



MODUL 9
HYGIENE INDUSTRI (IKK354)

Materi Pertemuan 10
overview konsep sampling dan pengukuran bahaya

Disusun Oleh
Yusuf Zalaya

UNIVERSITAS ESA UNGGUL
2018

A. Pendahuluan

Setelah mendapatkan hasil daftar bahaya dari rekognisi maka tahapan selanjutnya adalah mengkaji sudah seberapa jauh potensi bahaya telah berdampak terhadap tenaga kerja. Secara umum dampak paparan bahaya terhadap tenaga kerja dibagi menjadi tiga kerja dibagi menjadi tiga kategori yaitu : level rendah, dimana potensi bahaya sudah mengganggu tenaga kerja dan berpotensi dampak yang berbahaya; level menengah, dimana potensi bahaya sudah membahayakan tenaga kerja; dan level tinggi, dimana potensi bahaya dapat menyebabkan kecelakaan atau kematian. Kategorisasi potensi bahaya ini hanya bersifat umum, perusahaan dapat mengembangkan kategorisasi sendiri. Seorang industrial hygienist harus memiliki kemampuan dalam menentukan bahaya-bahaya yang harus dilakukan pengukuran, titik sampling yang diukur, menggunakan alat-alat ukur dan melakukan analisis hasil pengukuran.

B. Kompetensi Dasar

- Mahasiswa mampu menguraikan overview konsep sampling dan pengukuran bahaya
- Mahasiswa mampu membuat contoh konsep sampling dan pengukuran bahaya

C. Kemampuan akhir yang diharapkan

- Mahasiswa mampu menguraikan overview dan membuat contoh konsep sampling dan pengukuran bahaya

D. Kegiatan Belajar 1

Overview Konsep sampling dan pengukuran bahaya

Konsep Sampling dan Pengukuran Bahaya

Pentingnya dilakukan survey pendahuluan ini adalah jumlah tenaga kerja yang berpotensi terpapar. Informasi ini akan membantu dalam mengidentifikasi prioritas jenis tindakan atau pencegahan yang dapat dilakukan. Pada dasarnya memang seluruh potensi bahaya harus dikendalikan, namun karena berbagai keterbatasan dan efisiensi maka penanganan berbagai potensi bahaya ini perlu dibuatkan urutan prioritas. Jika pada pengkajian awal sudah didapatkan upaya penanggulangan potensi bahaya, maka investigator harus memastikan apakah upaya tersebut telah berjalan sesuai perencanaan atau tidak.

Tahapan selanjutnya adalah mengkaji sudah seberapa jauh potensi bahaya telah berdampak terhadap tenaga kerja. Secara umum dampak paparan bahaya terhadap tenaga kerja dibagi menjadi tiga kerja dibagi menjadi tiga kategori yaitu : level rendah, dimana potensi bahaya sudah mengganggu tenaga kerja dan berpotensi dampak yang berbahaya; level menengah, dimana potensi bahaya sudah membahayakan tenaga kerja; dan level tinggi, dimana potensi bahaya dapat menyebabkan kecelakaan atau kematian. Kategorisasi potensi bahaya ini hanya bersifat umum, perusahaan dapat mengembangkan kategorisasi sendiri.

Evaluasi bahaya dan pencegahan terjadi nya penyakit dan kematian tergantung pada penilaian yang didasarkan oleh banyak faktor. Dalam buku fundamental of industrial hygiene faktor-faktor tersebut antara lain :

1. Toksisitas adalah kapasitas inheren dari agen yang menyebabkan bahaya, sifat bahaya tersebut dan organ target yang terpengaruh.
2. Tingkat paparan/dosis adalah jumlah yang diserap pekerja melalui semua rute masuk selama bekerja
3. Proses atau analisis operasional adalah analisis operasional mulai dari bahan mentah hingga produk jadi dan bahaya yang timbul dalam prosesnya.
4. Aktivitas perawatan adalah risiko tumpahan dan kecelakaan, kejadian akut, kebocoran dan pelepasan gas dalam aktivitas rutin
5. Epidemiologi dan risk assessment adalah tinjauan literatur berbasis penelitian pada populasi dan penilaian risiko berbasis kejadian suatu kasus tertentu. Informasi mengenai pajanan dan perjalanan penyakit pada suatu perusahaan.

6. Wawancara adalah informasi yang diberikan oleh pekerja, mengenai kesehatan, gejala-gejala dan perubahan kondisi pekerjaan, rincian mengenai proses analisis.
7. Ketidaksetaraan distribusi risiko adalah kesadaran bahwa beberapa populasi dari pekerja memiliki kerentanan yang lebih tinggi dibandingkan dengan pekerja yang lain.
8. Variabilitas respon adalah variasi kerentanan individu karena faktor-faktor usia, ukuran, pernapasan dan status kesehatan.

PROGRAM MONITORING

Monitoring didefinisikan sebagai aktivitas yang terkait dengan kesehatan pekerja, yang dilakukan secara sistematis atau berulang-ulang yang dirancang untuk kemudian dapat dilakukan tindakan perbaikan atau koreksi batasan yang dipakai, sesuai batasan-batasan ditentukan oleh NIOSH atau sesuai batasan-batasan ditentukan oleh OSHA atau sesuai batasan-batasan ditentukan oleh CAOHC, atau sesuai batasan-batasan ditentukan oleh NAB yang ditetapkan oleh Pemerintah RI (Menteri Kementrian Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI)

NIOSH = National Institute of Occupational Safety and Health, adalah biro/devisi/badan yang bertanggung jawab melakukan penelitian, pelatihan untuk pekerja, dan membuat rekomendasi untuk pencegahan kecelakaan dan penyakit saat kerja (penelitian NIOSH melingkupi bidang ilmu epidemiologi, pengobatan, higiene perusahaan, Keselamatan dan kesehatan kerja, psikologi, engineering, kimia dan statistic), dibawah bagian dari pusat pencegahan dan pengendalian penyakit didalam departemen pelayanan kesehatan Amerika Serikat

OSHA = Occupational Safety and Health Administration, adalah biro/devisi/badan bagian dari Departemen Tenaga Kerja Amerika Serikat yang bertujuan untuk mencegah kecelakaan, penyakit, dan kematian saat kerja dengan membuat standard/peraturan yang berkekuatan hukum untuk Keselamatan dan kesehatan Kerja .

CAOHC = The Council Accreditation For Occupational Hearing Conservation, adalah sebuah dewan yang terdiri dari wakil-wakil organisasi yang berhubungan dengan atau bergerak langsung di bidang Hearing Loss Prevention Program/HLPP.

Ada tiga macam program monitoring yang dapat dipakai untuk mengevaluasi resiko keselamatan dan kesehatan kerja karena pemaparan (exposed) di tempat kerja :

1. Ambient monitoring, yaitu pengukuran terhadap bahan yang ada diluar atau disekitar kita, misalnya di udara/atmospheric monitoring,
2. Biological monitoring of exposure, yaitu pengukuran dan pengkajian bahan kimia atau metabolitnya dalam jaringan tubuh, sekret, untuk menilai pemaparan dan risikonya terhadap kesehatan, apakah tingkat pemaparan yang sedang berjalan masih dibawah dari nilai batas pemaparan yang diperbolehkan oleh perundang-undangan atau membandingkan dengan rujukan yang sesuai.
3. Health surveillance, yaitu program-program pemeriksaan kesehatan secara berkala pada tenaga kerja yang terpapar (exposed)

Program-program monitoring ini bertujuan untuk mengidentifikasi kelompok pekerja yang beresiko tinggi, yaitu pekerja yang berkontak langsung dengan produk dalam suatu line produksi .

METODE SAMPLING

Secara umum pendekatan cara sampling dilakukan dengan dua cara, yaitu ;

- Direct reading (real time sampling)
- Sampling inegerated (sampling medium).

Media sampling merupakan bahan yang digunakan untuk mengukur kontaminan melalui proses penganalisaan di laboratorium untuk menentukan kosentarsi kontaminan yang ada dalam udara .

Teknik Pengumpulan Sampel

Teknik pengukuran udara di lingkungan tempat kerja bertujuan untuk mengetahui konsentrasi zat pencemar yang ada di udara. Data hasil pengukuran tersebut sangat diperlukan untuk berbagai kepentingan, diantaranya untuk mengetahui tingkat pencemaran udara di lingkungan tempat kerja atau untuk menilai keberhasilan program pengendalian pencemaran udara yang sedang dijalankan.

Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang valid (yang representatif), maka dari mulai pengambilan contoh udara (sampling) sampai dengan analisis di laboratorium harus menggunakan peralatan, prosedur dan operator (teknisi, laboran, analis dan chemist) yang dapat dipertanggung jawabkan .

Dalam pelaksanaan pengukuran kualitas udara ambien dapat dilakukan secara kontinyu menggunakan peralatan otomatis yang dapat mengukur zat pencemar secara langsung dan dengan cepat, sehingga fluktuasi konsentrasi zat pencemar di udara ambien dapat dipantau . Metode pengukuran tersebut memerlukan biaya yang tinggi, baik untuk biaya investasi maupun biaya operasional dan perawatannya .

Metode yang lebih murah adalah pengukuran secara manual /konvensional dengan teknik pengambilan sampel dan analisis menggunakan metode yang standar, yang telah diketahui tingkat presisi dan akurasi. Beberapa hal yang mendasar mengenai karakteristik zat pencemar, teknik sampling, metode analisis dan kalibrasinya. Semua itu sangat diperlukan bagi operator yang akan melakukan pengukuran kualitas udara , khususnya udara ambien.

Inti dari pengukuran udara adalah untuk mengetahui konsentrasi zat pencemar yang ada di dalam udara tersebut. Perlu diketahui bahwa konsentrasi zat pencemar di udara ambien sangat dipengaruhi oleh :

1. Sumber emisi (alamiah dan antropogenik)
2. Faktor meteorologi (temperatur, tekanan, kelembaban, intensitas matahari, curah hujan, mixing height , arah dan kecepatan angin)
3. Faktor topografik

Karena intensitas sumber emisi dan faktor meteorologis (khususnya arah dan kecepatan angin) selalu berubah, maka dengan demikian konsentrasi zat pencemar di udara ambien juga selalu berubah (tidak konstan). Perubahan konsentrasi zat pencemar di udara ambien terjadi karena perubahan waktu (temporal) dan juga terjadi karena perubahan tempat (spatial)

Berdasarkan proses pembentukannya, zat pencemar di udara ambien dapat dibedakan di zat pencemar primer dan zat pencemar sekunder. Zat pencemar primer dapat didefinisikan sebagai zat pencemar yang terbentuk di sumber emisinya (SO₂, NO_x), sedangkan zat pencemar sekunder merupakan zat pencemar yang terbentuk di atmosfer, yang merupakan produk dari reaksi kimia beberapa zat pencemar (seperti senyawa oksidan dan ozon).

Sedangkan berdasarkan fasanya, zat pencemar di udara dibedakan atas zat pencemar berupa aerosol, atau partikulat (debu) dan zat pencemar berupa gas- gas mulia, nitrogen oksida, hidrogen, metana, belerang dioksida, amonia ,ozon, dan lain-lain. Apabila susunan udara mengalami perubahan dari susunan keadaan normal seperti tersebut diatas dan kemudian mengganggu kehidupan manusia, hewan dan binatang, maka udara telah tercemar.

