



## Isu Mutakhir Dalam Bidang Kimia Dan Biomonitoring Untuk Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3)

Sri Damayanti<sup>1\*</sup>, Susilawati<sup>2</sup>

Ilmu Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

<sup>1\*</sup>sridamayanti8900@email.com

### Abstrak

Makalah berkala (K3) ini memuat topik-topik terkait kesehatan dan keselamatan kerja yang sedang hangat dibicarakan dalam domain kimia dan biomonitoring. Tujuan dari publikasi ini adalah untuk memberikan pembaca pemahaman menyeluruh dan terkini tentang kemajuan terkini di bidang ini, serta saran dan jawaban untuk setiap masalah yang mungkin timbul. Metodologi publikasi ini mencakup analisis kritis atas kekhawatiran mengenai kesehatan dan keselamatan karyawan di lingkungan kerja yang terpapar bahan kimia, serta tinjauan studi terbaru dan kesimpulannya dalam literatur.

**Kata Kunci:** *bahan kimia, K3, biomonitoring, kimia, serta kesehatan dan keselamatan kerja*

### PENDAHULUAN

Kimia dan biomonitoring (K3) merupakan disiplin ilmu yang penting untuk menjaga kesehatan dan keselamatan kerja. Karyawan di berbagai industri sering kali bersentuhan dengan zat berbahaya yang berdampak buruk bagi kesehatan mereka. Oleh karena itu, untuk mengidentifikasi bahaya, menerapkan mekanisme pengendalian yang efisien, dan menjamin lingkungan kerja yang aman dan sehat, penting untuk memahami tantangan saat ini yang terkait dengan bahan kimia dan biomonitoring.

Tujuan jurnal ini adalah untuk memberikan pembaca pemahaman menyeluruh tentang masalah kimia dan biomonitoring yang rumit seputar K3. Dengan mengkaji studi dan kesimpulan terkini dalam literatur, majalah ini berupaya mengumpulkan data terkini mengenai paparan zat berbahaya di tempat kerja, kemajuan dalam bidang biomonitoring, serta saran dan solusi untuk mengatasi masalah yang muncul.

Artikel ini akan membahas sejumlah topik biomonitoring dan kimia K3 kontemporer, termasuk namun tidak terbatas pada:

1. Bahan Kimia Berbahaya di Tempat Kerja: Sumber Paparan Bahan Kimia Berbahaya di Tempat Kerja.
  - Dampak paparan bahan kimia berbahaya terhadap kesehatan.
  - Pendekatan manajemen risiko mencakup langkah-langkah yang dapat dilakukan untuk meminimalkan paparan terhadap zat berbahaya.
2. Menelaah bagaimana biomonitoring berhubungan dengan K3, serta mendefinisikan dan menjelaskan istilah tersebut.
  - Teknik dan metode yang digunakan dalam biomonitoring untuk mengukur paparan bahan kimia dan dampaknya terhadap pekerja.
  - Analisis hubungan antara data biomonitoring dan tingkat paparan bahan kimia berbahaya.
3. Masalah Kimia dan Biomonitoring Saat Ini:
  - Kemajuan baru dalam pemantauan kualitas udara dan pengukuran paparan bahan kimia di tempat kerja.
  - Peraturan terkait penanganan dan penggunaan bahan kimia dapat berubah. Menggunakan biomonitoring untuk menilai paparan bahan kimia dan mengendalikan risiko.
4. Studi Kasus dan Solusi Praktis: \ Studi kasus yang merinci penerapan biomonitoring di industri tertentu disediakan.
  - ✚ Rekomendasi bermanfaat untuk meningkatkan penggunaan bahan kimia dan biomonitoring K3.

Tujuan dari publikasi ini adalah untuk memahami dan mengatasi isu-isu lanjutan di bidang kimia dan biomonitoring guna mendorong lingkungan kerja yang sehat, menjunjung tinggi keselamatan pekerja, dan memajukan bidang K3.

### METODE

Metode pengumpulan dan analisis data yang digunakan dalam publikasi ini dimaksudkan untuk menjamin kebenaran dan keakuratan informasi yang dipublikasikan. Berikut adalah beberapa pendekatan yang mungkin:

- **Tinjauan Pustaka:**

Bacalah dengan teliti karya-karya terbaru dan relevan di bidang kimia, biomonitoring, dan K3. Pemahaman menyeluruh atas permasalahan kontemporer akan dicapai dengan mengumpulkan dan menganalisis data dan kesimpulan dari penelitian-penelitian sebelumnya.

