saat ini, ia dikaruniai seorang putra bernama Muhammad Dirga Al Afnan dan hidup bersama istri tercinta, Nofi Purnamasari.



BAB 11
SURVEILANS KESEHATAN
DAN PEMANTAUAN
LINGKUNGAN

SUMIATI BEDAH



DASAR TEORI

Surveilans kesehatan didefinisikan oleh *World Health Organization* (WHO) sebagai "Pengumpulan, analisis, dan interpretasi data terkait kesehatan secara terus-menerus dan sistematis, yang diperlukan untuk perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi praktik kesehatan masyarakat." (WHO, 2023). Surveilans kesehatan, menurut Permenkes No. 45 tahun 2014, adalah kegiatan pengamatan sistematis dan terus menerus terhadap data dan informasi tentang penyakit atau masalah kesehatan serta faktor-faktor yang memengaruhi penyakit atau masalah kesehatan tersebut. (Kemenkes RI, 2014).

Konsep dasar surveilans mencakup proses pengumpulan, pengolahan, analisis, dan interpretasi data, serta umpan balik, penyebaran yang baik, dan respons yang cepat. Konsep monitoring kesehatan masyarakat surveilans membantu pengambilan keputusan. Surveilans dilakukan secara konsisten, perubahan kecenderungan penyakit dan faktor-faktor yang mempengaruhinya dapat diamati atau diantisipasi dengan mengamati secara teratur dan sistematis. Ini memungkinkan penyelidikan dan tindakan pengendalian penyakit yang tepat (Kaunang, W.P., 2022). Surveilans adalah cara untuk mengontrol angka infeksi dengan mengukur laju infeksi. Proses surveilans mencakup pengumpulan, penginputan data, analisis, interpretasi, dan penyebaran. Data yang dikumpulkan melalui pencatatan dan pelaporan aktivitas surveilans dapat digunakan untuk menghasilkan informasi yang berguna (Hariyanti, T., dkk, 2014).

TUJUAN SURVEILANS

Tujuan surveilans penyakit adalah untuk menyediakan dan menafsirkan data untuk membantu mencegah dan mengendalikan penyakit. Untuk mencapai tujuan ini, tujuan surveilans kesehatan masyarakat harus jelas, dan tujuan ini harus menjelaskan bagaimana data dikumpulkan, dikonsolidasikan, dan dianalisis. Misalnya, tujuan surveilans tuberkulosis adalah untuk mengidentifikasi individu dengan penyakit aktif untuk memastikan bahwa mereka mendapat pengobatan yang cukup. Untuk melakukan perlakuan yang efektif, pengumpulan data harus cukup sering, tepat waktu, dan lengkap. Dengan menyediakan data secara tepat waktu dan akurat, sistem surveilans mendukung kesiapsiagaan serta memungkinkan respons cepat untuk mencegah penyebaran penyakit lebih lanjut. Sistem ini berperan penting dalam memberikan peringatan dini (*early warning system*), sehingga otoritas kesehatan dapat segera melakukan langkah-langkah mitigasi risiko (CDC, 2022).

Tujuan surveilans harus diperjelas dan metode dan sumber informasi surveilans harus dipelajari dan dioptimalkan. Instrumen-instrumen yang diselaraskan dan prosedur standar harus tersedia, dan platform terintegrasi dapat dibuat saat memungkinkan. Secara bertahap, sistem informasi digital terkoordinasi harus diperkuat untuk memungkinkan pelaporan dan analisis. Untuk melakukan ini, interoperabilitas sistem-sistem ini harus ditingkatkan untuk mendukung konektivitas antarsistem. Surveilans juga dapat digunakan untuk membandingkan beban penyakit antarwilayah dan antarwaktu, sehingga strategi alokasi sumber daya kesehatan dapat disesuaikan secara lebih proporsional dan berbasis bukti (Mahy et al., 2019).

Sistem surveilans harus dapat memberikan peringatan dan kewaspadaan dini serta informasi relevan dan tepat waktu untuk penilaian risiko dan pengambilan keputusan kesehatan masyarakat agar dapat mengelola ancaman keamanan kesehatan. Integrasi data dari berbagai sumber, termasuk laboratorium, rumah sakit, dan sistem pelaporan berbasis masyarakat, dapat meningkatkan kepekaan dan cakupan sistem surveilans. Mengoptimalkan desain sistem dan

meningkatkan kinerja surveilans kesehatan masyarakat adalah pilar utama kerja sama surveilans multi-sumber. (WHO, 2023). Data surveilans juga menjadi dasar dalam pengambilan keputusan terkait perubahan kebijakan atau modifikasi intervensi untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi (Nelson & Williams, 2014).

TUJUAN SURVEILANS PEMANTAUAN LINGKUNGAN

Surveilans lingkungan merupakan bagian dari surveilans kesehatan yang berfokus pada pemantauan faktor-faktor lingkungan yang dapat memengaruhi kesehatan manusia. Ini mencakup kualitas udara, air, tanah, paparan bahan kimia berbahaya, dan kondisi iklim yang ekstrem. Adapun tujuan daripada surveilans pemantauan lingkungan antara lain sebagai berikut;

1. Pemantauan Faktor Risiko Lingkungan terhadap Kesehatan

Tujuan utama dari surveilans lingkungan adalah untuk memantau dan mengidentifikasi faktor-faktor risiko lingkungan yang berkontribusi terhadap penyakit atau gangguan kesehatan. Misalnya, pemantauan kadar PM2.5 dan PM10 dalam udara digunakan untuk menilai risiko penyakit pernapasan dan kardiovaskular (WHO, 2022). Begitu pula dengan pencemaran air yang mengandung logam berat seperti arsenik dan merkuri yang berkaitan dengan kerusakan ginjal dan gangguan sistem saraf.