Menurut asalnya, pencemaran udara dapat dibagi menjadi dua macam, yakni :

- a. Pencemaran Udara Alami
Adalah : Masuknya zat pencemar ke dalam udara/atmosfer, akibat proses- proses alam seperti asap kebakaran hutan, debu gunung berapi, pancaran garam dari laut, debu meteoroid dan sebagainya.
- b. Pencemaran Udara Non- Alami
Adalah : Masuknya zat pencemar oleh aktivitas manusia, yang pada umumnya tanpa disadari dan merupakan produk samping, berupa gas-gas beracun, asap, partikel-partikel halus, senyawa belerang, senyawa kimia, buangan panas dan buangan nuklir.

Proses penurunan kualitas lingkungan udara pada umumnya disebabkan oleh masuknya zat pencemar ke dalam lingkungan udara tersebut, baik alami (seperti: kebakaran hutan oleh teriknya matahari, debu vulkanik, debu meteorit, pancaran garam dari laut dan sebagainya) maupun akibat aktivitas manusia yang justru sering menimbulkan masalah (seperti pancaran gas beracun dari pemupukan pembasmi hama, asap rumah tangga, transportasi, produk sampingan dari industri dan sebagainya).

Dalam melakukan sampling udara, kita dapat membagi daerah monitoring (pemantauan) atas tiga daerah dengan keperluan dan cara sampling yang berbeda- beda satu sama lainnya, yaitu :

1. Daerah ambient
Daerah ambient merupakan daerah tempat tinggal penduduk (pemukiman) dimana diperkirakan seseorang mengalami keterpaan terhadap zat pencemar yang berlangsung selama 24 jam. Sehingga, konsentrasi zat pencemar udara harus sekecil mungkin dan memenuhi baku mutu udara yang dipersyaratkan.
2. Daerah tempat kerja (work place)

Daerah tempat kerja (work place) merupakan daerah dimana seseorang bekerja selama periode waktu tertentu. Biasanya seseorang bekerja di industri/pabrik selama 8 jam per hari, sehingga keterpaparan zat pencemar terhadap seseorang yang bekerja diharapkan tidak mengganggu kesehatannya.

3. Daerah/sumber pencemar udara

Daerah/sumber pencemar udara, yang berasal dari cerobong asap pabrik perlu dilakukan monitoring terhadap jenis dan konsentrasi zat pencemar, minimal setiap penggantian teknologi proses dan penggunaan bahan baku yang berbeda.

Dalam pengukuran kualitas udara dengan menggunakan metode dan peralatan yang manual dan metode konvensional, maka tahap pertama adalah dilakukan sampling yang dilanjutkan dengan analisa di laboratorium. Untuk pengumpulan debu biasanya digunakan teknik filtrasi dimana debu di tahan pada permukaan filter dengan porositas tertentu, sedangkan untuk mengumpulkan gas dari udara ambien diperlukan suatu teknik pengumpulan tertentu .

Teknik pengumpulan gas yang umum digunakan untuk menangkap gas pencemar di udara ambien adalah teknik absorpsi, adsorpsi, pendinginan dan pengumpulan pada kantong udara (bag sampler atau tube sampler). Pengertian sampling disini adalah pengambilan suatu contoh udara pada tempat-tempat tertentu, dimana diharapkan konsentrasi zat pencemar yang didapat dari hasil pengukuran dapat mewakili konsentrasi contoh secara keseluruhan.

Dalam melakukan sampling udara ini, ada beberapa faktor yang menentukan hasil analisisnya, diantaranya :

- Arah angin
- Kecepatan angin (m/s)
- Waktu dan lama pengambilan contoh (jam)
- Tekanan udara (mmHg)
- Temperatur udara (°C)
- Kelembapan udara (%)
- Pola terdifusinya zat pencemar

Dalam melakukan sampling kualitas udara ketujuh hal diatas haruslah di- catat saat pelaporan kualitas udara sebagai faktor yang mempengaruhi kualitas udara. Termasuk juga, dekat atau jauhnya industri dari lokasi sampling, jarak dan ramainya kendaraan bermotor serta aktivitas penduduk.

Teknik Sampling Kualitas Udara

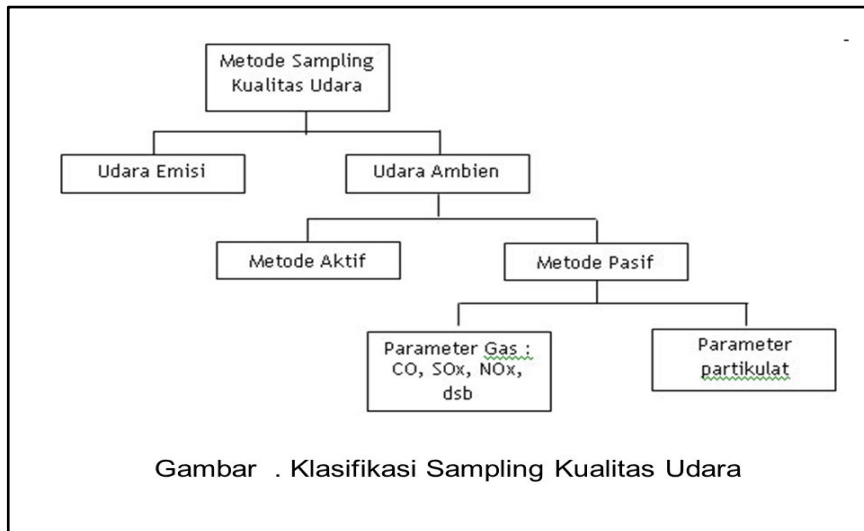
Teknik sampling kualitas udara dilihat lokasi pemantauannya terbagi dalam dua kategori yaitu

1. teknik sampling udara emisi ,dan
2. teknik sampling udara ambien.

Sampling udara emisi adalah teknik sampling udara pada sumbernya seperti cerobong pabrik dan saluran knalpot kendaraan bermotor. Teknik sampling kualitas udara ambien adalah sampling kualitas udara pada media penerima polutan udara/emisi udara.

Untuk sampling kualitas udara ambien, teknik pengambilan sampel kualitas udara ambien saat ini terbagi dalam dua kelompok besar yaitu pemantauan kualitas udara secara aktif (konvensional) dan secara pasif.

Dari sisi parameter yang akan diukur, pemantauan kualitas udara terdiri dari pemantauan gas dan partikulat.



METODE ANALISA

Teknik Adsorpsi dan Desorpsi

Teknik pengumpulan gas yang umum digunakan untuk menangkap gas pencemar di udara adalah dengan teknik adsorpsi, desorpsi, pendinginan dan pengumpulan pada kantong udara (bag sampler atau tube sampler).

A. Teknik Adsorpsi

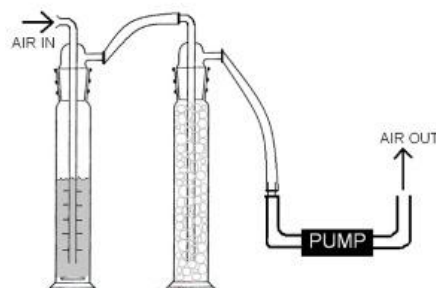
Teknik adsorpsi adalah teknik pengumpulan gas berdasarkan kemampuan gas pencemar teradsorpsi/bereaksi dengan larutan pereaksi spesifik (larutan absorben). Pereaksi kimia yang digunakan harus spesifik artinya hanya dapat bereaksi dengan gas pencemar tertentu yang akan di analisis.

Efisiensi pengumpulannya sangat dipengaruhi oleh :

- Karakteristik dari gas pencemar, yaitu kemampuan/kecepatan absorpsi zat pencemar pada larutan spesifik
- Waktu kontak antara gas pencemar dengan pereaksi spesifik
- Luas permukaan bidang kontak/ukuran gelembung.

Untuk menangkap kadar gas-gas berbahaya secara konvensional, menggunakan sampling udara dengan impinger (Gambar 10.1) yang langkah-langkah kerjanya yaitu:

- Menarik udara dengan pompa hisap ke dalam tabung impinger yang berisi larutan penangkap.
- Mengukur kontaminan yang tertangkap atau bereaksi dengan larutan penangkap baik dengan metoda konvensional maupun instrumental.
- Menghitung kadar kontaminan dalam udara berdasarkan jumlah udara yang dipompa dan hasil pengukuran.



Gambar.10.1. Peralatan impinge

Peralatan impinger secara keseluruhan terdiri dari :

- Pompa vakum : dibuat dengan sistem vibrasi ganda yang tahan korosi. Kecepatan hisap stabil dan dapat diatur dengan potensiometer
- Tabung impinger : tempat reaksi antara kontaminan udara dengan larutan penangkap. Dapat lebih dari satu tabung.
- Moisture adsorber : tabung berisi bahan penyerap uap air (desikan) untuk melindungi pompa dari korosi.
- Flow meter, yaitu alat pengukur kecepatan aliran udara dengan metoda bubble flow. Untuk melakukan pengumpulann gas pencemar tersebut diperlukan alat absorber. Alat absorber seperti diperlihatkan pada Gambar berikut



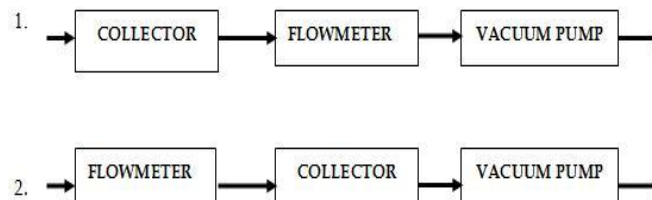
Gambar.10.2. Tabung dan peralatan impinger

Peralatan yang lazim digunakan dalam sampling kualitas udara adalah peralatan impinger untuk sampling gas-gas diudara.

Dalam melakukan pengumpulan gas pencemar dengan metode ini , perlu diperhatikan efisiensi pengumpulan gas pencemar. Untuk itu, dalam pelaksanaannya harus digunakan alat absorber, pereaksi kimia, waktu sampling dan laju aliran yang sesuai dengan prosedur standar yang ditetapkan. Susunan Peralatan Pengumpulan Gas/Debu Untuk pengumpulan contoh gas pencemar atau debu diperlukan peralatan pengambilan contoh udara yang pada umumnya terdiri dari collector, flowmeter dan pompa vacuum.

Collector berfungsi untuk mengumpulkan gas/debu yang tertangkap contohnya

- Kertas filter untuk menangkap debu
 - Tabung impinger, fritted bubbler untuk mengumpulkan gas dengan metode absorpsi
 - Tube adsorbent karbon aktif untuk mengumpulkan gas hidrokarbon dengan metode adsorpsi.
- Flowmeter (rotameter) : berfungsi untuk mengetahui laju aliran udara ambien yang terkumpul, sehingga volume gas /udara yang dikumpulkan dapat diketahui Pompa vacuum : berfungsi untuk menarik gas /udara dari luar masuk ke dalam collector dan flowmeter. Konfigurasi susunan peralatan sampling gas yang umum adalah sebagai berikut:



Untuk menghubungkan collector dengan flowmeter (rotameter) dan pompa digunakan connector yang terbuat dari bahan yang inert, yang tidak akan bereaksi dengan gas pencemar atau akan mengotori sampel gas. Biasanya digunakan bahan dari gelas atau plastik atau tubing dari silikon atau jenis tubing lainnya. Selain itu, perlu diperhatikan bahwa tidak terjadi kebocoran dalam rangkaian peralatan sampling tersebut.