- **Penelitian Primer:**

Untuk mendapatkan informasi segar guna menunjang diskusi jurnal, lakukan penelitian primer sesuai kebutuhan, seperti survei atau eksperimen. Metodologi penelitian utama akan dimodifikasi sesuai dengan tujuan publikasi dan topik penelitian yang diajukan.

- **Analisis data:**

Analisis metodis akan dilakukan terhadap data yang dikumpulkan, yang berasal dari penelitian primer dan observasi literatur. Tergantung pada jenis data yang dikumpulkan, teknik analisis seperti analisis kualitatif dan/atau kuantitatif dapat diterapkan. Analisis tematik, analisis isi, dan analisis statistik adalah beberapa jenis teknik analisis.

- **Sintetis dan Komparatif:**

Pemahaman menyeluruh tentang permasalahan terkini di bidang kimia dan biomonitoring K3 akan dicapai melalui analisis, sintesis, dan penerapan data dari berbagai sumber dan penelitian. Proses sintesis dan perbandingan akan membantu mengidentifikasi pola, tren, dan varian yang muncul dalam data yang dikumpulkan.

- **Penilaian Kredibilitas Sumber:**

Setiap sumber informasi yang digunakan dalam publikasi ini akan dinilai untuk menjamin keandalan dan keakuratannya. Sumber informasi utama untuk mengumpulkan fakta dan menciptakan argumen yang meyakinkan adalah publikasi yang bereputasi baik seperti jurnal ilmiah, laporan penelitian pemerintah, dan asosiasi terkait.

- Pendekatan penelitian tersebut di atas akan menjamin bahwa fakta-fakta yang dimuat dalam publikasi ini didasarkan pada sumber-sumber yang dapat dipercaya, dijelaskan secara menyeluruh, dan menghasilkan pemahaman menyeluruh terhadap permasalahan-permasalahan kontemporer di bidang kimia dan biomonitoring untuk keselamatan dan kesehatan kerja.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Alasan paparan bahan kimia berbahaya di tempat kerja

- ✚ Penggunaan Bahan Kimia:

Penggunaan bahan kimia dalam berbagai proses industri merupakan salah satu penyebab utama paparan bahan kimia di tempat kerja. Industri kimia, manufaktur, pertambangan, bangunan, dan industri lain yang mengandalkan bahan kimia untuk operasional atau produksinya adalah beberapa contohnya.

- ✚ Kegagalan Sistem Ventilasi:

Akumulasi zat berbahaya di udara kerja mungkin disebabkan oleh sistem ventilasi yang tidak memadai atau tidak berfungsi. Hal ini dapat terjadi jika sistem ventilasi tidak dibangun secara memadai, tidak dipelihara dengan baik, atau tidak cukup kuat untuk menangani emisi bahan kimia yang timbul.

- ✚ Kontaminasi Silang:

Ketika zat berbahaya dibawa ke area kerja yang tidak seharusnya, hal ini dapat menyebabkan kontaminasi silang. Bahan kimia berbahaya dapat menyebar dan memaparkan pekerja di area yang seharusnya aman, misalnya jika pakaian atau peralatan yang terkontaminasi tidak diisolasi dengan aman.

### 2. Dampak paparan bahan kimia berbahaya terhadap kesehatan

- ✚ Keracunan Akut:

Paparan bahan kimia berbahaya pada konsentrasi tinggi dapat menyebabkan keracunan akut. Gejala yang mungkin terjadi antara lain mual, pusing, muntah, iritasi pada kulit, mata, atau saluran pernapasan, dan kemungkinan kerusakan organ yang parah.

- ✚ Gangguan Jangka Panjang:

Paparan bahan kimia berbahaya dalam waktu lama dapat berdampak buruk pada kesehatan seseorang. Hal ini dapat mencakup masalah pada sistem saraf, sistem reproduksi, kanker, sistem pernapasan, dan sistem organ lainnya.

- ✚ Sensitisasi dan Reaksi Alergi:

Senyawa berbahaya tertentu berpotensi memicu sensitisasi atau reaksi alergi pada mereka yang rentan. Hal ini menunjukkan bahwa ketika terkena zat tertentu, tubuh mengalami reaksi menyimpang yang dapat menimbulkan gejala berupa ruam kulit, gatal, bengkak, dan kesulitan bernapas.