2. Mendukung Sistem Peringatan Dini terhadap Bencana Lingkungan

Surveilans lingkungan juga bertujuan untuk mendeteksi kondisi lingkungan yang dapat berkembang menjadi bencana kesehatan, seperti banjir, gelombang panas, dan kekeringan. Dengan pemantauan yang baik, sistem ini mendukung sistem peringatan dini (early warning system) yang memungkinkan intervensi dini untuk menghindari atau mengurangi dampak terhadap masyarakat (Menne & Apfel, 2021).

3. Menyediakan Data untuk Penilaian Risiko Lingkungan

Data hasil surveilans lingkungan digunakan untuk melakukan penilaian risiko kesehatan yang diakibatkan

oleh paparan lingkungan. Proses ini mencakup identifikasi bahaya, analisis paparan, dan estimasi risiko yang dapat digunakan untuk menetapkan nilai ambang batas (threshold) atau standar kualitas lingkungan (US EPA, 2019).

4. Evaluasi dan Pengembangan Kebijakan Lingkungan yang Sehat

Tujuan selanjutnya adalah untuk mendukung pengembangan kebijakan publik yang berbasis pada data ilmiah dan bersifat preventif. Misalnya, data mengenai tingginya kadar pestisida dalam sayuran dapat mendorong penguatan regulasi pertanian dan pengawasan keamanan pangan (WHO, 2022).

5. Mendorong Pendekatan *One Health*

Pemantauan lingkungan juga sejalan dengan pendekatan *One Health*, yang mengintegrasikan kesehatan manusia, hewan, dan lingkungan. Surveilans yang mencakup data dari ekosistem dan hewan dapat membantu mendeteksi zoonosis atau penyakit yang ditularkan dari hewan ke manusia, seperti leptospirosis atau flu burung (Mackenzie & Jeggo, 2019).

Sinergi antara surveilans kesehatan dan lingkungan sangat penting untuk memahami penyebab utama dari masalah kesehatan masyarakat secara menyeluruh. Misalnya, dalam kasus peningkatan penyakit diare di suatu daerah, data dari surveilans kesehatan dapat menunjukkan peningkatan kasus, sementara surveilans lingkungan dapat mengidentifikasi kontaminasi air sebagai penyebabnya.

Selain itu, integrasi kedua sistem ini juga mendukung penguatan sistem respons terpadu terhadap ancaman seperti perubahan iklim, polusi industri, dan wabah penyakit zoonosis. Kombinasi data dari kedua sistem membantu pengambilan keputusan yang lebih tepat sasaran dan multisektoral, yang pada akhirnya berdampak pada peningkatan ketahanan kesehatan masyarakat (Schwind et al., 2022).

MANFAAT SURVEILANS KESEHATAN DAN PEMANTAUAN LINGKUNGAN

Kesehatan masyarakat tidak dapat terjaga dengan optimal tanpa adanya sistem yang mampu mengawasi, menganalisis, dan merespons berbagai ancaman terhadap kesehatan secara sistematis. Dua komponen penting dalam sistem kesehatan masyarakat tersebut adalah surveilans kesehatan dan pemantauan lingkungan. Keduanya memiliki peran strategis dalam deteksi dini, pencegahan, dan pengendalian masalah kesehatan, baik yang bersumber dari penyakit menular, penyakit tidak menular, maupun dari paparan lingkungan yang berisiko.

World Health Organization (WHO) mendefinisikan surveilans kesehatan sebagai "*the continuous, systematic collection, analysis and interpretation of health-related data needed for the planning, implementation, and evaluation of public health practice*" (WHO, 2022). Sedangkan pemantauan lingkungan adalah proses observasi sistematis terhadap parameter lingkungan untuk mendeteksi perubahan atau ancaman terhadap kesehatan (USEPA, 2018).

1. Deteksi Dini dan Respons Cepat terhadap Wabah

Salah satu manfaat utama dari surveilans kesehatan adalah kemampuan mendeteksi penyakit menular secara dini, yang memungkinkan respons cepat sebelum penyakit menyebar luas. Sistem surveilans seperti *Early Warning and Response System* (EWARS) yang digunakan di banyak negara berkembang telah terbukti efektif dalam mengidentifikasi Kejadian Luar Biasa (KLB) seperti kolera, demam berdarah dengue, dan campak (WHO, 2022).

Contoh nyata adalah sistem Sistem Kewaspadaan Dini dan Respon (SKDR) di Indonesia, yang mampu mengidentifikasi dan merespons penyakit potensial wabah dengan lebih cepat, khususnya di daerah rawan (Kemenkes RI, 2020).

2. Menjadi Dasar Perumusan Kebijakan dan Intervensi Kesehatan

Surveilans dan pemantauan lingkungan menyediakan data berbasis bukti (evidence-based) yang sangat penting bagi perumusan kebijakan. Informasi yang dikumpulkan secara sistematis dari surveilans dapat digunakan oleh pengambil

kebijakan untuk merancang program kesehatan, mengalokasikan sumber daya, dan menetapkan prioritas intervensi (CDC, 2020).

Misalnya, peningkatan insidensi infeksi saluran pernapasan akut (ISPA) yang tercatat di wilayah dengan kualitas udara buruk menjadi dasar kebijakan larangan pembakaran lahan dan pengendalian emisi kendaraan bermotor.

3. Memantau Faktor Risiko Lingkungan

Pemantauan lingkungan sangat bermanfaat dalam mengidentifikasi dan memantau faktor risiko lingkungan yang memengaruhi kesehatan manusia. Faktor-faktor seperti kualitas udara, air, tanah, makanan, serta kebisingan dan paparan bahan kimia dapat dikaji melalui sistem pemantauan yang baik (UNEP, 2021). Sebagai contoh, peningkatan kadar PM_{2.5} (partikulat halus) dalam udara telah dikaitkan dengan peningkatan kasus penyakit paru kronis dan kanker paru. Dengan pemantauan berkala, intervensi dapat dirancang untuk mengurangi paparan tersebut.