B. Teknik desorbsi

Teknik desorbsi berdasarkan kemampuan gas pencemar terdesorbsi pada permukaan padat adsorbent. Jenis adsorben yang umum digunakan adalah karbon aktif, TENAX-GC atau Amberlite

XAD). Teknik ini digunakan untuk pengumpulan gas-gas organik seperti senyawa hidrokarbon, benzene, toluene dan berbagai jenis senyawa organik yang mampu terserap pada permukaan adsorben yang digunakan (Gambar. 10.3)

Efisiensi pengumpulan gas analit/gas pencemar pada adsorbent tergantung:

1. Konsentrasi gas pencemar disekitar permukaan adsorben. Semakin tinggi konsentrasi gas pencemar semakin tinggi efisiensi pengumpulan.
2. Luas permukaan adsorben, semakin kecil diameter adsorben semakin luas permukaannya, semakin banyak gas analit yang teradsorpsi.
3. Temperatur.

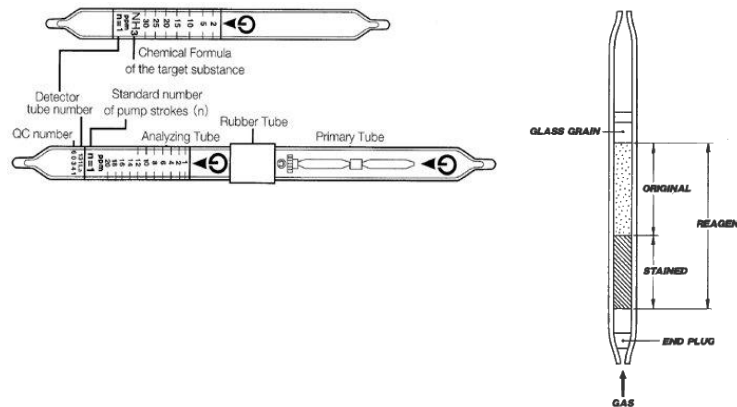
Semakin tinggi temperatur semakin rendah efisiensi pengumpulan gas analit, oleh sebab itu teknik ini jarang digunakan untuk pengumpulan gas pencemar dari sumber emisi (cerobong) dengan temperatur gas yang tinggi.

4. Kompetisi dari gas organik lain.

Senyawa organik yang lain akan ikut terdesorpsi pada permukaan padat sehingga efisiensi pengumpulan semakin berkurang.

5. Sifat/karakteristik dari adsorben yang digunakan

Harus digunakan jenis adsorben yang cocok/sesuai dengan jenis gas analit yang akan diukur. Karbon aktif yang bersifat non polar cocok untuk gas organik yang polaritasnya rendah seperti senyawa hidrokarbon



Gambar. 10.3. Contoh tabung adsorber berisi karbon aktif

C. Teknik evacuated

Teknik pengumpulan contoh gas dengan evacuated, memerlukan alat penampung gas yaitu berupa botol yang inert yang telah divakumkan atau dengan kantong udara yang terbuat dari bahan tedlar atau Teflon, atau digunakan jarum suntik (gas syringe). Teknik ini sering digunakan untuk gas pencemar dengan konsentrasi yang tinggi dan tidak memerlukan pemekatan contoh udara.

Teknik Direct Reading

Alat ini dapat digunakan untuk mengetahui secara langsung konsentrasi kontaminan di udara. Alat ini menggunakan sistem sensor berdasarkan dari sifat kimia dan fisik dari kontaminan.

Alat Sensor Direct Reading

No	Sensor	Prinsip dasar	Aplikasi analisa
1.	Aerosol fotometri	Hubunhan cahaya oleh debu dalam udara	Deteksi debu
2.	Chemiluminescence	Fluoresensi kontaminan	Ozon, NOx
3.	Coulometri	Pengukuran arus listrik	Ozon, NOx, SO ₂ ,
4.	Detektor nyala	Arus listrik elektroda yang diakibatkan hasil pembakaran	Hidrokarbon
5.	Potensiometri	Perubahan pH akibat absorpsi kontaminan	CO ₂
6.	Konduktivitas	Perubahan hantaran filament akibat perubahan gas	Hidrokarbon
7.	Infra merah	Absorpsi elektromagnetik	Alkohol

METODE PENGUKURAN ZAT PENCEMAR DI UDARA

A. Sulfur dioksida (SO₂)

1. Metode

Metode yang digunakan untuk pengujian kadar SO₂ di udara memakai metode pararosaniline-spectrofotometri.

Acuan

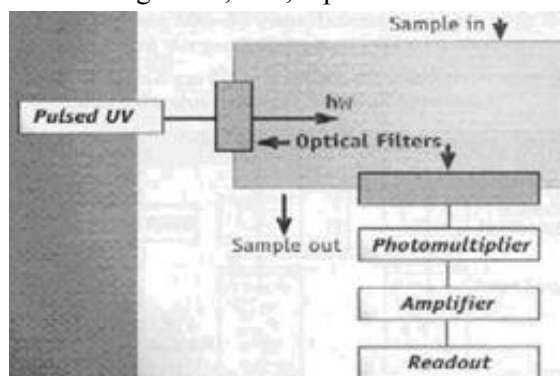
metode pararosaniline-spectrofotometri (referensi : Methods of air sampling and analysis 3rd edition James P.Lodge,JR, Metode 704 A)

2. Prinsip Dasar

SO₂ di udara diserap/diabsorpsi oleh larutan kalium tetra kloromercurate (absorbent) dengan laju flowrate 1 liter/menit. SO₂ bereaksi dengan kalium tetra kloromercurate membentuk kompleks diklorosulfitomercurate . Dengan penambahan pararosaniline dan formaldehyde akan membentuk senyawa pararosaniline metil sulfonat yang berwarna ungu kemerahan. Intensitas warna diukur dengan spectrofotometer pada panjang gelombang 560 nm.

3. Dasar pengukuran gas SO₂ dengan UV-spectrofotometri.

Prinsip dasar pengukuran gas SO₂ dengan sinar ultra violet adalah ber- dasarkan kemampuan molekul SO₂ berinteraksi dengan cahaya pada pan- jang gelombang 190 –230 nm, menyebabkan elektron terluar dari molekul gas SO₂ akan tereksitasi pada tingkat energi yang lebih tinggi (excited state). Elektron pada posisi tereksitasi akan kembali ke posisi ground state dengan melepaskan energi dalam bentuk panjang gelombang tertentu . Dengan mengukur intensitas cahaya tersebut maka dapat ditentukan kon- sentrasi gas SO₂. Metode ini praktis mudah dioperasikan, stabil dan akurat, metode ini metode yang dipakai untuk alat pemantauan kualitas udara secara otomatis dan kontinyu. Perlu diketahui bahwa ketelitian dan keaku- ratan metode ini, sangat dipengaruhi oleh sistem kalibrasi alat tersebut . Pada gambar,- 4.5, diperlihatkan skema alat SO₂ analyzer.



Gambar. 10.4. Skema Pulsed Fluorescent SO₂ Analyzer

Perhitungan Kadar SO₂

Hitung kadar SO₂ dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar SO}_2 \text{ (mg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Hasil analisa (ul)} \times \text{Volume sampel (ml)} \times (\text{Sk} + 273)^{0\text{K}} \times 76}{\text{Vol.udara (L)} \times \text{Vol.sampel yang dianalisa} \times (273 + 25)^{0\text{K}} \times P}$$

$$\text{Volume Udara (L)} = f \times t$$

Keterangan :

f = kecepatan aliran udara (L/menit)

t = waktu pengambilan contoh uji/(sampel), menit

Sk = suhu udara kering pada saat pengambilan sampel (°C) P = tekanan udara pada saat pengambilan sampel (cmHg)

Untuk reagensia, kalibrasi larutan baku, contoh uji sampel, dan tata cara analisis tidak dibahas dalam penulisan ini.

B. Oksida-oksida Nitrogen.

1. Metode

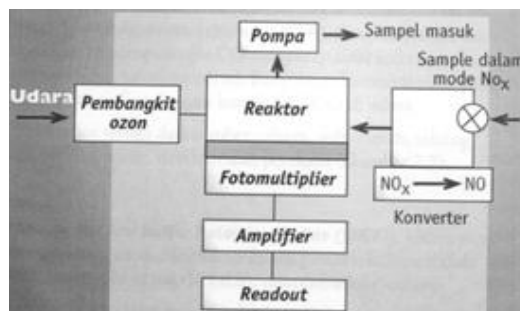
Metode Griess-Saltman-Spectrofotometri, NO₂ di udara direaksikan dengan pereaksi Griess Saltman (absorbent) membentuk senyawa yang berwarna ungu. Intensitas warna yang terjadi diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 520 nm.

2. Prinsip Dasar

Absorber untuk penangkapan NO₂ adalah absorber dengan desain khusus dan porositas frittednya berukuran 60 µm. Untuk pengukuran NO, sample gas harus dilewatkan ke dalam oxidator terlebih dahulu (seperti KMnO₄, Cr₂O₃).

3. Metode chemiluminescence .

Gas NO diudara direaksikan dengan gas ozon membentuk nitrogen di- oksida tereksitasi. NO₂ yang tereksitasi akan kembali pada posisi ground state dengan melepaskan energi berupa cahaya pada panjang gelombang 600 - 875 nm. Intensitas cahaya yang diemisikan diukur dengan photomulltifier , Intensitas yang dihasilkan sebanding dengan konsentrasi NO di udara. Sedangkan gas NO₂ sebelum direaksikan dengan gas ozon terlebih dahulu direduksi dengan katalitik konventor (Gambar : 10.5)

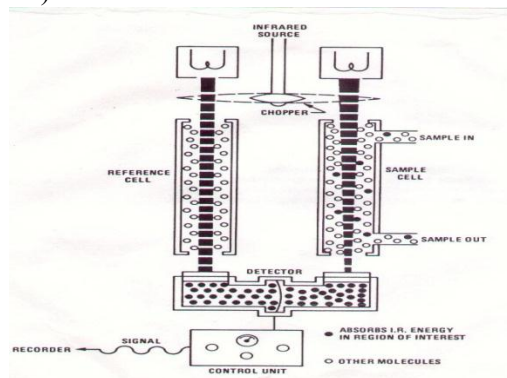


Gambar.10.5. Skema Chemiluminescent NO_x Analyzer

C. Karbonmonoksida

1. Metode Nondispersive infrared (NDIR).

Pengukuran ini berdasarkan kemampuan gas CO menyerap sinar infra merah pada panjang 4,6 µm . Banyaknya intensitas sinar yang diserap sebanding dengan konsentrasi CO di udara. Analyzer ini terdiri dari sumber cahaya inframerah, tabung sampel dan reference, detektor dan rekorder (Gambar :10.6.)



Gambar. 10.6. Skema NDIR –CO Analyzer

2. Metode Lain

Metode lain yang juga digunakan adalah metode oksidasi CO dengan campuran CuO-MnO₂ dalam suasana panas membentuk gas CO₂. Selanjutnya CO₂ tersebut diabsorpsi dengan larutan Ba(OH)₂ berlebih. Kelebihan Ba(OH) dititrasi asam oxalat menggunakan indikator phenol phthalin.

3. Metode Iodine Pentoxide, spektrofotometer (Literatur; Air Pulution Actur C.Stren, 2nd edition, vol II,1968

Gas CO di udara akan bereaksi dengan Iodin Pentoksida pada suhu 135 - 150⁰C, membentuk gas CO₂, dan uap Iodin.