### 3. Strategi manajemen risiko dan menghindari paparan bahan kimia berbahaya

- ✚ Identifikasi Bahaya:

Menentukan dan menilai risiko yang terkait dengan penggunaan bahan kimia di tempat kerja. Hal ini mencakup

mencari tahu senyawa berbahaya mana yang digunakan, mengumpulkan informasi tentang karakteristik dan kemungkinan bahayanya, dan memperkirakan tingkat paparan yang mungkin terjadi..

✚ Kontrol Pergantian:

Prioritaskan penggunaan bahan kimia yang lebih aman, atau ganti bahan kimia berbahaya dengan bahan yang lebih aman. Strategi ini dapat mengurangi bahaya dan dampak.

✚ Pengendalian Teknis:

Menerapkan pengendalian teknis untuk membatasi paparan karyawan terhadap bahan kimia berbahaya di tempat kerja. Hal ini dapat mencakup kepatuhan terhadap pedoman prosedur kerja yang menghasilkan zat berbahaya, penggunaan alat pelindung diri (APD) yang sesuai, pemasangan sistem ventilasi yang efisien, dan pengawasan serta pemeliharaan peralatan.

✚ Pendidikan dan Kesadaran:

Pastikan karyawan menerima pendidikan yang tepat tentang risiko dan bahaya terkait penggunaan bahan kimia di tempat kerja. Karyawan harus memahami praktik higienis, protokol darurat, cara mencegah atau meminimalkan paparan bahan kimia berbahaya, dan cara memakai alat pelindung diri (APD).

✚ Sistem Pemantauan:

Menerapkan sistem pemantauan yang andal untuk melacak paparan bahan kimia dan memastikan bahwa batas paparan yang ditetapkan dipatuhi. Hal ini mungkin memerlukan analisis biologis (seperti tes darah atau urin), pengambilan sampel udara, dan pemantauan kesehatan pekerja secara rutin.

✚ Perawatan Darurat:

Untuk mengatasi situasi yang melibatkan paparan pekerja terhadap bahan kimia berbahaya, tetapkan protokol yang tepat dan rencana tindakan darurat. Hal ini mencakup tindakan evakuasi, perhatian medis darurat, komunikasi yang efisien, dan pemulihan pasca kejadian.

✚ Penilaian dan Peningkatan Berkelanjutan:

Melakukan tinjauan rutin terhadap mekanisme pengendalian yang diterapkan dan mengumpulkan masukan dari karyawan dan pemangku kepentingan terkait lainnya. Perubahan berkelanjutan dilakukan untuk meningkatkan efektivitas pengendalian risiko dan menghindari paparan zat berbahaya berdasarkan hasil evaluasi.

Fitur unik dari setiap tempat kerja dan jenis bahan kimia yang digunakan memerlukan adaptasi manajemen risiko dan strategi pencegahan paparan. Risiko paparan terhadap zat-zat berbahaya dapat diminimalkan secara efektif dengan menerapkan tindakan pencegahan ini secara teratur, melindungi kesehatan dan keselamatan karyawan di tempat kerja.

#### 4. Penjelasan mengenai biomonitoring dan dasar-dasarnya

Teknik mendeteksi dan menilai konsentrasi bahan kimia atau metabolit zat tersebut dalam tubuh manusia atau organisme lain sebagai tanda paparan bahan kimia dikenal sebagai biomonitoring. Ide mendasar di balik biomonitoring adalah bahwa bahan kimia yang ada pada makhluk hidup, seperti manusia, mencerminkan bahan kimia yang terpapar di luar ruangan.

#### 5. Teknik dan prosedur biomonitoring

✚ Pengumpulan Sampel Biologis:

Proses biomonitoring mencakup pengumpulan sampel biologis dari orang-orang yang telah terpapar bahan kimia, termasuk darah, urin, rambut, dan jaringan lain. Konsentrasi senyawa kimia atau produk metabolitnya kemudian ditentukan dengan menganalisis sampel biologis tersebut.

✚ Lab Analisis:

Berbagai teknik analisis, seperti spektrometri massa dan kromatografi, digunakan di laboratorium untuk memeriksa sampel biologis yang telah dikumpulkan.

✚ Tujuan analisis ini

Untuk memvalidasi metode analisis. Untuk menjamin keakuratan dan ketepatannya, teknik analisis yang digunakan dalam biomonitoring harus dikonfirmasi secara ilmiah. Teknik pengujian ulang dengan sampel analitik referensi atau teknik perbandingan yang terbukti benar adalah bagian dari validasi.