4. Evaluasi Efektivitas Program Kesehatan

Surveilans juga berperan dalam evaluasi terhadap efektivitas program kesehatan. Misalnya, program vaksinasi polio dapat dievaluasi melalui penurunan angka kasus paralisis akut yang dilaporkan. Jika angka kejadian masih tinggi, evaluasi terhadap cakupan vaksinasi atau efektivitas pelaksanaannya dapat segera dilakukan (WHO, 2023). Data surveilans menjadi tolok ukur yang objektif bagi sukses tidaknya intervensi kesehatan masyarakat yang sedang berlangsung.

5. Perlindungan terhadap Kelompok Rentan

Kelompok rentan seperti bayi, ibu hamil, lansia, dan masyarakat miskin memiliki risiko yang lebih tinggi terhadap berbagai masalah kesehatan. Melalui surveilans dan pemantauan lingkungan, risiko-risiko ini dapat diidentifikasi lebih awal, sehingga intervensi dapat difokuskan kepada kelompok yang paling membutuhkan (UNICEF, 2019). Contohnya, pemantauan kualitas air minum di wilayah kumuh dapat menunjukkan potensi tinggi penyakit diare, sehingga diperlukan upaya sanitasi dan edukasi kebersihan secara khusus pada wilayah tersebut.

6. Pencegahan Penyakit Berbasis Lingkungan

Data dari pemantauan lingkungan dapat digunakan untuk merancang intervensi pencegahan berbasis perubahan lingkungan. Misalnya, pemetaan tempat perindukan nyamuk *Aedes aegypti* dapat membantu dalam merancang program pengasapan, Pemberantasan Sarang Nyamuk (PSN), dan edukasi masyarakat yang lebih terarah (Kemenkes RI, 2022). Dengan demikian, pemantauan lingkungan memiliki kontribusi signifikan dalam pengendalian penyakit berbasis vektor seperti demam berdarah, malaria, dan chikungunya.

7. Menunjang Kesiapsiagaan terhadap Bencana Kesehatan

Dalam situasi darurat atau bencana, sistem surveilans dan pemantauan lingkungan dapat mengidentifikasi ancaman sekunder, seperti penyebaran penyakit menular di pengungsian, kontaminasi air bersih, atau pencemaran udara akibat kebakaran hutan (IFRC, 2021). Data yang akurat dari sistem ini memungkinkan penyediaan respons yang cepat dan tepat, seperti distribusi air bersih, pengobatan massal, dan layanan kesehatan mobile untuk pengungsi.

8. Prediksi Tren Kesehatan dan Perubahan Iklim

Surveilans jangka panjang juga membantu dalam prediksi tren penyakit dan dampaknya terhadap perubahan iklim. Misalnya, pemanasan global dapat memperluas habitat nyamuk penyebab malaria ke wilayah yang sebelumnya non-endemik. Dengan memadukan data lingkungan dan data kesehatan, model prediktif dapat dibuat untuk mencegah penyebaran lebih luas (IPCC, 2022).

9. Penguatan Sistem Kesehatan Masyarakat

Dengan sistem surveilans dan pemantauan yang kuat, negara dapat meningkatkan ketahanan sistem kesehatan secara keseluruhan. Sistem ini menjadi tulang punggung dalam menjaga kewaspadaan terhadap ancaman baru, seperti penyakit baru yang bersifat zoonotik atau resisten terhadap pengobatan (CDC, 2023).

10. Edukasi dan Pemberdayaan Masyarakat

Kegiatan surveilans yang melibatkan komunitas, seperti Community-Based Surveillance (CBS), dapat meningkatkan kesadaran dan pemberdayaan masyarakat. Masyarakat yang

terlibat dalam pelaporan penyakit atau pemantauan lingkungan akan lebih sadar terhadap risiko dan lebih aktif dalam menjaga kesehatan lingkungan mereka (UNDP, 2021).

JENIS-JENIS SURVEILANS

1. Surveilans Individu (*individual surveillance*)

Surveilans individu merupakan kegiatan pemantauan yang dilakukan secara berkesinambungan terhadap seorang individu guna memperoleh informasi mengenai status kesehatannya, khususnya yang berkaitan dengan penyakit menular atau kondisi kesehatan tertentu. Kegiatan ini umumnya dilaksanakan oleh tenaga kesehatan atau petugas surveilans yang berwenang (Kemenkes, 2020).

2. Surveilans Penyakit (*Disease surveillance*)

Surveilans ini melakukan pengawasan terus-menerus terhadap distribusi dan tren insidensi penyakit tertentu melalui pengumpulan dan evaluasi data penyakit dan kematian. Fokusnya adalah pada penyakit, bukan individu. Pendekatan surveilans penyakit biasanya didukung oleh program vertikal (pusat daerah) di banyak negara misalnya program pengawasan tuberkulosis dan malaria.

3. Surveilans Sindromik (*Syndromic surveillance*)

Pengawasan sindrom (pengawasan berbagai penyakit) mengawasi sindroma (kumpulan gejala) penyakit. Bukan hanya satu penyakit.

4. Surveilans Berbasis Laboratorium.

Menggunakan data hasil pemeriksaan laboratorium untuk mendeteksi dan memantau penyakit, yang memberikan konfirmasi diagnosis dan informasi penting untuk pengendalian penyakit

5. Surveilans Terpadu (*Integrated surveillance*)

Menggabungkan berbagai jenis surveilans dalam suatu wilayah yurisdiksi (negara, provinsi, kota) untuk mengoptimalkan pengumpulan dan penggunaan data kesehatan secara bersama-sama, dengan struktur dan proses yang terkoordinasi.