Senyawa yang terbentuk akan ditangkap oleh larutan potassium iodide. Kadar gas CO di udara dapat ditentukan dengan menganalisis kadar gas CO₂ atau Iodin yang dihasilkan dengan cara analisis menggunakan alat spektrofotometer. Pembacaan dilakukan pada panjang gelombang 352 nm

Perhitungan Kadar CO

Hitung kadar CO dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar CO (ppm)} = \frac{\text{Hasil analisa (ul)} \times \text{Volume sampel (ml)} \times (\text{Sk} + 273)^{\circ}\text{K} \times 76}{\text{Vol. udara (L)} \times \text{Vol. sampel yang dianalisa} \times (273 + 25)^{\circ}\text{K} \times P}$$

Volume Udara (L) = f x t

Keterangan :

f = kecepatan aliran udara (L/menit)

t = waktu pengambilan contoh uji/(sampel), menit

Sk = suhu udara kering pada saat pengambilan sampel (⁰C) P = tekanan udara pada saat pengambilan sampel (cmHg)

Untuk reagensia, kalibrasi larutan baku, contoh uji sampel, dan tata cara analisis tidak dibahas dalam penulisan ini.

D. Ozon/Oksidan

1. Metode

Metode Neutral Buffer Potassium Iodine (NBKI) spektrofotometri. Gas /udara yang mengandung ozon dilewatkan dalam pereaksi kalium iodida pada buffer pH netral (pH 6,8), membebaskan Iodium. Selanjutnya Iodium yang dibebaskan diukur intensitasnya pada panjang gelombang 350 nm

2. Metode Chemiluminescence.

Gas ozon direaksikan dengan gas asetilin membentuk aldehide yang tidak stabil, yang selanjutnya akan melepaskan energi dalam bentuk cahaya. Intensitas cahaya yang diemisikan diukur dengan fotomultiplier, yang berbanding lurus dengan konsentrasi ozon. Panjang gelombang cahaya yang diemisikan pada panjang gelombang 300 – 600 nm.

E. Hidrokarbon

1. Pengukuran secara langsung dengan Gas Chromatograf Hidrokarbon diukur sebagai total hidrokarbon (THC) dan Non Methanic Hydrocarbon (NMHC). Metode yang digunakan adalah kromatografi gas dengan detektor Flame Ionisasi (FID). Hidrokarbon dari udara dibakar pada flame yang berasal dari gas hidrogen membentuk ion-ion. Ion yang terbentuk pada flame akan ditangkap oleh elektrode negatif. Banyaknya arus ion yang terbentuk menunjukkan konsentrasi hidrokarbon

2. Metode adsorpsi dengan adsorbent karbon aktif. Contoh gas dilewatkan ke dalam tube karbon aktif dengan laju alir gas tertentu (± 0,3 liter/menit). Waktu sampling tergantung kepada konsentrasi hidrokarbon dan banyaknya adsorbent karbon aktif yang digunakan. Untuk melepaskan hidrokarbon, karbon aktif dilarutkan dalam pelarut tertentu (seperti CS₂), kemudian disuntikan ke dalam GC. Atau karbon aktif di "purgings" dengan gas inert seperti N₂, atau He, kemudian dialirkan /disuntikan ke dalam GC.

METODE PENGUJIAN PARTIKULAT DI UDARA

Metode analitik yang sederhana dengan waktu pengukuran yang lama seperti titrasi atau gravimetri yang digunakan untuk mengukur kadar debu di lingkungan tempat kerja.

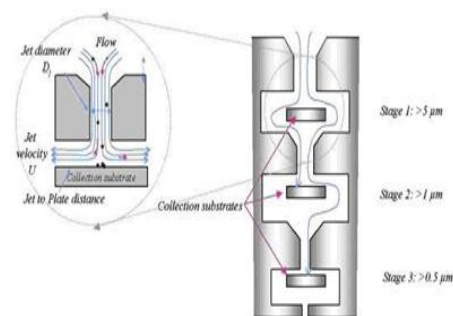
Untuk pengumpulan partikulat /debu dari udara berbeda dengan pengumpulan gas. Yang perlu diperhatikan dalam pengumpulan partikulat adalah ukuran diameter dari partikulat tersebut.

Ukuran partikulat di dalam matrik gas /udara bervariasi dari ukuran lebih besar dari ukuran molekul (0.0002 mikron) sampai mencapai ukuran 500 μm . Setiap teknik pengumpulan mempunyai kemampuan mengumpulkan range ukuran partikulat yang tertentu.

Teknik pengumpulan yang umum digunakan adalah :

1. Teknik pengumpulan secara impaksi V

Gas atau udara yang mengandung partikulat di hisap/ditarik melalui nozzle dengan laju aliran udara tertentu, kemudian ditumbukan ke permukaan plate, maka partikel dengan diameter tertentu tidak bisa mengikuti aliran gas yang dibelokkan (karena gaya inersia), sehingga partikel debu tersebut tertahan pada permukaan plate. Sedangkan untuk partikel debu yang lebih kecil akan mempunyai kemampuan mengikuti aliran gas masuk ke dalam plate berikutnya, yang selanjutnya akan terperangkap dalam plate yang berikutnya. Dengan demikian terjadi pemisahan debu berdasarkan ukuran partikel. Mekanisme pengumpulan debu dengan impaksi diperlihatkan pada Gambar. 10.7.



Gambar. 10.7. Mekanisme pengumpulan debu dengan impaksi

2. Teknik Filtrasi

Pengumpulan partikulat/debu dengan teknik filtrasi merupakan teknik yang paling populer. Jenis filter yang digunakan adalah filter fiber glass, cellulose, polyurethane foam. Setiap jenis filter mempunyai karakteristik tertentu yang cocok untuk penggunaan tertentu. Filter fiber glass merupakan filter yang paling banyak digunakan untuk pengukuran SPM (suspended particulate matter) atau TSP (Total Suspended Particulate, terbuat dari mikro fiber gelas dengan porositas < 0,3 μm , yaitu mempunyai efisiensi pengumpulan partikulat dengan diameter 0,3 μm sebesar 95%. Filter ini tahan korosi dan dapat digunakan pada temperatur 540°C. Tetapi kelemahannya, filter ini mudah sobek.

Metode Analisa

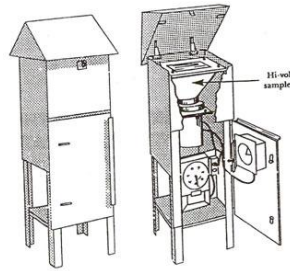
Banyak metode analisa yang dapat digunakan untuk pengukuran partikulat di atmosfer dengan kisaran diameter partikulat tertentu

A. HVS (High Volume Sampler)

Metode High Volume Sampling Metode ini digunakan untuk pengukuran total suspended particulate matter (TSP, SPM), yaitu partikulat dengan diameter $\leq 100 \mu\text{m}$, dengan prinsip dasar udara dihisap dengan flowrate 40-60 cfm, maka suspended particulate matter (debu) dengan ukuran < 100 μm akan terhisap dan tertahan pada permukaan filter microfibre dengan porositas < 0,3 μm .

Partikulat yang tertahan di permukaan filter ditimbang secara gravimetrik, sedangkan volume udara dihitung berdasarkan waktu sampling dan flowrate.

Pada Gambar. 10.8, diperlihatkan alat high volume sampler.



Gambar. 10.8, high volume sampler.

Pengukuran berdasarkan metoda ini untuk penentuan sebagai TSP (Total Suspended Partikulate). Alat ini dapat digunakan selama 24 jam setiap pengambilan contoh udara ambien.

Cara operasional alat ini adalah sebagai berikut :

1. Panaskan kertas saring pada suhu 105 °C, selama 30 menit.
2. Timbang kertas saring, dengan neraca analitik pada suhu 105 °C dengan menggunakan vinset (Hati-hati jangan sampai banyak tersentuh tangan)
3. Pasangkan pada alat TSP, dengan membuka atap alat TSP. Kemudian dipasangkan kembali atapnya.
4. Simpan alat HVS tersebut pada tempat yang sudah ditentukan sebelumnya.
5. Operasikan alat dengan cara, menghiduo (pada posisi "On") pompa hisap dan mencatat angka flow ratenya (laju alir udaranya).
6. Matikan alat sampai batas waktu yang telah ditetapkan.
7. Ambil kertasnya, panaskan pada oven listrik pada suhu Timbang kertas saringnya.
8. Hitung kadar TSP nya sebagai mg/NM³
9. Metoda penggunaan alat ini bisa juga dilakukam, terhadap pm 10 atau pun dilanjutkan pada pengukuran parameter logam.

B. Pengukuran PM 10 dan PM 2.5.

Pengertian PM10 dan PM 2.5 adalah partikulat atau debu dengan diameter ≤ 10 mikron dan ≤ 2.5 mikron . Untuk pengukuran partikulat dengan diameter tersebut di atas diperlukan Teknik pengumpulan impaksi, dengan metode tersebut dimungkinkan untuk memisahkan debu berdasarkan diameternya . Diameter yang lebih besar akan tertahan pada stage paling atas, semakin ke bawah, maka semakin kecil diameter yang dapat terkumpulkan permukaan stage .

Setiap Cascade Impactor terdiri dari beberapa stage, ada yang 3, 5 sampai 9 stage (plate) tergantung kepad keperluannya. Salah jenis Cascade Impactor yang terdiri dari 9 stage adalah Cascade Impactor buatan Graseby Anderson (Gambar. 10.10).

Prinsip pengukuran Kertas saring yang telah ditimbang, disimpan di masing-masing stage (plate) yang terdapat pada alat Cascade Impactor . Selanjutnya udara dilewatkan ke dalam Cascade Impactor flow rate tertentu dan dibiarkan selama 24 jam atau lebih tergantung kepada konsentrasi debu di udara ambient . Setelah sampling selesai, debu-debu yang terkumpul pada masing-masing stage ditimbang, menggunakan neraca analitik .



Gambar. 10.9. Graseby Anderson Cascade Impactor

C. MVS (Middle Volume Sampler).

Cara ini menggunakan filter berbentuk lingkaran (Bulat) dengan porositas 0,3 - 0,45 μm , kecepatan pompa yang dipakai untuk pengangkatan suspensi Particulate Matter ini adalah 50 – 500 lpm.

Operasional alat ini sama dengan High Volume Sampler, hanya yang membedakan dari ukuran filter membrannya.

HVS ukuran A 4 persegi panjang, sedang MVS ukuran bulat diameter 12 cm.

D. LVS (Low Volume Sampler)

Cara ini menggunakan filter berbentuk lingkaran (Bulat) dengan porositas 0,3 - 0,45 μm , kecepatan pompa yang dipakai untuk pengangkatan Suspensi Partikulate Mat- ter ini adalah 10 – 30 lpm. Alat LVS dapat dilihat pada, Gambar. 10.10



Gambar. 10.10. Middle Volume Sampler

Satuan Konsentrasi

Untuk menyatakan konsentrasi zat pencemar gas atau debu di udara ambien, dapat digunakan satuan yang berdasarkan

1. Satuan berdasarkan berat /volume (w/v), yaitu satuan yang menyatakan berat zat pencemar per volume udara ambien.

Contohnya satuan mg/m^3 .

2. Satuan berdasarkan volume/volume (v/v), yaitu satuan yang menyatakan volume zat pencemar per volume gas.

Contohnya satuan % volume, ppm. (part permillion), ppb (part perbillion).