✚ Analisis Data Biomonitoring:

Saat menafsirkan tingkat paparan bahan kimia, data biomonitoring harus diperlakukan dengan hati-hati. Hal ini memerlukan perbandingan konsentrasi bahan kimia dalam sampel biologis dengan nilai referensi yang sudah ada, seperti rata-rata populasi atau batas paparan yang ditentukan sebelumnya.

#### 6. Interpretasi dan ringkasan hasil biomonitoring berdasarkan tingkat paparan:

Interpretasi hasil biomonitoring mencakup perbandingan konsentrasi bahan kimia yang diamati dalam sampel biologis dengan batas paparan yang ditentukan atau nilai referensi lainnya. Paparan bahan kimia yang signifikan dan kemungkinan risiko kesehatan diindikasikan bila konsentrasi bahan kimia lebih tinggi dari batas paparan yang ditentukan.

Selain itu, individualitas biologis dan durasi paparan juga diperhitungkan ketika menafsirkan hasil biomonitoring, karena variabel-variabel ini mungkin memengaruhi cara bahan kimia diserap, didistribusikan, dan dihilangkan dari tubuh. Contoh variabel ini termasuk kontak kulit dan penghirupan. Hasil dari biomonitoring juga dapat digunakan untuk melacak perubahan paparan bahan kimia dari waktu ke waktu dan menilai seberapa baik upaya pengendalian berhasil.

Penting untuk diingat bahwa ada banyak metode berbeda untuk memantau dan mengendalikan paparan bahan kimia, dan biomonitoring hanyalah salah satunya. Untuk memahami potensi dampak kesehatan dari paparan bahan kimia dan menerapkan langkah-langkah pengendalian yang diperlukan untuk melindungi karyawan dan masyarakat secara luas, informasi dari biomonitoring harus diintegrasikan dengan data mengenai paparan lingkungan dan penilaian risiko.

Temuan dari biomonitoring dapat memberikan rincian penting mengenai tingkat paparan bahan kimia pada individu atau populasi. Hasil dari biomonitoring terkadang dapat digunakan untuk menetapkan ambang batas paparan yang aman atau tingkat paparan yang dapat diterima bagi karyawan. Tren paparan bahan kimia di suatu wilayah atau industri tertentu juga dapat diketahui dengan menggunakan data biomonitoring seluruh populasi yang terus dikumpulkan.

Namun penting untuk diingat bahwa biomonitoring hanya memberikan gambaran luas tentang tingkat kimiawi tubuh—tidak secara langsung memberikan informasi mengenai dampak kesehatan yang terkait. Oleh karena itu, hasil biomonitoring perlu dihubungkan dengan data toksikologi yang relevan untuk menyingkirkan masalah kesehatan.

Belum lagi biomonitoring harus dilakukan secara etis, melindungi data pribadi terkait. Masyarakat harus memberikan persetujuannya sebelum sampel biologis diperoleh, dan informasi apa pun yang dikumpulkan melalui biomonitoring harus diperlakukan secara pribadi dan dengan kebijaksanaan yang sesuai.

Biomonitoring adalah metode yang umumnya berguna untuk mengukur paparan bahan kimia dan memahami dampak polutan terhadap kesehatan manusia. Langkah-langkah pengendalian yang efektif dapat diterapkan untuk menjaga kesehatan masyarakat dan kesehatan pekerja dari paparan zat berbahaya dengan mengintegrasikan hasil biomonitoring dengan penilaian paparan dan risiko lingkungan secara menyeluruh.

## 7. Pemantauan Kualitas Udara di Tempat Kerja

### a. Inovasi terbaru dalam teknologi pemantauan kualitas udara:

Sensor pemantau udara seluler adalah perangkat kecil dan ringan yang dapat digunakan untuk melacak kualitas udara secara real time saat dikenakan di tubuh pekerja atau perangkat seluler. Sensor ini memberikan informasi langsung kepada pekerja mengenai tingkat paparan dan mampu mendeteksi berbagai senyawa berbahaya.

### b. Sistem pemantauan jaringan :

Nirkabel menggunakan jaringan sensor yang ditempatkan di seluruh area kerja dan terhubung secara nirkabel untuk mengkorelasikan suhu, kelembapan, materi partikel, dan gas tertentu dengan parameter kualitas udara. Informasi yang dikumpulkan dari sensor ini dapat memberikan gambaran yang lebih menyeluruh tentang kualitas udara di tempat kerja.