ATRIBUT SURVEILANS

Untuk mencapai tujuan, karakteristik surveilans akan membantu sistem mencapai tujuan mereka. Harus ada keseimbangan antara fitur surveilans ini dengan kekuatan dan kelemahan sistem.

1. Kesederhanaan (*Simplicity*)

Sistem surveilans sederhana karena struktur dan kemudahan pengopersiannya. Sistem pengawasan harus sederhana namun efektif. Ketepatan waktu bergantung pada kesederhanaan, yang akan memengaruhi jumlah sumber daya dan dana yang diperlukan untuk menerapkan sistem (Depkes RI, 2003). Sistem surveilans harus mudah dipahami dan dilaksanakan, baik dari segi desain maupun pelaksanaan, sehingga tidak membebani petugas pelaksana dan mempercepat proses pengumpulan data.

2. Fleksibel atau tidak kaku (*Flexibility*)

Sistem surveilans yang fleksibel dapat menyesuaikan diri dengan perubahan informasi atau kondisi pelaksanaan tanpa meningkatkan biaya, tenaga kerja, atau waktu yang diperlukan. Sistem harus mampu beradaptasi dengan perubahan kebutuhan informasi, penyakit baru, atau perubahan teknologi tanpa memerlukan perubahan besar pada struktur sistem.

3. Akseptabilitas (*Acceptability*)

Akseptabilitas adalah tingkat kesediaan dan kemauan petugas serta pihak terkait untuk berpartisipasi dalam sistem surveilans, termasuk dalam hal pelaporan data dan kepatuhan terhadap prosedur. Sistem surveilans yang baik hanya dapat berfungsi jika semua pihak yang terlibat dalam pengoperasiannya setuju untuk menggunakannya.

4. Sensitivitas (*Sensitivity*)

Kemampuan sistem untuk mendeteksi kasus atau kejadian penyakit yang sebenarnya terjadi di masyarakat, termasuk kemampuan mendeteksi wabah Kejadian Luar Biasa (KLB) dengan cepat. Secara praktis, evaluasi sensitivitas dengan asumsi kasus sebagian besar berfokus pada menghitung berapa banyak kasus yang dapat dideteksi oleh sistem pengawasan di masyarakat. Selama sensitivitas tetap, sistem surveilans sensitif masih dapat mengamati tren dan

mendeteksi peristiwa kesehatan atau objek surveilans lainnya dengan tepat..

5. Nilai Prediktif Positif (*Predictive Value Positive*)

Nilai Prediktif Positif (NPP) adalah bagian Proporsi kasus yang dilaporkan oleh sistem surveilans yang benar-benar merupakan kasus nyata, mengindikasikan akurasi diagnosis dan pelaporan.

6. Kerepresentatifan (*Representativeness*)

Surveilans representatif adalah sistem harus mampu menggambarkan kejadian penyakit secara akurat dalam populasi, baik dari segi waktu, tempat, dan karakteristik individu. Kerepresentatifan bergantung pada kualitas data. Kualitas data ini dipengaruhi oleh ketelitian dalam penatalaksanaan data, supervisi terhadap petugas surveilans, kejelasan formulir surveilans, dan kualitas pelatihan. Pengkajian hal-hal akan memberikan ukuran kualitas data tak langsung.

SURVEILANS KESEHATAN LINGKUNGAN

Menurut PP Nomor 66 tahun 2014 tentang kesehatan lingkungan, surveilans kesehatan lingkungan adalah pengumpulan data kesehatan lingkungan, dilakukan terus-menerus secara sistematis, melalui analisis dan interpretasi.

Contoh kegiatan surveilans kesehatan lingkungan diantaranya Penelitian yang dilakukan oleh Hayat dan Kurniatillah (2021) dalam artikel berjudul *Microbiological and Water Quality Status of Cibanten River* memberikan kontribusi penting dalam bidang surveilans kesehatan lingkungan. Studi tersebut menyoroti kondisi kualitas air Sungai Cibanten yang telah tercemar, baik secara mikrobiologis maupun kimiawi. Hasil pengujian menunjukkan tingginya kandungan *Escherichia coli* dan coliform sebagai indikator kontaminasi feses, serta meningkatnya nilai *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang mencerminkan beban pencemar organik di dalam air. Temuan ini memiliki implikasi yang signifikan dalam praktik surveilans kesehatan lingkungan, khususnya dalam hal identifikasi awal terhadap potensi risiko kesehatan masyarakat yang disebabkan oleh paparan air tercemar. Keberadaan mikroorganisme

patogen dan senyawa pencemar organik dalam air dapat menjadi pemicu timbulnya berbagai penyakit berbasis lingkungan, seperti diare, kolera, tifus, dan gangguan kulit (Hayat & Kurniatillah, 2021).

SIMPULAN

Manfaat surveilans kesehatan dan pemantauan lingkungan sangat luas dan esensial bagi upaya promosi, pencegahan, dan pengendalian penyakit. Dalam era globalisasi dan perubahan iklim yang cepat, sistem ini menjadi fondasi untuk membangun sistem kesehatan yang tangguh, adaptif, dan responsif terhadap tantangan masa depan.

Penguatan infrastruktur surveilans dan pemantauan, peningkatan kapasitas sumber daya manusia, serta pelibatan aktif masyarakat merupakan kunci keberhasilan dari sistem ini.

Keterkaitan antara surveilans kesehatan dan pemantauan lingkungan sangat erat. Faktor-faktor lingkungan seperti polusi udara atau pencemaran air dapat langsung mempengaruhi status kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, sistem surveilans harus terintegrasi dengan pemantauan lingkungan untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang kondisi kesehatan masyarakat.