Pengertian satuan ppm adalah menunjukkan perbandingan volume antara volume zat pencemar dengan volume udara ambien, yaitu bagian volume zat pencemar per satu juta volume gas.

Contohnya :

Konsentrasi CO sebesar 1 ppm, artinya dalam satu juta bagian volume gas buang mengandung 1 bagian volume gas CO, atau Dalam 1 m^3 (1×10^6 ml) volume gas emisi mengandung 1 ml gas CO. Untuk konversi satuan dari satuan ppm ke satuan mg/m^3 atau sebaliknya digunakan rumus :

$$\text{mg}/\text{m}^3 = (\text{ppm} / 24,45) \times \text{BM} \times 10^{-3}$$

dimana:

24,45 = konversi untuk 1 mol = 24,45 liter (25°C , 1 atm) BM = berat molekul 10^{-3} = konversi dari ml ke liter

Perlu diketahui bahwa gas merupakan zat yang volumenya berubah dengan perubahan temperatur dan tekanan. Maka dalam menyatakan konsentrasi zat pencemar dalam udara digunakan kondisi standar yaitu kondisi dimana volume udara ditetapkan dan kondisi tertentu, yang dinyatakan dengan kondisi standar

Kebisingan

Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 48. tahun 1996, tentang Baku Mutu Tingkat Kebisingan, bahwa kebisingan adalah bunyi yang tidak diinginkan dari suatu usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan. Tingkat kebisingan adalah ukuran energi bunyi yang dinyatakan dalam satuan desibel (dB), sedangkan baku mutu tingkat kebisingan adalah batas maksimal tingkat kebisingan yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan dari suatu usaha atau kegiatan sehingga tidak menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan. Menurut Siswanto (2002), kebisingan adalah terjadinya bunyi yang keras sehingga mengganggu dan atau membahayakan kesehatan. Sedangkan menurut Gabriel (1996) bising didefinisikan sebagai bunyi yang tidak dikehendaki yang merupakan aktivitas alam dan buatan manusia. Kebisingan didefinisikan sebagai bunyi yang tidak dikehendaki. Bising menyebabkan berbagai gangguan terhadap tenaga kerja, seperti gangguan fisiologis, gangguan psikologis, gangguan komunikasi dan ketulian, atau ada yang menggolongkan gangguannya berupa gangguan pendengaran, misalnya gangguan terhadap pendengaran dan gangguan pendengaran seperti komunikasi terganggu, ancaman bahaya keselamatan, menurunnya performa kerja, kelelahan dan stres.

A. Pengukuran Kebisingan

Untuk mengukur kebisingan di lingkungan kerja dapat dilakukan dengan menggunakan alat *Sound Level Meter*. Sebelumnya, intensitas bunyi adalah jumlah energi bunyi yang menembus tegak lurus bidang per detik. Metode pengukuran akibat kebisingan di lokasi kerja, yaitu

1. Pengukuran dengan titik sampling

Pengukuran ini dilakukan bila kebisingan diduga melebihi ambang batas hanya pada satu atau beberapa lokasi saja. Pengukuran ini juga dapat dilakukan untuk mengevaluasi kebisingan yang disebabkan oleh suatu peralatan sederhana, misalnya kompresor/generator. Jarak pengukuran dari sumber harus dicantumkan, misal 3 meter dari ketinggian 1 meter. Selain itu juga harus diperhatikan arah mikrofon alat pengukur yang digunakan.



Gambar 10.11. Sound level meter

2. Pengukuran dengan peta kontur

Pengukuran dengan membuat peta kontur sangat bermanfaat dalam mengukur kebisingan, karena peta tersebut dapat menentukan gambar tentang kondisi kebisingan dalam cakupan area. Pengukuran ini dilakukan dengan membuat gambar isopleth pada kertas berskala yang sesuai dengan pengukuran yang dibuat. Biasanya dibuat kode pewarnaan untuk menggambarkan keadaan kebisingan, warna hijau untuk kebisingan dengan intensitas di bawah 85 dBA, warna oranye untuk tingkat kebisingan yang tinggi di atas 90 dBA, warna kuning untuk kebisingan dengan intensitas antara 85–90 dBA.

Untuk Mengukur Kebisingan Pabrik atau Tempat Usaha untuk Memberikan Bimbingan tentang Peraturan-peraturan atau Langkah-langkah Penanggulangan dapat ditempuh prosedur seperti di bawah ini :



B. Nilai Ambang Batas Kebisingan

Nilai ambang batas atau selanjutnya disingkat NAB adalah besarnya tingkat suara dimana sebagian besar tenaga kerja masih berada dalam batas aman untuk bekerja 8 jam/hari atau 40 jam / minggu. Menurut KEP.MENAKER NO : KEP-51/MEN/1999 NAB kebisingan ditetapkan sebesar 85 dBA, sedangkan kebisingan yang melampaui NAB, waktu pemajannya ditetapkan sebagai berikut :

Waktu pemajanan perhari		Intensitas kebisingan dalam dBA
8	Jam	85
4		88
2		91
1		94
30	Menit	97
15		100
7,5		103
3,75		106
1,88		109
0,94		112
28,12		Detik
14,06	118	
7,03	121	
3,52	124	
1,76	127	
0,88	130	
0,44	133	
0,22	136	
0,11	139	

Catatan : Tidak boleh terpapar lebih dari 140 dBA, walau sesaat.

Dalam pengukuran kebisingan di tempat kerja dapat dilakukan pencatatan dengan daftar pengukuran kebisingan dibawah ini.

KEBISINGAN/NOISE

Nama Perusahaan : -----
 Alamat : -----
 Parameter Yang di Uji : **KEBISINGAN/NOISE**
 Alat Ukur : Sound Level Meter, Model NA-29 JIS.C.1502,Iron
 Subjek : Udara lingkungan kerja
 Tanggal Sampling : -----

No	LOKASI SAMPLING	Sumber Kebisingan	Intensitas Kebisingan (dBA)	Jumlah Tenaga Kerja yg terpapar
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

Mengetahui Perusahaan	Petugas	Paraf
	1.	
	2.	
	3.	
	4.	

GETARAN (VIBRASI)

Beberapa pengertian dari getaran antara lain : gerakan bolak-balik suatu massa melalui keadaan setimbang terhadap suatu titik acuan, sedangkan yang dimaksud dengan getaran mekanik adalah getaran yang ditimbulkan oleh sarana dan peralatan kegiatan manusia (Keputusan Menteri negara Lingkungan Hidup Nomor KEP-49/MENLH/1 1/1996). Getaran terjadi saat mesin atau alat dijalankan dengan motor, sehingga pengaruhnya bersifat mekanis (Budiono, 2003). Getaran ialah gerakan osilasi disekitar titik (Harrington, 1996). Vibrasia adalah gerakan dapat disebabkan oleh getaran udara atau getaran mekanis, misalnya mesin atau alat-alat mekanis lainnya (Gabriel, 1996). Getaran merupakan efek suatu sumber yang memakai satuan ukuran hertz (Depkes, 2003). Getaran adalah suatu factor fisik yang menjalar ke tubuh manusia, mulai dari tangan sampai keseluruh tubuh turut bergetar (oscilation) akibat getaran peralatan mekanis yang dipergunakan dalam tempat kerja (Salim, 2002).

A. Nilai Ambang Batas Getaran

Menurut *Canadian Government Spesification CDA/MS/NVSH 107*, untuk mesin-mesin jenis elektrik motor jika didapatkan hasil pengukuran telah melampaui 130 dB atau 3,2 mm/sec (*velocity*) maka mesin tersebut harus dilakukan pengecekan, sedangkan jika telah melampaui 135 dB atau 5,6 mm/sec (*velocity*) maka mesin tersebut harus diganti. Di Indonesia sendiri, nilai ambang batas getaran di tempat kerja mengacu pada keputusan Menteri Tenaga Kerja nomor 51 tahun 1999, sebagai berikut :

Tabel Nilai ambang batas getaran untuk pemajanan lengan dan tangan

Jumlah waktu per hari kerja	Nilai percepatan pada frekuensi dominan	
	m/det ²	Gram
4 jam dan kurang dari 8 jam	4	0,4
2 jam dan kurang dari 4 jam	6	0,61
1 jam dan kurang dari 2 jam	8	0,81
Kurang dari 1 jam	12	1,22

Catatan :

1 Gram = 9,81 m/det²

Menurut keputusan menteri ini bahwa nilai ambang batas getaran alat kerja yang kontak langsung maupun tidak langsung pada lengan dan tangan tenaga kerja ditetapkan sebesar 4 m/det².

B. Pengukuran getaran

Pengukuran getaran dilakukan dengan menggunakan alat khusus yaitu *Vibration Meter*. *Vibration meter* didesain untuk melakukan pengukuran getaran mekanis secara konvensional khususnya untuk pengujian pada mesin berotasi. Ini tidak hanya digunakan untuk pengujian percepatan (*acceleration*), kecepatan (*velocity*), dan perubahan vektor (*displacement*), tetapi juga dapat menunjukkan diagnosis kegagalan secara sederhana.

Vibration meter dapat menghasilkan pengukuran pada status berdasarkan alarm limit. Jika terjadi kegagalan diagnosis sederhana secara otomatis akan membunyikan alarm yaitu *warning limit* jika pengukuran sampai batas aman (*safe state*) dan alarm limit jika nilai pengukuran sampai pada batas kerusakan (*destruct state*). Kemudian akan masuk ke *spectrum testing mode* ketika nilai pengukuran sampai pada batas

Beberapa peralatan yang digunakan untuk pengukuran getaran :

1. Alat penangkap getaran (Accelerometer atau seismometer).
2. Alat ukur atau alat analisis getaran (*Vibration meter* atau *vibration analyzer*).
3. Tapis pita 1/3 oktaf atau pita sempit (Filter 1/3 oktaf atau *Narrow Band*).
4. Pencatat tingkat getaran (Level atau $X \pm Y$ recorder).
5. Alat analisis pengukur tingkat getaran (FFT Analyzer).



Gambar 10.12. *Vibration meter*

Bagian-bagian *Vibration Meter* :

1. *Main Body* : Pada *main body* ini terdapat tampilan hasil pengukuran (*display*)
2. *Keyboard* yang terdiri dari tombol untuk menghidupkan dan mematikan, kemudian tombol *MEAS* untuk memulai pengukuran dan untuk mengakhiri pengukuran. Tombol *C* untuk *cancel* dan *OK* untuk *enter*.
3. Lampu menunjukkan indikasi *charging*.
4. *Transducer socket* adalah tempat menghubungkan *transducer* dengan *main body*.
5. *Charging socket* adalah tempat memasukan *charger*.
6. *Sensor transducer* menggunakan *magnetic base*. Untuk mendapatkan hasil yang stabil, maka pengukuran harus pada tempat yang datar dan rata.

PENCAHAYAAN DI TEMPAT KERJA

Maksud manajemen pencahayaan di ruangan kerja adalah untuk memberikan efisiensi dan kenyamanan pada tenaga kerja selama melakukan pekerjaannya, serta membantu meningkatkan lingkungan kerja yang aman dan selamat. Pencahayaan merupakan salah satu faktor untuk menciptakan lingkungan yang aman dan nyaman dan berkaitan erat dengan produktivitas manusia. Untuk mendapatkan pencahayaan yang sesuai dalam suatu ruang, maka diperlukan sistem pencahayaan yang tepat sesuai dengan

kebutuhannya. Pencahayaan yang baik memungkinkan orang dapat melihat objek-objek yang dikerjakannya secara jelas dan cepat.