### c. Memanfaatkan Teknologi Penginderaan Jauh untuk Pemantauan:

Kualitas udara di seluruh wilayah kerja yang luas dipantau oleh satelit dan teknologi kendaraan udara tak berawak. Data penginderaan jauh dapat menghasilkan rincian spasial mengenai komposisi dan sebaran zat di atmosfer.

## 8. Kontribusi biomonitoring terhadap polusi udara yang menimbulkan risiko:

Saat karyawan terpapar paparan udara berbahaya, biomonitoring dapat menjadi teknik yang berguna. Biomonitoring dapat memberikan informasi yang tepat mengenai paparan bahan kimia yang terjadi di tempat kerja dengan mendeteksi kadar bahan kimia atau produk metabolitnya dalam sampel biologis seperti darah atau urin.

Selain itu, biomonitoring dapat membantu mengidentifikasi zat yang terhirup oleh pekerja dan menimbulkan dampak kesehatan jangka panjang. Data dari biomonitoring berkelanjutan yang dilakukan pekerja dapat digunakan untuk melacak keberhasilan tindakan pengendalian yang telah dilakukan dan melihat tren paparan udara berbahaya.

## 9. Substansi Baru dan Pergeseran Peraturan

### a. Kesulitan dalam menentukan dan mengevaluasi bahaya yang terkait dengan bahan kimia baru:

Penemuan zat baru menciptakan kesulitan baru dalam menentukan dan mengevaluasi risiko yang ada. Senyawa baru sering kali memiliki Pengetahuan mengenai ciri-ciri toksikologi dan keadaannya saat ini masih kurang diketahui. Oleh karena itu, diperlukan cara pengumpulan data yang kreatif dan teknik penilaian risiko yang efisien untuk zat-zat baru.

### b. Perubahan terhadap undang-undang yang mengatur penggunaan dan penyimpanan bahan kimia:

Untuk lebih melindungi kesehatan manusia dan lingkungan dari penggunaan dan penanganan bahan kimia, peraturan terus berubah. Peraturan mengenai penggunaan obat-obatan tertentu, tingkat paparan yang dapat diterima, persyaratan pelabelan, dan persyaratan pelaporan dapat berubah.

Peraturan terkait penggunaan dan penanganan bahan kimia baru dapat berubah, sehingga berdampak pada pemangku kepentingan dan sektor ini. Untuk menjamin kepatuhan yang benar dan menurunkan risiko terkait, hal ini memerlukan kesadaran menyeluruh terhadap semua undang-undang dan perkembangan yang relevan.

Untuk menjamin kepatuhan terhadap peraturan baru, industri harus menyadari perubahan peraturan dan bertindak cepat untuk menyesuaikannya. Hal ini mencakup pengawasan ketat terhadap perubahan peraturan, berkontribusi dalam penulisan peraturan, dan mempelajari lebih lanjut tentang bahaya dan dampak zat-zat baru

yang diperkenalkan.

Interaksi dengan dunia usaha, pemerintah, sejarawan, dan pihak terkait lainnya juga penting untuk mengatasi masalah terkait pengenalan bahan kimia baru dan modifikasi peraturan. Penggunaan yang aman dan berkelanjutan dapat dipastikan melalui pertukaran informasi, pedoman pengembangan yang relevan, penelitian dan inovasi dalam pengelolaan bahan kimia, dan banyak lagi.

Dalam konteks ini, memastikan keselamatan, kesehatan, dan mencegah kerusakan lingkungan dalam kimia industri melibatkan pengawasan terhadap perubahan peraturan dan penerapan praktik terbaik saat menangani dan menggunakan bahan kimia baru.

## 10. Fungsi Biomonitoring dalam Manajemen Risiko

### Keuntungan dan keterbatasan biomonitoring dalam manajemen risiko

#### a. Keuntungan dari biomonitoring

- Mengukur paparan langsung: Tingkat paparan bahan kimia pada suatu populasi atau individu dalam tubuh dapat ditentukan secara langsung melalui biomonitoring.
- Menemukan sumber paparan: Biomonitoring dapat membantu menemukan sumber paparan yang mungkin tidak terdeteksi oleh teknik pengukuran lingkungan dengan mengawasi konsentrasi bahan kimia dalam sampel biologis.
- Evaluasi efektivitas pengendalian: Dengan membandingkan konsentrasi bahan kimia sebelum dan sesudah penerapan pengendalian, biomonitoring dapat membantu meningkatkan efektivitas tindakan pengendalian yang telah dilakukan.