Perencanaan sistem surveilans harus melibatkan langkah-langkah yang jelas mulai dari penetapan tujuan hingga evaluasi efektivitas sistem. Hal ini mencakup pengembangan definisi kasus yang tepat, sistem pengumpulan data yang efisien, serta mekanisme diseminasi informasi kepada pemangku kepentingan. Dengan meningkatnya tantangan global seperti perubahan iklim dan epidemi penyakit menular, penting bagi negara untuk memperkuat sistem surveilans kesehatan dan pemantauan lingkungan. Investasi dalam teknologi informasi dan pelatihan tenaga kerja di bidang ini sangat diperlukan agar data yang diperoleh dapat dimanfaatkan secara optimal dalam pengambilan keputusan kebijakan publik.

- CDC. (2020). Introduction to Public Health Surveillance. <https://www.cdc.gov>
- CDC. (2023). Global Health - Health System Strengthening. <https://www.cdc.gov/globalhealth>
- Badan PPSDMK, P. P. S., & Badan PPSDMK, B. C., 2018. Kurikulum Pelatihan Surveilans Epidemiologi Bagi Petugas Puskesmas.
- Hariyanti, T., Pujiastuti, L., Sakit, R., Medika, L., Sakit, R., Batu, P., & Discussion, F. G., 2014. Faktor Sumber Daya Manusia dan Komitmen Manajemen yang Mempengaruhi Surveillance Infeksi Nosokomial di Rumah Sakit Paru Batu Human Resource Factors and Management Commitment that Influence Nosocomial Infection Surveillance in Paru Hospital Batu, 28(2), 181–185.
- Hayat, F., & Kurniatillah, N., 2021. Microbiological and Water Quality Status of Cibanten River. The First International Conference on Social Science, Humanity, and Public Health (ICOSHIP 2020), 198–200.
- Heymann, D. L. (2020). Control of Communicable Diseases Manual (20th ed.). APHA Press.
- IFRC. (2021). Health in Emergencies. <https://www.ifrc.org>
- Ikhtiyaruddin, S. K. M., Sari, M. N. P., SKM, M., & Agus Alamsyah, S. K. M., 2022 SURVEILANS EPIDEMIOLOGI.
- IPCC. (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. <https://www.ipcc.ch>
- Kaunang, W. P., Warong, S. A., Pitoy, C., Ibur, C. A., Monding, Q., Awumbas, S., & Asumbak, J. P., 2022 KONSEP SURVEILANS KESEHATAN MASYARAKAT.
- Kemenkes RI, 2014, Permenkes No.45 Tahun 2014, tentang Penyelenggaraan Surveilans Kesehatan, Jakarta
- Kemenkes RI. (2020). Pedoman Sistem Kewaspadaan Dini dan Respon (SKDR). Jakarta: Direktorat Surveilans dan Karantina Kesehatan
- Kemenkes RI, 2020. Petunjuk teknis surveilans epidemiologi penyakit menular. Jakarta: Direktorat Jenderal Pencegahan dan Pengendalian Penyakit., Jakarta

- Mackenzie, J. S., & Jeggo, M. (2019). The One Health approach—Why is it so important? *Tropical Medicine and Infectious Disease*, 4(2), 88. <https://doi.org/10.3390/tropicalmed4020088>
- Menne, B., & Apfel, F. (2021). Environmental health in emergencies and disasters. World Health Organization.
- Nelson, K. E., & Williams, C. F. M. (2014). *Infectious Disease Epidemiology: Theory and Practice* (3rd ed.). Jones & Bartlett Learning.
- Nelwan, J. E., 2020. *Surveilans Kesehatan Masyarakat: Suatu Pengantar*. Insan Cendekia Mandiri.
- Schwind, J. S., Gilbert, W., Morzaria, S., Najera, M., & Allepuz, A. (2022). Interoperability of digital health surveillance systems in resource-limited settings. *Frontiers in Public Health*, 10, 844256. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.844256>
- UNDP. (2021). Community Engagement for Health Surveillance. <https://www.undp.org>
- UNEP. (2021). Healthy Environment, Healthy People: Key Messages. <https://www.unep.org>
- UNICEF. (2019). Water, Sanitation and Hygiene (WASH). <https://www.unicef.org>
- USEPA. (2018). Environmental Monitoring and Assessment Program. <https://www.epa.gov>
- WHO. (2022). Public Health Surveillance. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/public-health-surveillance>
- WHO. (2023). Polio Surveillance Systems. <https://www.who.int/teams/polio/surveillance>
- WHO, 2023 Kerangka Strategis untuk Tindakan Penguatan Surveilans, Penilaian Risiko, dan Epidemiologi Lapangan terhadap Ancaman Keamanan Kesehatan di Kawasan WHO Asia Tenggara: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/376716/9789290211334-Ind.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



Dr.Sumiati Bedah,SKM,SPd,MKM

Lahir di Jakarta tanggal 23 November 1973. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknologi Laboratorium Medis Fakultas Kesehatan, Universitas Mohammad Husni Thamrin. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Kesehatan Masyarakat dan Sarjana Pendidikan administrasi perkantoran, melanjutkan S2 pada Jurusan Kesehatan lingkungan peminatan Epidemiologi Kesehatan Lingkungan FKM UI 2014 dan melanjutkan S3 pada Jurusan Epidemiologi Peminatan Epidemiologi Komunitas FKM UI 2024



BAB 12
PENDEKATAN
KEBERLANJUTAN DALAM
MITIGASI RISIKO KESEHATAN
LINGKUNGAN DAN KERJA

AWAL RACHMAT



PENDAHULUAN

Menurut American Institute of Architect, Sustainability (berkelanjutan) adalah kemampuan masyarakat untuk bertahan hidup dengan menggunakan sumber daya alam yang mereka miliki tanpa perlu menghabiskan/ menggunakan secara berlebih dimana sistem yang mereka gunakan membutuhkan sumber daya tersebut