Penataan pencahayaan di ruangan kerja yang sesuai dengan standar yang diperkenankan (sesuai dengan jenis pekerjaan) akan membawa beberapa keuntungan yaitu : menurunkan kesalahan pada proses produksi dan inspeksi, meningkatkan produksi, menurunkan kecelakaan kerja, memperbaiki moral kerja dan memperbaiki pemeliharaan bangunan.

Menurut Talty (1988) cahaya adalah gelombang elektromagnetik yang pada frekuensi tertentu bisa dilihat oleh manusia, menurut Kepmenkes No. 1405 Tahun 2002 pengertian pencahayaan di tempat kerja adalah jumlah penyinaran pada suatu bidang kerja yang diperlukan untuk melaksanakan kegiatan secara efektif. Sementara itu menurut Ahmadi (2009) pencahayaan adalah adalah banyaknya cahaya yang tiba pada satu luas permukaan.

A. Standar Pencahayaan di Ruangan

Menurut Suma'mur (1999), kebutuhan intensitas penerangan tergantung dari jenis pekerjaan yang dilakukan. Pekerjaan yang membutuhkan ketelitian sulit dilakukan bila keadaan cahaya di tempat kerja tidak memadai. Untuk lebih jelas, lihat tabel di bawah ini :

Tabel Tingkat Penerangan Berdasarkan Jenis Pekerjaan

Jenis Pekerjaan	Contoh Pekerjaan	Tingkat Penerangan yang dibutuhkan (Lux)
Tidak teliti	Penimbunan barang	80-170
Agak Teliti	Pemasangan (tak teliti)	170-350
Teliti	Membaca, menggambar	350-700
Sangat teliti	Pemasangan	700-1000

Sumber : Higene Perusahaan dan Kesehatan Kerja (Suma'mur, 2009)

Sementara itu, nilai pantulan (reflektan) yang dianjurkan menurut Suma'mur (2009), adalah sebagai berikut :

Tabel Nilai Pantulan (reflektan)

No	JENIS PERMUKAAN	REFLEKTAN (%)
1	Langit-langit	80 – 90
2	Dinding	40 – 60
3	Perkakas (mebel)	25 – 45
4	Mesin dan perlengkapannya	30 – 50
5	Lantai	20 – 40

Sumber : Higene Perusahaan dan Kesehatan Kerja (Suma'mur, 2009)

Menurut Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1405/MENKES/SK/XI/2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri, tercantum dalam tabel berikut ini :

Tabel Standar Tingkat Pencahayaan Menurut Kepmenkes No. 1405 Tahun 2002

Jenis Pekerjaan	Tingkat Pencahayaan Minimal (Lux)	Keterangan
Pekerjaan kasar dan tidak terus-menerus	100	Ruang penyimpanan dan ruang peralatan/instalasi yang memerlukan pekerjaan yang kontinyu
Pekerjaan kasar dan terus-menerus	200	Pekerjaan dengan mesin dan perakitan kasar
Pekerjaan rutin	300	Ruang administrasi, ruang kontrol, pekerjaan mesin & perakitan/ penyusun
Pekerjaan agak halus	500	Pembuatan gambar atau bekerja dengan mesin, kantor, pekerjaan pemeriksaan atau pekerjaan dengan mesin.
Pekerjaan halus	1000	Pemilihan warna, pemrosesan tekstil, pekerjaan mesin halus & perakitan halus.
Pekerjaan amat halus	1500	Tidak menimbulkan bayangan Mengukir dengan tangan, pemeriksaan pekerjaan mesin dan perakitan yang sangat halus.
Pekerjaan terinci	3000	Tidak menimbulkan bayangan Pemeriksaan pekerjaan, perakitan sangat halus.

Sumber : Kepmenkes No. 1405 Tahun 2002

Penerangan untuk membaca dokumen lebih tinggi dari pada penerangan untuk melihat komputer, karena tingkat penerangan yang dianjurkan untuk pekerja dengan komputer tidak dapat berdasarkan satu nilai dan sampai saat ini masih kontroversial. Grandjean menyusun rekomendasi tingkat penerangan pada tempat-tempat kerja dengan komputer berkisar antara 300-700 lux seperti berikut.

Tabel Rekomendasi Tingkat Pencahayaan Pada Tempat Kerja Dengan Komputer

Keadaan Pekerja	Tingkat Pencahayaan (lux)
Kegiatan Komputer dengan sumber dokumen yang terbaca jelas	300
Kegiatan Komputer dengan sumber dokumen yang tidak terbaca jelas	400-500
Tugas memasukan data	500-700

Sumber: Grandjean (1988)

Keperluan	Pencahayaan (LUX)	Contoh Area Kegiatan
Pencahayaan Umum untuk ruangan dan area yang jarang digunakan dan/atau tugas-tugas atau visual sederhana	20	Layanan penerangan yang minimum dalam area sirkulasi luar ruangan, pertokoan didaerah terbuka, halaman tempat penyimpanan
	50	Tempat pejalan kaki & panggung
	70	Ruang boiler
	100	Halaman Trafo, ruangan tungku, dll.
	150	Area sirkulasi di industri, pertokoan dan ruang penyimpan.
	200	Layanan penerangan yang minimum dalam tugas

Pencahayaannya umum untuk interior	300	Meja & mesin kerja ukuran sedang, proses umum dalam industri kimia dan makanan, kegiatan membaca dan membuat arsip.
	450	Gantungan baju, pemeriksaan, kantor untuk menggambar, perakitan mesin dan bagian yang halus, pekerjaan warna, tugas menggambar kritis.
	1500	Pekerjaan mesin dan diatas meja yang sangat halus, perakitan mesin presisi kecil dan instrumen; komponen elektronik, pengukuran & pemeriksaan bagian kecil yang rumit (sebagian mungkin diberikan oleh tugas pencahayaan setempat)
Pencahayaannya tambahan setempat untuk tugas visual yang tepat	3000	Pekerjaan berpresisi dan rinci sekali, misal instrumen yang sangat kecil, pembuatan jam tangan, pengukuran

Sumber : www.energyefficiencyasia.org

B. Pengukuran Pencahayaan

Untuk mengukur intensitas pencahayaan di tempat kerja baik indoor maupun outdoor dapat dilakukan dengan menggunakan lux meter. Lux adalah terminologi untuk menyatakan jumlah sinar yang diterima oleh sebuah objek seluas 3 kaki persegi pada jarak 1 yard, oleh sebuah sumber sinar dengan daya 1 watt. Lux meter bekerja dengan sensor cahaya. Lux meter cukup diletakkan di atas meja kerja atau dipegang setinggi 75 cm di atas lantai. Layar penunjuknya akan menampilkan tingkat pencahayaan pada titik pengukuran. Bila nilai tingkat pencahayaan ruangan jauh lebih tinggi atau jauh lebih rendah dari standar, maka akan berpotensi untuk menimbulkan kelelahan mata. Tingkat pencahayaan yang sesuai standar akan menjaga kualitas pekerjaan serta kesehatan mata tenaga kerja. (Pembahasan lebih lanjut telah diuraikan dan bisa anda baca pada buku dasar-dasar kesehatan dan keselamatan kerja, bab 16 ; pengukuran lingkungan fisik kerja).

Gambar .10.13.Lux Meter



Menurut SNI 16-7062-2004 tentang Pengukuran Intensitas Penerangan di Tempat Kerja, pengukuran intensitas penerangan di tempat kerja menggunakan alat luxmeter. Alat ini mengubah energi cahaya menjadi energi listrik, kemudian energi listrik dalam bentuk arus digunakan untuk menggerakkan jarum skala. Untuk alat digital, energi listrik diubah menjadi angka yang dapat dibaca pada layar monitor.

Prosedur kerja pengukuran intensitas cahaya dalam ruang kerja menurut SNI 16-7062-2004 tentang Pengukuran Intensitas Penerangan di Tempat Kerja adalah sebagai berikut:

1. *Luxmeter* dikalibrasi oleh laboratorium yang terakreditasi
2. Menentukan titik pengukuran, penerangan setempat atau penerangan umum

Penerangan setempat adalah penerangan yang mengenai obyek kerja, berupa meja kerja maupun peralatan. Bila meja kerja yang digunakan oleh pekerja, maka pengukuran dapat dilakukan di atas meja yang ada. Denah pengukuran intensitas pencahayaan setempat seperti berikut:

Gambar 10.14. Denah Pengukuran Pencahayaan Ruang Kerja
Denah penerangan setempat



Penerangan umum adalah titik potong garis horizontal panjang dan lebar ruangan pada setiap jarak tertentu setinggi satu meter dari lantai. Jarak tertentu tersebut dibedakan luas ruangan sebagai berikut:

- Luas ruangan kurang dari 10 meter persegi: titik potong garis horizontal panjang dan lebar ruangan adalah pada jarak setiap 1(satu) meter.
- Luas ruangan antara 10 meter persegi sampai 100 meter persegi: titik potong garis horizontal panjang dan lebar ruangan adalah pada jarak setiap 3 (tiga) meter.
- Luas ruangan lebih dari 100 meter persegi: titik potong horizontal panjang dan lebar ruangan adalah pada jarak 6 meter. (selengkapnya bisa dilihat di SNI 16-7062-2004 tentang Pengukuran Intensitas Penerangan di Tempat Kerja)

Syarat-syarat dalam pengukuran:

- Pintu ruangan dalam keadaan sesuai dengan kondisi tempat pekerjaan dilakukan
- Lampu ruangan dalam keadaan dinyalakan sesuai dengan kondisi pekerjaan.

Penggunaan *luxmeter*

- Hidupkan luxmeter yang telah dikalibrasi dengan membuka penutup sensor Bawa alat ke tempat titik pengukuran yang telah ditentukan, baik pengukuran untuk intensitas penerangan setempat atau umum.
- Baca hasil pengukuran pada layar monitor setelah menunggu beberapa saat sehingga didapat nilai angka yang stabil.
- Catat hasil pengukuran pada lembar hasil pencatatan untuk intensitas penerangan setempat

TEKANAN PANAS

Menurut ACGIH (2000), tekanan panas (*heat stress*) didefinisikan sebagai keseluruhan beban panas yang diterima tubuh yang merupakan kombinasi dari kerja fisik, faktor lingkungan (suhu udara, tekanan uap air, pergerakan udara, perubahan panas radiasi) dan faktor pakaian. Sedangkan menurut Santoso (2004) tekanan panas adalah beban iklim kerja yang diterima oleh tubuh manusia. Sementara itu Suma'mur (1996) menjelaskan tekanan panas adalah kombinasi dari suhu udara, kelembaban udara, kecepatan gerakan udara dan suhu radiasi yang dihubungkan dengan produksi panas oleh tubuh.

A. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Tekanan Panas

Menurut Worksafe BC (2007), faktor-faktor yang berkontribusi terhadap tekanan panas di tempat kerja adalah : faktor lingkungan yang terdiri atas temperatur udara, pergerakan udara, kelembaban dan radiasi panas; faktor tenaga kerja seperti kemampuan beraklimatisasi, jumlah cairan tubuh, pakaian dan kondisi kesehatan; Pekerjaan berupa beban kerja, dan waktu kerja.