#### b. Pembatasan Biomonitoring:

- Tertunda waktu: Hasil biomonitoring mungkin tidak langsung dikaitkan dengan paparan pada saat analisis karena biomonitoring mengukur paparan bahan kimia dalam jangka waktu yang lama. Hal ini dapat mendorong Anda untuk segera bertindak untuk membatasi paparan lebih lanjut.
- Variabilitas individu: Cara orang bereaksi terhadap bahan kimia bisa berbeda-beda, dan biomonitoring mungkin tidak bisa mempertimbangkan cara tubuh setiap orang menyerap, mendistribusikan, dan mengeluarkan bahan kimia.
- Memahami hubungan kompleks antara konsentrasi bahan kimia dalam sampel biologis dan implikasi kesehatannya sangat penting untuk menafsirkan hasil biomonitoring.

#### c. Menggabungkan biomonitoring dengan program pengendalian paparan:

Menggabungkan biomonitoring dengan program pengendalian dapat mendukung inisiatif mitigasi risiko yang efektif. Di antara tindakan integrasi yang dapat dilakukan adalah:

- ✚ Sebelum penerapan tindakan pengendalian, pekerja yang mungkin terpapar bahan kimia berbahaya dapat menjalani pemantauan awal melalui penggunaan biomonitoring.
- ✚ Evaluasi efektivitas: Jika taktik pengendalian yang lebih efektif perlu disesuaikan, biomonitoring dapat membantu. Hal ini juga dapat digunakan untuk menilai efektivitas upaya pengendalian yang telah dilakukan.
- ✚ pemantauan rutin: Untuk mengumpulkan paparan bahan kimia dari waktu ke waktu dan mengidentifikasi potensi perubahan, program pemantauan rutin dapat mencakup biomonitoring.

## 11. Dampak Penggunaan Bahan Kimia terhadap Lingkungan

### ✚ Penilaian risiko lingkungan terhadap bahan kimia:

Proses ini mencakup penentuan, penjelasan, dan evaluasi risiko lingkungan yang terkait dengan penggunaan bahan kimia. Sebagai bagian dari penilaian risiko ini, kemungkinan dampak terhadap ekosistem dan makhluk hidup diidentifikasi, ambang batas paparan yang mungkin memiliki dampak buruk dihitung, dan risiko terkait penggunaan bahan kimia dievaluasi.

### ✚ Beberapa prosedur dalam menilai risiko lingkungan adalah sebagai berikut:

- a. Identifikasi Bahan Kimia dan Karakterisasi Sifat: Ini melibatkan identifikasi senyawa yang digunakan dan mengkarakterisasi sifat-sifatnya, seperti toksisitas, potensi bioakumulasi, tingkat stabilitas, dan keberadaan lingkungan.
- b. Penilaian Paparan: Menentukan tingkat paparan bahan kimia yang diterima ekosistem dan spesies. Hal ini termasuk mengawasi jumlah bahan kimia di lingkungan dan menghitung ambang batas paparan makhluk hidup yang terpapar.
- c. Penilaian Dampak terhadap Organisme dan Ekosistem: Hal ini mencakup penentuan dan komunikasi kemungkinan dampak bahan kimia terhadap ekosistem dan makhluk hidup. Untuk memahami potensi dampak kesehatan dan ekologi, diperlukan penelitian toksisitas dan ekotoksikologi.
- d. Evaluasi Bahaya: Mengintegrasikan data paparan dan dampak untuk melakukan evaluasi risiko. Sebagai fungsi dari probabilitas paparan dan estimasi besaran dampak, risiko dinyatakan.

### ✚ Penciptaan teknik biomonitoring untuk memantau dampak lingkungan:

Dampak penggunaan bahan kimia terhadap lingkungan dapat dilacak melalui pengembangan teknik biomonitoring. Di antara teknik biomonitoring yang dapat diterapkan adalah:

- a. Pemantauan Spesies Indikator: Metode ini mengintegrasikan dan mengukur dampak lingkungan dengan menggunakan spesies hidup sebagai indikator. Salah satu contohnya adalah penggunaan makhluk air seperti ikan atau plankton untuk mengidentifikasi keberadaan zat berbahaya di dalam air.