- Hery (2015) Mitigasi risiko adalah jenis penanganan risiko dengan cara mengurangi probabilitas terjadinya risiko, dan atau mengurangi dampak negatif yang timbul bila risiko terjadi. Widina (2020) Mitigasi risiko merupakan strategi dalam meminimalisir adanya dampak negatif yang telah terjadi.
- Rainer, Prince, & Cegielski (2015) Mitigasi risiko adalah tindakan nyata yang diambil organisasi terhadap risiko.
- Winslow (1920), kesehatan lingkungan merupakan bagian dari kesehatan masyarakat yang berupaya mencegah penyakit, memperpanjang hidup, dan meningkatkan kesehatan melalui upaya terorganisir masyarakat, termasuk perbaikan sanitasi lingkungan, pemberantasan penyakit menular, pendidikan kebersihan diri, dan pengembangan rekayasa sosial
- HAKLI (Himpunan Ahli Kesehatan Lingkungan Indonesia)
- Kesehatan lingkungan merupakan Kondisi lingkungan yang mendukung keseimbangan ekologi dinamis antara manusia dan lingkungannya untuk mencapai kualitas hidup yang sehat dan bahagia.

- WHO (World Health Organization) kesehatan lingkungan adalah Keseimbangan ekologi yang harus ada antara manusia dan lingkungan untuk menjamin kesehatan manusia.
- Suma'mur (2014) Kesehatan kerja adalah ilmu kesehatan dan penerapannya yang bertujuan mewujudkan tenaga kerja sehat, produktif, dan terlindung dari penyakit akibat kerja.
- Mathis dan Jackson (2006) Kesehatan kerja merujuk pada kondisi fisik, mental, dan stabilitas emosi secara umum.
- Prakoso, dkk (2021) Kesehatan kerja menunjuk pada kondisi yang bebas dari gangguan fisik, mental, emosi, atau rasa sakit yang disebabkan oleh lingkungan kerja.
- Nurkamal (2022) Kesehatan kerja adalah tindakan yang dilakukan perusahaan untuk menjaga kesehatan pegawai, baik fisik maupun mental, agar terhindar dari bahaya di tempat kerja.
- Mangkunegara (2002) Kesehatan kerja adalah suatu pemikiran dan upaya untuk menjamin keutuhan dan kesempurnaan jasmani maupun rohani tenaga kerja

Kesehatan kerja dan kesehatan lingkungan saling berhubungan dikarenakan banyak faktor yang mempengaruhi kesehatan para pekerja juga termasuk faktor lingkungan. Misalnya, pencemaran udara di tempat kerja dapat berdampak pada kesehatan pernapasan pekerja, dan juga dapat berdampak pada kesehatan lingkungan secara luas. Selain itu, kondisi lingkungan kerja yang tidak aman (misalnya, kondisi sanitasi yang buruk) dapat meningkatkan risiko penyakit dan kecelakaan kerja.

Kesehatan lingkungan dan kesehatan kerja saling berhubungan dikarenakan kedua ilmu tersebut berupaya untuk melindungi dan meningkatkan kesehatan manusia atau pekerja. Kesehatan kerja berfokus pada kesehatan pekerja di lingkungan kerjanya, sedangkan kesehatan lingkungan lebih kepada sebab akibat bagaimana faktor lingkungan dapat mempengaruhi kesehatan manusia

Menurut World Health Organization (WHO), Mitigasi risiko dalam konteks kesehatan lingkungan dan kesehatan kerja

merupakan bagian integral dari upaya promotif dan preventif dalam kesehatan masyarakat.

kesehatan lingkungan didefinisikan sebagai aspek kesehatan pribadi manusia, termasuk kualitas hidupnya, yang ditentukan oleh faktor lingkungan baik dari segi fisik, kimia, biologi, sosial, dan psikososial.

Bencko (1991) mitigasi risiko kesehatan kerja, adalah cabang ilmu kesehatan masyarakat yang bertujuan untuk mencegah penyakit dan cedera yang disebabkan oleh kondisi kerja, serta untuk meningkatkan kesejahteraan fisik, mental, dan sosial pekerja

PEMBAHASAN

Dalam era industrialisasi dan urbanisasi, risiko terhadap kesehatan lingkungan dan kesehatan kerja merupakan hal yang sangat penting. Pendekatan keberlanjutan dalam hal mitigasi risiko kesehatan lingkungan dan kesehatan kerja adalah suatu strategi yang menekankan pada upaya berkelanjutan dengan sistem pencegahan, pengendalian, dan penanggulangan risiko, strategi ini bersifat sistemik dan terintegrasi, yang tidak berfokus pada hasil jangka pendek, tetapi membangun pondasi guna menghadapi dan mengurangi risiko di masa depan dengan tetap menjaga keseimbangan sosial, lingkungan, dan ekonomi.

Keberlanjutan menegaskan pemenuhan kebutuhan tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang dalam memenuhi kebutuhannya, menekankan perlunya menjaga ekosistem, keanekaragaman hayati, dan kualitas lingkungan hidup, dengan artian penggunaan sumber daya alam harus dibatasi, diperbarui atau dipulihkan kembali.

Pendekatan keberlanjutan tidak berfokus pada pertimbangan aspek kesehatan manusia dalam jangka pendek, tetapi juga dalam jangka menengah serta dampak jangka panjangnya, berakar pada prinsip bahwa kesehatan manusia terikat pada kondisi lingkungan, ekonomi, dan sosial. Pendekatan ini cerminan dari korelasi kesehatan masyarakat (public health) dan pembangunan berkelanjutan (sustainable development)

Dalam jangka pendek, berfokus pada pencegahan dan mitigasi dampak langsung terhadap kesehatan seperti

polusi, kontaminasi, ataupun paparan bahan kimia berbahaya pada lingkungan tertentu

Pendekatan keberlanjutan juga melihat dampak kesehatan dalam jangka menengah seperti perubahan pola penyakit dimasyarakat akibat perubahan gaya hidup, urbanisasi, atau pergeseran iklim. Dalam jangka panjang, teori keberlanjutan mempertimbangkan dampak menyeluruh, hal ini mencakup perubahan iklim, penurunan keanekaragaman hayati, hingga ketahanan lingkungan. Semua ini berpotensi mempengaruhi kesehatan generasi mendatang.