Faktor-faktor yang mempengaruhi tekanan panas menurut sumber lain meliputi : aklimatisasi, umur, jenis kelamin, perbedaan suku bangsa, ukuran tubuh dan gizi (NIOSH, 1986; WHO, 1996; Siswanto, 1987) :

1. **Aklimatisasi**

Aklimatisasi adalah suatu proses adaptasi fisiologis yang ditandai dengan pengeluaran keringat yang meningkat, penurunan denyut nadi dan suhu tubuh sebagai akibat pembentukan keringat. Aklimatisasi terhadap suhu tinggi merupakan hasil penyesuaian diri seseorang terhadap lingkungannya. Untuk aklimatisasi terhadap panas ditandai dengan penurunan frekuensi denyut nadi dan suhu tubuh sebagai akibat pembentukan keringat. Aklimatisasi ini ditujukan kepada suatu pekerjaan dan suhu tinggi untuk beberapa waktu misalnya dua jam. Mengingat pembentukan keringat tergantung pada kenaikan suhu dalam tubuh. Aklimatisasi panas biasanya tercapai sesudah dua minggu.

2. **Umur**

Daya tahan seseorang terhadap panas akan menurun pada umur yang lebih tua. Orang yang lebih tua akan lebih lambat keluar keringatnya dibandingkan dengan orang yang lebih muda. Orang yang lebih tua memerlukan waktu yang lama untuk mengembalikan suhu tubuh menjadi normal setelah terpapar panas. Suatu studi menemukan bahwa 70% dari seluruh penderita stroke akibat paparan panas (*heat stroke*) mereka yang berusia lebih dari 60 tahun. Denyut nadi maksimal dari kapasitas kerja yang maksimal berangsur-angsur menurun sesuai dengan bertambahnya umur.

3. **Jenis Kelamin**

Dikarenakan secara anatomis kapasitas kardiovaskuler laki-laki lebih besar dari wanita, maka laki-laki dianggap mempunyai kemampuan beraklimatisasi sedikit lebih baik dari wanita.

4. **Perbedaan Suku Bangsa**

Perbedaan aklimatisasi yang ada diantara kelompok suku bangsa ada tetapi kecil. Perbedaan ini sering dikaitkan dengan perbedaan ukuran tubuh. Adanya perbedaan ukuran tubuh akan mempengaruhi reaksi fisiologis tubuh terhadap panas. Laki-laki dengan ukuran tubuh yang lebih kecil dapat mengalami tekanan panas yang lebih besar, hal ini dikarenakan mereka mempunyai kapasitas kerja maksimal yang lebih kecil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pekerja yang berat badannya kurang dari 50 Kg selain mempunyai *maximal oxygen intake* yang rendah tetapi juga kurang toleran terhadap panas dari pada mereka yang mempunyai berat badan rata-rata.

5. **Gizi**

Seseorang yang status gizinya jelek akan menunjukkan respon yang berlebihan terhadap tekanan panas, hal ini disebabkan karena sistem kardiovaskuler yang tidak stabil.

B. **Pengukuran Tekanan Panas**

Untuk mengetahui besarnya pengaruh panas lingkungan pada tubuh, para ahli telah berusaha untuk mencari metode pengukuran sederhana yang dinyatakan dalam bentuk indeks (Depkes RI, 2003). Indikator tekanan panas dalam industri dimaksudkan sebagai cara pengukuran dengan menyatukan efek sebagai faktor yang mempengaruhi pertukaran panas manusia dan lingkungannya dalam satu indeks tunggal. Ada empat indikator tekanan panas (Suma'mur, 1999) yaitu:

1. Suhu efektif (*Corected Effectif Temperature*)

yaitu indeks sensoris dari tingkat panas yang dialami oleh seseorang tanpa baju dan kerja ringan dalam berbagai kombinasi suhu, kelembaban dan kecepatan aliran udara. Cara ini mempunyai kelemahan yaitu tidak memperhitungkan panas radiasi dan panas metabolisme tubuh. Untuk penyempurnaannya pemakaian suhu efektif dengan memperhatikan panas radiasi, maka dibuatlah skala suhu efektif yang dikoreksi (*Corected Effectife Temperature Scale*).

2. Indeks kecepatan keluar keringat selama 4 jam /*Predicted-4 Hour Swestrate*

Yaitu keringat keluar selama 4 jam, sebagai akibat kombinasi suhu kelembaban dan kecepatan udara serta radiasi, dapat pula dikoreksi dengan pakaian dan tingkat kegiatan pekerja.

3. Indeks *Belding-Heacth (Heat Stress Index)*

Dihubungkan dengan kemampuan berkeringat dari orang normal yang dijadikan standar, yaitu seseorang dengan tinggi badan 170 cm dan berat 154 pond dalam keadaan sehat dan memiliki kesegaran jasmani, serta telah beraklimatisasi terhadap panas.

4. ISBB (Indeks Suhu Bola Basah)

Merupakan cara pengukuran yang paling sederhana karena tidak banyak membutuhkan keterampilan, cara atau metode yang sulit dan besarnya tekanan panas dapat dilihat dengan cepat. Perkembangan teknologi saat ini telah menghasilkan beberapa instrument pengukur panas dengan indikator ISBB yang dengan mudah bisa dapat divisualisasikan pada layar monitor.

a. Untuk pekerjaan yang mengalami kontak dengan sinar matahari (*outdoor*) adalah :

$$ISBB = (0,7 \times \text{suhu basah}) + (0,2 \times \text{suhu radiasi}) + (0,1 \times \text{suhu kering})$$

b. Untuk pekerjaan yang tidak kontak dengan sinar matahari (*indoor*) digunakan rumusan sebagai berikut :

$$ISBB = (0,7 \times \text{suhu basah}) + (0,3 \times \text{suhu radiasi})$$

Dalam hubungannya dengan pekerjaan, iklim kerja sangat berpengaruh terhadap efektifitas dan produktivitas kerja. Suatu pekerjaan akan optimal apabila dilakukan pada ruangan yang berada pada kisaran area nikmat kerja. Terdapat hasil penelitian yang menunjukkan suhu nikmat kerja untuk orang Indonesia yaitu sekitar 24 – 26⁰C. Apabila suhu terlalu dingin maka akan berpengaruh terhadap penurunan efisiensi dengan keluhan kekakuan gerak atau berkurangnya koordinasi otot. Begitu pula dengan suhu yang terlalu panas akan mengurangi kelincahan, memperpanjang waktu reaksi dan waktu pengambilan keputusan, mengganggu kecermatan kerja otak, mengganggu koordinasi syaraf sensoris serta meningkatkan nilai ambang rangsang.

IKLIM KERJA/HEAT STRESS							
Nama Perusahaan		:	-----				
Alamat		:	-----				
Parameter yang diuji		:	IKLIM KERJA/HEAT STRESS				
Subjek		:	Udara lingkungan kerja				
Tanggal Sampling		:	-----				

NO	LOKASI SAMPLING	Pengaturang Waktu Kerja		Temperatur °C			Ket
		Kerja (%)	Istirahat (%)	Kering	Basa alami	Bola/globe	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							

Mengetahui Perusahaan	Petugas	Paraf
	1.	
	2.	
	3.	
	4.	

C. Nilai Ambang Batas Tekanan Panas

Menurut keputusan Menteri Tenaga Kerja nomor 51 tahun 1999, nilai ambang batas iklim kerja adalah sebagai berikut :

Pengaturan waktu kerja setiap jam	ISBB °C
	Beban kerja

Waktu kerja	Waktu istirahat	Ringan	Sedang	Berat
Kerja terus menerus (8 jam sehari)		30.0	26.7	25.0
75 %	25 %	30.6	28.0	25.9
50 %	50 %	31.4	29.4	27.9
25 %	75 %	32.2	31.1	30.0

PAPARAN DEBU DI TEMPAT KERJA

A. Beberapa pengertian terkait debu

Menurut "*The Glossary of Atmospheric Chemistry Terms*" (IUPAC, 2001), debu adalah partikel kecil, padat dan kering yang diproyeksikan ke udara oleh kekuatan alam seperti angin, dan letusan gunung berapi, atau oleh proses mekanis buatan manusia seperti proses menghancurkan, menggiling, pengeboran, pembongkaran, menyekop, penyaluran, pengayakan, pembungkusan, dan penyapuan. Partikel debu ini diameternya terdiri dari berbagai ukuran mulai dari 1 µm sampai 100 µm dan menetap perlahan di bawah pengaruh gravitasi bumi.

Sementara itu menurut *Mine Safety and Health Administration (MSHA, 1999)*, debu atau *dust* adalah partikel padat yang berukuran sangat kecil berukuran 1 sampai 500 mikron yang dibawa oleh udara. Partikel-partikel kecil ini dibentuk oleh suatu proses disintegrasi atau fraktur seperti penggilingan, penghancuran atau pemukulan terhadap benda padat. Debu sebagai padatan halus yang tersuspensi di udara yang tidak mengalami perubahan secara kimia ataupun fisika dari bahan padatan aslinya.

Debu diudara (*airborne dust*) adalah suspensi partikel benda padat diudara. Butiran debu ini dihasilkan oleh pekerjaan yang berkaitan dengan gerinda, pemboran dan penghancuran pada proses pemecahan bahan-bahan padat. Ukuran besarnya butiran-butiran tersebut sangat bervariasi mulai yang dapat dilihat oleh mata telanjang (> 1/20 mm) sampai pada tidak kelihatan. Debu yang tidak kelihatan berada diudara untuk jangka waktu tertentu dan hal ini membahayakan karena bisa masuk menembus kedalam paru-paru.

Aerosol (partikel) yaitu setiap sistem titik-titik cairan atau debu yang mendispersi diudara yang mempunyai ukuran demikian lembutnya sehingga kecepatan jatuhnya mempunyai stabilitas cukup sebagai suspensi diudara. Perlu diingat bahwa partikel-partikel debu selalu berupa suspensi. Partikel dapat diklasifikasikan sebagai kabut dan asap. Kabut (*mist*) adalah sebaran butir-butir cairan diudara. Kabut biasanya dihasilkan oleh proses penyemprotan dimana cairan tersebar, terpercik atau menjadi busa partikel buih yang sangat kecil. Asap (*fume*) adalah butiran-butiran benda padat hasil kondensasi bahan-bahan dari bentuk uap. Asap ini biasanya berhubungan dengan logam di mana uap dari logam terkondensasi menjadi butiran-butiran padat di dalam ruangan logam cair tersebut. Asap juga ditemui pada sisa pembakaran tidak sempurna dari bahan-bahan yang mengandung karbon, karbon ini mempunyai ukuran lebih kecil dari 0,5 micron

Gas adalah bahan seperti oksigen, nitrogen, atau karbon dioksida dalam bentuk gas pada suhu dan tekanan normal, dapat dirubah bentuknya hanya dengan kombinasi penurunan suhu dan penambahan tekanan. Uap Air (*vapor*) adalah bentuk gas dari cairan pada suhu dan tekanan ruangan cairan mengeluarkan uap, jumlahnya tergantung dari kemampuan penguapannya. Bahan-bahan yang memiliki titik didih yang rendah lebih mudah menguap dari pada yang memiliki titik didih yang tinggi.

Menurut Vincent (1989 dan 1995) serta Willeke dan Baron (1993) beberapa contoh debu yang dapat ditemukan di lingkungan kerja antara lain : Debu mineral (seperti debu batu bara dan semen), debu logam (seperti timbale, candium, nikel dan beryllium), debu kimia (seperti debu pestisida), debu organik dan debu sayuran (seperti serbuk sari, tepung, kayu, kapas, teh) dan debu biohazard (seperti jamur dan spora).