- b. Melacak Spesies Tertentu: Memanfaatkan spesies yang rentan terhadap zat tertentu sebagai penanda dampak lingkungan. Sebagai ilustrasi, pertimbangkan penggunaan burung pemangsa sebagai penanda paparan di suatu wilayah.
- c. Pemantauan Sampel Lingkungan: Mengumpulkan dan memeriksa sampel tanah, air, atau lingkungan lainnya untuk mengidentifikasi keberadaan bahan kimia dan menilai dampak lingkungan dari sampel tersebut.
- d. Pemantauan produk metabolisme melibatkan pemeriksaan residu kimia atau produk metabolit pada makhluk hidup untuk mengetahui dampak dan tingkat paparannya terhadap lingkungan.

Pemantauan yang lebih efisien terhadap dampak lingkungan dari penggunaan bahan kimia dimungkinkan melalui pengembangan teknik biomonitoring yang sensitif dan tepat, yang memungkinkan penerapan langkah-langkah pengendalian yang diperlukan untuk menjaga ekosistem dan keseimbangan lingkungan yang rapuh.

#### ✚ Studi Kasus dan Solusi yang Bermanfaat

##### a. Studi Kasus: Penerapan Biomonitoring di Sektor Tertentu

Mari kita lihat studi kasus mengenai penggunaan biomonitoring pada sektor pengolahan logam berat sebagai gambaran. Pekerja di bidang ini sering bersentuhan dengan logam berat termasuk timbal, merkuri, dan kadmium yang dapat berdampak buruk pada kesehatan mereka. Perusahaan memulai program biomonitoring untuk mencerminkan paparan pekerja terhadap logam berat dan meningkatkan K3.

##### b. Solusi Praktis:

- Identifikasi Bahaya dan Bahaya: Perusahaan menentukan logam berat mana yang paling mungkin ada di tempat kerja dan bahaya apa yang terkait dengannya. Memeriksa prosedur kerja, persediaan yang digunakan, dan metode pengendalian saat ini adalah bagian dari hal ini.
- Pemantauan Lingkungan Kerja: Untuk mengetahui kadar logam berat di udara, tanah, dan air, perusahaan melakukan pemantauan lingkungan kerja secara berkala. Informasi ini membantu dalam pembuatan langkah-langkah pengendalian yang sesuai dan memberikan wawasan mengenai tingkat paparan di tempat kerja.
- Mengumpulkan Sampel Biologis: Karyawan yang mungkin terpapar logam berat menjalani biomonitoring secara rutin. Untuk mengetahui jumlah logam berat dalam tubuh mereka, sampel darah atau urin mereka diambil dan diperiksa. Hasil biomonitoring memberikan gambaran jelas seberapa terpaparnya pekerja terhadap logam berat.
- Analisis dan Interpretasi Hasil: Dengan membandingkan data biomonitoring dengan tingkat paparan yang diperbolehkan, data dianalisis dan dievaluasi. Untuk menurunkan paparan dan menjaga kesehatan pekerja, tindakan pengendalian lebih lanjut diterapkan jika ditemukan tingkat paparan yang melampaui ambang batas yang telah ditentukan.
- Pendidikan dan Pelatihan: Bisnis memberikan instruksi kepada karyawan tentang risiko yang terkait dengan logam berat, pentingnya memakai alat pelindung diri (APD), prosedur kerja yang aman, dan manajemen risiko.