Kesehatan lingkungan erat kaitannya dengan kondisi lingkungan yang sangat berpengaruh terhadap kesehatan manusia pendekatan keberlanjutan dalam konteks ini adalah pemanfaatan efisiensi sumber daya, perlindungan lingkungan secara umum, dan perhatian kesejahteraan manusia, contohnya efisiensi sumber daya: Mengurangi konsumsi energi dan air di industri, menerapkan prinsip 3R (Reduce, Reuse, Recycle), dan penggunaan teknologi ramah lingkungan, perlindungan lingkungan: Reklamasi lahan, rehabilitasi habitat, pengendalian pencemaran udara dan air.

Pendekatan keberlanjutan merupakan penerapan praktik yang sangat meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan, harus tertangani dengan teknologi modern dan ramah lingkungan

Teknologi modern merujuk pada penerapan ilmu pengetahuan dan teknik terkini untuk menciptakan alat, sistem, atau metode baru yang memudahkan aktivitas manusia, meningkatkan efisiensi, dan memperluas kapabilitas dalam berbagai bidang—dari industri, transportasi, hingga informasi dan komunikasi, teknologi ramah lingkungan (environmentally friendly technology) adalah teknologi yang dikembangkan dan diterapkan dengan mempertimbangkan dampaknya terhadap lingkungan. Teknologi ini dirancang untuk mengurangi polusi, menghemat sumber daya alam, meminimalkan emisi gas rumah kaca, serta mendukung ekosistem alam.

Karakteristik teknologi ramah lingkungan adalah efisien Energi yang artinya menggunakan energi secara efisien, atau bahkan menggunakan energi terbarukan seperti melibatkan energi matahari, angin, enzyme atau bio molekul, yang tak kalah

penting adalah Minim Emisi dan Reusabilitas atau konsep daur ulang Teknologi modern dan ramah lingkungan merupakan pilar penting dalam pembangunan berkelanjutan (sustainable development). Sehingga memicu beberapa pilar penting seperti ;

Ekonomi Hijau (Green Economy): Pertumbuhan ekonomi yang rendah karbon, efisien sumber daya, dan inklusif sosial. Peningkatan Kesejahteraan Sosial: Lingkungan yang bersih dan sehat meningkatkan kualitas hidup masyarakat. Ketahanan Iklim: Mengurangi dampak perubahan iklim melalui mitigasi emisi gas rumah kaca.

Jika digabungkan, teknologi modern dan ramah lingkungan berarti inovasi teknologi terkini yang tidak hanya efisien dan canggih, tetapi juga selaras dengan prinsip keberlanjutan dan pelestarian lingkungan. Gabungan antara teknologi modern dan ramah lingkungan mencerminkan pendekatan teknologi berkelanjutan, yaitu inovasi yang mengintegrasikan efisiensi dan kecanggihan teknologi terkini dengan prinsip pelestarian lingkungan.

Teknologi modern ditandai oleh otomatisasi, digitalisasi, dan efisiensi tinggi melalui pemanfaatan kecerdasan buatan, *Internet of Things* (IoT), dan big data, yang bertujuan meningkatkan produktivitas serta kenyamanan hidup manusia. Prinsip ramah lingkungan menekankan pada pengurangan emisi karbon, konservasi sumber daya alam, pengelolaan limbah, dan perlindungan ekosistem.

kedua aspek ini digabungkan maka akan tercipta teknologi yang tidak hanya unggul secara fungsional, tetapi juga mendukung keberlanjutan melalui penerapan teori seperti ekodesain, ekonomi sirkular, inovasi hijau (green innovation), dan *triple bottom line* (profit, planet, people). Dengan demikian, teknologi berkelanjutan menjadi landasan penting dalam menciptakan solusi masa depan sekaligus bertanggung jawab terhadap lingkungan dan generasi mendatang. Dalam Aspek kesehatan kerja, pendekatan keberlanjutan berpusat pada korelasi penciptaan lingkungan kerja dan kesejahteraan pekerja, dengan artian berfokus pada upaya menciptakan kondisi yang tidak hanya mendukung pertumbuhan dan profitabilitas perusahaan, tetapi juga mengutamakan kesejahteraan fisik, mental, dan

emosional para pekerja dan masyarakat di sekitar lingkungan perusahaan.

Pendekatan ini mencakup berbagai dimensi keberlanjutan, seperti sosial, ekonomi, lingkungan, erat kaitannya dengan konsep *Corporate Social Responsibility* (CSR) serta *Triple Bottom Line* (TBL). Menurut teori kebutuhan Maslow (1943) pekerja memiliki berbagai macam kebutuhan yang harus dipenuhi secara bertahap, mulai dari kebutuhan fisiologis dasar hingga kebutuhan untuk aktualisasi diri.

Dalam konteks keberlanjutan, perusahaan, organisasi atau serikat pekerja perlu memastikan bahwa kebutuhan pekerja termasuk kebutuhan fisik (ruang kerja yang aman), psikologis (penghargaan dan pengakuan), serta kebutuhan untuk berkembang (pelatihan dan peluang karir) dapat terpenuhi tanpa ada intervensi.

Selain itu, pendekatan keberlanjutan harus menyeimbangkan antara produktivitas dan kualitas hidup pekerja. Secara teoritis, pendekatan keberlanjutan mengacu pada upaya untuk mengintegrasikan pertimbangan produktivitas yang optimal dengan pemenuhan kebutuhan hidup pekerja, baik dari sisi fisik, mental, sosial, maupun emosional. Konsep ini berakar pada gagasan bahwa kesuksesan jangka panjang suatu perusahaan tidak hanya bergantung pada keuntungan finansial, tetapi juga pada kesejahteraan dan kualitas hidup pekerja yang menekankan pentingnya menciptakan lingkungan emosional pekerja yang mendukung kesejahteraan holistik.