B. Evaluasi faktor debu lingkungan kerja

1. Evaluasi Lingkungan Kerja

Evaluasi faktor lingkungan kerja kimia dimaksudkan sebagai usaha teknis untuk mengetahui secara baik kualitatif maupun kuantitatif faktor apa yang terdapat di lingkungan kerja tersebut. Kecuali itu dalam evaluasi lingkungan tersebut pula untuk mencari dimana letak sumber-sumber bahaya, faktor-faktor tersebut dipancarkan, dalam bentuk apa, berapa jumlah, tenaga kerja atau orang yang berada dalam lingkungan. Dalam menyelenggarakan evaluasi lingkungan, idealnya

harus diketahui secara menyeluruh tentang prose-proses operasi-operasi tertentu, bahan baku, produk, hasil-hasil samping dan cara dan cara pembuangan sisa-sisa produksi dengan sendirinya haruslah dipelajari proses-proses dan operasi-operasi dimana dalam hal ini biasanya telah secara otomatis diketahui oleh para teknisi yang langsung berkecimpung dibidang produksi dengan dipahami secara menyeluruh Produk dan oprasi maka yang berkepentingan dalam hal ini dokter perusahaan dapat dengan mudah mengatakan bahwa disuatu tempat kerja terdapat faktor-faktor tertentu.

Pentingnya pengetahuan tentang derajat toksisitas suatu bahan atau produk adalah jelas, bahwa bahan-bahan tersebut tidak boleh ditangani dengan sembarangan, dalam arti para pekerja berhati-hati dan harus mengikuti petunjuk-petunjuk kerja yang tersedia, seta harus pula diperhatikan tentang metode-metode adanya kontak atau masuknya bahan-bahan yang berbahaya kedalam tubuh, yang antara lain tentang penggunaan alat proteksi perorangan. Dalam evaluasi ini untuk mengetahui secara pasti bagaimana tingkat bahaya dari suatu aspek kimia lingkungan kerja perlulah diselenggarakan penyelidikan secara teknis oprasional ke lokasi-lokasi dimana diduga adanya aspek-aspek tertentu. Lokasi-lokasi dapat dipelajari dimana letaknya berdasarkan hasil analisa proses-proses dan oprasi –oprasi pengolahan dari suatu perusahaan atau industri yang menjadi subyek.

2. Mede Evaluasi

Untuk melakukan evaluasi faktor lingkungan kerja kimia maka dapat diambil langkah sebagai berikut:

- a. Sampling : Sampling dan analisa dari factor lingkungan kerja kimia yang merupakan kontaminasi udara ruang kerja dimaksudkan untuk menganalisa intensitas kontaminan dengan pengambilan sample udara yang kemudian dianalisa dilaboratorium
- b. Pemilihan alat lapangan dan metode : Dalam penyelenggaraan suatu penyelidikan untuk mengetahui tingkat bahaya dari suatu factor manusia memegang peranan penting pula tentang pemeliharaan alat-alat lapangan dan metode yang dipergunakan dalam teknis oprasional. Instrumen atau alat-alat dan metode yang dipergunakan sangat tergantung dari sifat-fisik kimia apakah berupa aerosol, gas, uap, mist, fume ataukah dalam bentuk lain. Berdasarkan tipe-tipe alat sampling lapangan alat-alat tersebut dapat dibedakan sebagai berikut: Alat dapat mendeteksi langsung; Alat-alat yang memisahkan bahan kimia dari sejumlah udara yang diukur; Alat-alat yang mengumpulkan sample udara dengan volume yang diketahui; Analisa Laboratorium. Banyaknya pertimbangan –pertimbangan teknis analisa yang harus diperhatikan dalam pemilihan metode analisa laboratorium mana atau apa yang baik dipakai untuk analisa bahan kimia di lingkungan kerja.
- c. Perbandingan hasil evaluasi dengan standar : Dari hasil analisa laboratorium harus dibuat data yang lengkap tentang yang dianalisa, dan berapakah kadarnya masing-masing, data ini kemudian dibandingkan standar tertentu guna mengetahui bagaimana tingkat bahaya dari lingkungan tersebut

3. Pengukuran kadar debu total di udara tempat kerja: Standard Nasional Indonesia (SNI 16-7058-2004)

Menurut SNI ini, standar pengukuran kadar debu total di udara tempat kerja dimaksudkan untuk mewujudkan keseragaman dalam melakukan pengukuran secara nasional dan dalam rangka upaya melindungi keselamatan dan kesehatan tenaga kerja. Standar ini disusun oleh Subpanitia Teknis Kesehatan dan Keselamatan Kerja pada Panitia Teknis 94S, Keselamatan dan Kesehatan Kerja. Standar ini telah dikonsensuskan di Jakarta pada tanggal 11 Nopember 2003 yang dihadiri oleh wakil-wakil dari instansi pemerintah, serikat pekerja, perusahaan, asosiasi profesi dan universitas.

Pengukuran kadar debu total yang digunakan adalah cara gravimetri. Lingkup standar ini mencakup prinsip pengukuran, penentuan titik pengambilan contoh uji, peralatan, bahan yang digunakan, cara pengambilan contoh dan perhitungan kadar debu total di udara tempat kerja. Teknisi yang menggunakan standar pengukuran kadar debu total di udara tempat kerja harus mempunyai kompetensi di bidang ini.

1. Ruang lingkup : Standar ini menguraikan pengukuran kadar debu total di udara tempat kerja secara gravimetri yang meliputi tahap persiapan, pengambilan contoh, penimbangan dan perhitungan kadar debu total.
2. Istilah dan definisi
 - Debu: partikel padat yang terbentuk karena adanya kekuatan alami atau mekanik seperti penghalusan (grinding), penghancuran (crushing), peledakan (blasting), pengayakan (shaking) dan atau pengeboran (drilling)
 - Debu total : debu di udara tempat kerja pada semua ukuran.
 - Desikator : alat untuk mempertahankan kelembaban di kertas filter pada skala tertentu
 - Hidrofobik : sifat yang tidak menyerap uap air
 - Zona pernafasan : area setengah lingkaran dari lubang hidung tenaga kerja dengan diameter 0,6 m di sekitar kepala dan bahu
 - Flowmeter: alat yang digunakan untuk mengukur laju kecepatan aliran udara
3. Cara pengukuran
 - a. Prinsip: Alat diletakkan pada titik pengukuran setinggi zona pernafasan, pengambilan contoh dilakukan selama beberapa menit hingga satu jam (sesuai kebutuhan dan tujuan pengukuran) dan kadar debu total yang diukur ditentukan secara gravimetri.
 - b. Peralatan
 1. low volume dust sampler (LVS) dilengkapi dengan pompa pengisap udara dengan kapasitas 5 l/menit – 15 l/menit dan selang silikon atau selang teflon;
 2. timbangan analitik dengan sensitivitas 0,01 mg;
 3. pinset;
 4. desikator, suhu (20 + 1)°C dan kelembaban udara (50 + 5)%;
 5. flowmeter;
 6. tripod;
 7. termometer;
 8. higrometer.
 - c. Bahan
Filter hidrofobik (misal: PVC, fiberglass) dengan ukuran pori 0,5 µm.
 - d. Prosedur kerja
 - 1) Persiapan
 - a. Filter yang diperlukan disimpan di dalam desikator selama 24 jam agar mendapatkan kondisi stabil.
 - b. Filter kosong pada 3.4.1 a) ditimbang sampai diperoleh berat konstan, minimal tiga kali penimbangan, sehingga diketahui berat filter sebelum pengambilan contoh, catat berat filter blanko dan filter contoh masing-masing dengan berat B1 (mg) dan W1 (mg). Masing-masing filter tersebut ditaruh di dalam holder setelah diberi nomor (kode).
 - c. Filter contoh dimasukkan ke dalam low volume dust sampler holder dengan menggunakan pinset dan tutup bagian atas holder.
 - d. Pompa pengisap udara dikalibrasi dengan kecepatan laju aliran udara 10 l/menit dengan menggunakan flowmeter (flowmeter harus dikalibrasi oleh laboratorium kalibrasi yang terakreditasi).
 - 2) Pengambilan contoh
 - a. LVS pada point 3.4.1 c) di atas dihubungkan dengan pompa pengisap udara dengan menggunakan selang silikon atau teflon.
 - b. LVS diletakkan pada titik pengukuran (di dekat tenaga kerja terpapar debu) dengan menggunakan tripod kira-kira setinggi zona pernafasan tenaga kerja.
 - c. Pompa pengisap udara dihidupkan dan lakukan pengambilan contoh dengan kecepatan laju aliran udara (flowrate) 10 l/menit.
 - d. Lama pengambilan contoh dapat dilakukan selama beberapa menit hingga satu jam (tergantung pada kebutuhan, tujuan dan kondisi di lokasi pengukuran).
 - e. Pengambilan contoh dilakukan minimal 3 kali dalam 8 jam kerja yaitu pada awal, pertengahan dan akhir shift kerja.

- f. Setelah selesai pengambilan contoh, debu pada bagian luar holder dibersihkan untuk menghindari kontaminasi.
 - g. Filter dipindahkan dengan menggunakan pinset ke kaset filter dan dimasukkan ke dalam desikator selama 24 jam.
- 3) Penimbangan
- a. Filter blanko sebagai pembanding dan filter contoh ditimbang dengan menggunakan timbangan analitik yang sama sehingga diperoleh berat filter blanko dan filter contoh masing-masing B2 (mg) dan W2 (mg).
 - b. Catat hasil penimbangan berat filter blanko dan filter sebelum pengukuran dan sesudah pengukuran pada formulir
- 4) Perhitungan
- Kadar debu total di udara dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut dan hasilnya dicatat pada formulir seperti pada Lampiran B.

$$C = \frac{(W2 - W1) - (B2 - B1)}{V} \text{ (mg/l)}$$

atau

$$C = \frac{(W2 - W1) - (B2 - B1)}{V} \times 10^3 \text{ (mg/m}^3\text{)}$$

Dimana :

- C adalah kadar debu total (mg/l) atau (mg/m³);
- W2 adalah berat filter contoh setelah pengambilan contoh (mg);
- W1 adalah berat filter contoh sebelum pengambilan contoh (mg);
- B2 adalah berat filter blanko setelah pengambilan contoh (mg);
- B1 adalah berat filter blanko sebelum pengambilan contoh (mg);
- V adalah volume udara pada waktu pengambilan contoh (l)

Daftar Pustaka

- AIHA. What is an Industrial Hygienist. di <https://www.aiha.org/about-aiha/Press/Documents/What%20is%20IH.pdf> (akses 16 September 2018)
- Arief, M. Latar. (2015). Metode Sampling. Jakarta: Esa Unggul
- Barbara Plog. 2002. Fundamental of Industrial Hygiene, 5th Edition, National Safety Council
- E, Rose, Vernon. History and Philosophy of Industrial Hygiene. Di https://mafiadoc.com/history-and-philosophy-of-industrial-hygiene-higieneindustrial2011_5a09798d1723dd6bca65a2ed.html (akses 16 September 2018)
- Iwan Ramdan. 2013. Higiene Industr. Yogyakarta : Bimoty
- O. ALLI, Benjamin. 2008. *Fundamental Principles of Occupational Health and Safety*. 2rd Edition. ILO Office
- Kurniawidjaja, L. Meily. (2012). Teori dan Aplikasi Kesehatan Kerja. Jakarta : UI press
- Lestari, Fatma. (2010). Bahaya Kimia: Sampling & Pengukuran Kontaminan di Udara. Jakarta: EGC