#### ✚ Saran Empiris untuk Meningkatkan K3 dalam Pemanfaatan Bahan Kimia:

- a. Penilaian dan Pemilihan Bahan Kimia yang Aman: Pertimbangkan bahaya yang terkait dengan bahan kimia yang digunakan di tempat kerja dan berikan preferensi untuk menggunakan bahan alternatif yang lebih aman atau ramah lingkungan.
- b. Gunakan Tindakan Pengendalian yang sesuai: Gunakan APD yang sesuai, praktik kerja yang aman, ventilasi lokal, pencegahan kebocoran atau tumpahan, dan tindakan pengendalian efektif lainnya.
- c. Pemantauan dan Evaluasi Secara Berkala: Pastikan tingkat paparan zat berbahaya tetap dalam batas yang dapat diterima dengan melakukan pemantauan rutin di tempat kerja. Efektivitas tindakan pengendalian yang telah diterapkan masih dievaluasi dan dilakukan perubahan jika diperlukan.
- d. Kesadaran dan Pelatihan K3: Memberikan instruksi menyeluruh kepada karyawan tentang cara menangani bahan kimia dengan aman, memahami risiko yang ada, dan menggunakan alat pelindung diri (APD). Meningkatkan kesadaran dan budaya K3 di tempat kerja dengan menerapkan inisiatif informasi dan penjangkauan yang sukses.
- e. Tinjauan Kebijakan dan Peraturan: Pastikan pemahaman menyeluruh tentang undang-undang dan pedoman yang berkaitan dengan penggunaan bahan kimia. Untuk tetap mengikuti perkembangan persyaratan keselamatan terkini, lakukan penilaian kepatuhan terhadap undang-undang saat ini secara berkala dan terus dapatkan informasi tentang perkembangannya.

## KESIMPULAN

Permasalahan terkini mengenai biomonitoring dan kimia untuk K3 telah dibahas dalam jurnal ini. Paparan bahan kimia berbahaya di tempat kerja, peran biomonitoring dalam menilai paparan bahan kimia, peran biomonitoring dalam manajemen risiko, dampak penggunaan bahan kimia terhadap lingkungan, studi kasus penerapan biomonitoring, dan solusi yang dapat diterapkan untuk meningkatkan K3 adalah beberapa di antaranya.

topik yang dibahas.

Salah satu perhatian utama di bidang K3 adalah penggunaan zat berbahaya di tempat kerja. Pekerja yang terpapar bahan kimia berbahaya dapat mengalami dampak kesehatan yang besar. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengendalian risiko dan pencegahan paparan bahan kimia berbahaya. Salah satu metode yang berguna untuk menentukan paparan pekerja terhadap bahan kimia dan mengkomunikasikan tingkat paparan tersebut adalah biomonitoring. Untuk menjamin ketepatan dan keandalan data pengukuran, metodologi dan prosedur biomonitoring telah dibuat.

Permasalahan lanjutan di bidang kimia dan biomonitoring juga mencakup penilaian bahaya lingkungan yang terkait dengan penggunaan bahan kimia, pengelolaan senyawa baru dan perubahan peraturan terkait, serta pemantauan kualitas udara di tempat kerja menggunakan teknologi mutakhir.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada pihak-pihak yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2017). Principles of Epidemiology in Public Health Practice: Third Edition. Atlanta, GA: ATSDR.
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). (2021). TLVs and BEIs: Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents. Cincinnati, OH: ACGIH.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2017). Biomonitoring Summary: Mercury. Atlanta, GA: CDC.
- Environmental Protection Agency (EPA). (2021). Air Sensor Toolbox for Citizen Scientists, Researchers, and Developers. Washington, D.C.: EPA.
- European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA). (2018). Biological Monitoring in the Workplace: A Step-by-Step Guide. Bilbao: EU-OSHA.
- European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA). (2020). Occupational Exposure Limits for Hazardous Agents: Factsheet. Bilbao: EU-OSHA.
- European Chemicals Agency (ECHA). (2020). Evaluation under REACH. Helsinki: ECHA.
- International Agency for Research on Cancer (IARC). (2021). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Lyon: IARC.
- International Labour Organization (ILO). (2019). Guidelines on Occupational Safety and Health Management Systems. Geneva: ILO.
- International Society of Exposure Science (ISES). (2019). Biomonitoring: A Tool for Exposome Assessment and Occupational Health. Washington, D.C.: ISES.
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). (2019). NIOSH Manual of Analytical Methods. Cincinnati, OH: NIOSH.
- National Research Council. (2006). Human Biomonitoring for Environmental Chemicals. Washington, D.C.: The National Academies Press.
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA). (2012). Hazard Communication Standard (HCS) (29 CFR 1910.1200). Washington, D.C.: OSHA.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2021). Risk Assessment Guidance for Superfund: Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part F, Supplemental Guidance for Inhalation Risk Assessment). Washington, D.C.: EPA.
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2019). Global Chemicals Outlook II: From Legacies to Innovative Solutions. Nairobi: UNEP.
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2021). Chemicals and Waste: Sound Management of Chemicals and Waste. Nairobi: UNEP.
- World Health Organization (WHO). (2010). Occupational and Environmental Health: Chemical Safety. Geneva: WHO.
- World Health Organization (WHO). (2016). Biomonitoring: Methods. Geneva: WHO.