Kesejahteraan pekerja berhubungan langsung dengan kepuasan kerja, motivasi, dan komitmen perusahaan. dalam konteks keberlanjutan, kesejahteraan ini harus dijaga untuk mencapai produktivitas yang berkelanjutan, tanpa mengorbankan kualitas hidup pekerja.

Teori berkelanjutan berargumen bahwa kesejahteraan yang baik dapat mendorong pekerja untuk bekerja lebih efisien dan lebih berkomitmen, yang pada akhirnya juga meningkatkan produktivitas dan keuntungan finansial perusahaan.

SIMPULAN

Pendekatan keberlanjutan harus memperhatikan serta giat melakukan improvisasi inovasi ramah lingkungan, sistem teknologi berbasis data online, Improvisasi inovasi ramah lingkungan melalui sistem teknologi berbasis data online dapat dijelaskan dengan menggabungkan konsep-konsep teknologi informasi ;

- **Inovasi Ramah Lingkungan**
Inovasi ramah lingkungan mengacu pada penerapan ide, produk, atau teknologi yang bertujuan menekan pencemaran lingkungan serta kerusakan ekosistem. Dalam konteks ini, inovasi ramah lingkungan bertujuan untuk Mengurangi limbah: Melalui efisiensi dalam produksi dan konsumsi energi, bahan, atau produk.
- **Sistem Teknologi Berbasis Data Online**
Sistem teknologi berbasis data online merujuk pada penggunaan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) untuk mengumpulkan, mengelola, dan menganalisis data melalui platform yang terhubung secara online
- **Penerapan Teknologi Berbasis Data Online dalam Konteks Ramah Lingkungan**
Berikut beberapa cara inovasi ramah lingkungan dapat diterapkan melalui teknologi berbasis data online: Smart Cities: Penerapan teknologi berbasis data untuk membangun kota yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Misalnya, penggunaan sensor untuk memantau kualitas udara dan trafik untuk mengurangi kemacetan, serta sistem penerangan jalan otomatis yang menyesuaikan intensitas cahaya berdasarkan waktu dan cuaca.
Manajemen Energi yang Efisien: Teknologi seperti smart grids yang menggunakan data online untuk mengatur distribusi energi secara efisien, mengoptimalkan penggunaan energi terbarukan, dan mengurangi pemborosan energi.
- **Sistem Pemantauan Lingkungan: Penggunaan sensor IoT untuk memantau polusi udara, kualitas air, dan kondisi ekosistem. Data ini dapat diakses secara online oleh pemerintah, organisasi lingkungan, atau**

masyarakat umum untuk mengidentifikasi area yang membutuhkan intervensi lebih lanjut.

Dalam hal kesehatan kerja regulasi harus sejalan dengan hasil kesepakatan pemangku kepentingan termasuk pemerintah, sektor swasta, komunitas, dan serikat pekerja. Pendekatan keberlanjutan dalam mitigasi risiko kesehatan lingkungan dan kesehatan kerja bertujuan untuk menciptakan sistem yang adaptif, tangguh, dan responsif terhadap tantangan zaman, Tujuannya adalah untuk tidak hanya mengatasi masalah yang ada saat ini, tetapi juga untuk mempersiapkan lingkungan kerja dan masyarakat untuk menghadapi tantangan yang akan datang, baik yang bersifat sosial, ekonomi, maupun lingkungan, harus melibatkan penerapan prinsip-prinsip keberlanjutan dalam mengelola risiko terkait kesehatan di tempat kerja dan lingkungan secara keseluruhan serta memastikan bahwa manusia dapat hidup dan bekerja dalam kondisi yang sehat, aman, dan seimbang dengan alam.

- B Gunningham, N., Kagan, R. A., & Thornton, D. (2003). *Shades of Green: Business, Regulation, and Environment*. Stanford University Press.
- International Labour Organization (ILO). (2020). *Safety and Health at the Heart of the Future of Work: Building on 100 Years of Experience*. Geneva: ILO.
<https://www.ilo.org>
- International Organization for Standardization (ISO). (2018). *ISO 45001:2018 - Occupational health and safety management systems — Requirements with guidance for use*. Geneva: ISO.
<https://www.iso.org/standard/63787.html>
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2019). *Profil Kesehatan Indonesia Tahun 2019*. Jakarta: Kemenkes RI.
<https://pusdatin.kemkes.go.id>
- Kurniawan, T. A., Lo, W. H., & Sillanpää, M. (2021). Environmental sustainability and health risk mitigation: A review on emerging green technologies. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 21309–21329.
<https://doi.org/10.1007/s11356-021-12808-1>
- Widodo, A. (2021). Pendekatan multidisipliner dalam pengelolaan risiko lingkungan dan kerja. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 16(1), 55–65.



Awal Rachmat S.K.M.,M.Kes. lahir di Kabupaten Bulukumba (Palampang), pada 13 September 1993. Sekarang menetap atau berdomisili di kabupaten Gowa Sulawesi Selatan.

Ia tercatat sebagai lulusan prodi magister Kesehatan masyarakat STIK Tamalatea Makassar Pria yang kerap disapa Awal ini adalah anak dari pasangan H Abd Salam (ayah) dan Hj Hardianah S.Pd. (ibu),serta suami dari Nur Amalia AMd.Keb..

Awal Rachmat selain bekerja sebagai PJ(penanggung jawab) Kesling&K3RS di Primaya Hospital Hertasning, ia juga terdaftar sebagai dosen pada prodi D4 K3 Politeknik Indonesia Makassar.