



**MODUL 1
HYGIENE INDUSTRI
(IKK354)**

**Materi Pertemuan 9
Study Kasus Implementasi AREP (Bahaya
Fisik)**

**Disusun Oleh
Eka Cempaka Putri, SKM, MKKK**

**UNIVERSITAS ESA UNGGUL
2018**

STUDI KASUS AREP BAHAYA FISIK

A. Pendahuluan

Bahaya fisik merupakan bahaya yang banyak ditemui bukan hanya di tempat kerja melainkan juga terjadi di masyarakat. Di kota-kota besar kebisingan akibat kemacetan di jalan di hadapi setiap hari oleh masyarakat ibukota, penduduk yang berada di dekat rel kereta api juga mengalami dampak kebisingan akibat paparan dari aktifitas lalu lalang kereta api hal ini menjadi faktor yang memperparah kondisi pekerja dimana di tempat kerja mereka juga menghadapi paparan kebisingan. Selain kebisingan bahaya fisik diasosiasikan juga dengan paparan getaran, paparan getaran secara umum paling banyak memajan sopir-sopir bajay, sopir alat-alat berat dan tukang potong rumput, dimana pekerja-pekerja ini belum tersentuh dengan keselamatan dan kesehatan kerja.

Paparan radiasi pengion dan non pengion seperti paparan sinar UV, paparan radiasi sinar x pada pekerja di bagian radiologi dan paparan radiasi pada area bidang pekerjaan lainnya. Dimana dampak radiasi sebagian besar bersifat kronik sehingga paparan radiasi sering diabaikan. Modul ini akan membahas mengenai bahaya-bahaya fisik yang banyak dihadapi di lingkungan kerja, karakteristik dasar, mode paparan dan bagaimana melakukan pengendalian yang efektif terhadap bahaya-bahaya tersebut. Selain itu penulis juga memberikan contoh implementasi study kasus yang diadopsi dari jurnal.

Modul ini merupakan bagian dari modul hygiene industry secara keseluruhan, diharapkan modul ini dapat membantu pembaca mengenai bahaya fisik di tempat kerja dan implementasinya.

B. Kompetensi Dasar

- Mengetahui bahaya-bahaya fisik yang biasa di tempat kerja
- Mengetahui mode paparan bahaya-bahaya fisik di tempat kerja
- Mengetahui tindakan pengendalian yang tepat
- Mengetahui contoh study kasus bahaya fisik di lingkungan kerja

C. Kemampuan Akhir yang Diharapkan

Mahasiswa mampu menguraikan suatu studi kasus yang berkaitan dengan Implementasi AREP pada bahaya fisik di tempat kerja

D. Kegiatan Belajar 1

Studi Kasus AREP Bahaya Fisik

1. Uraian dan contoh

- Kebisingan

Gangguan pendengaran akibat kebisingan merupakan faktor penyumbang kecacatan terbesar di Australia dan merupakan presentase terbesar pada klaim penyakit akibat kerja. NOHSC, 2000

menyatakan bahwa gangguan pendengaran akibat kebisingan membebani biaya kesehatan dan layanan sosial dan ekonomi Australia secara keseluruhan. Dalam bab ini akan dibahas dengan komprehensif mengenai paparan kebisingan di tempat kerja termasuk fenomena akustik syok dan pengaruh paparan bahan kimia yang ototoxic.

- **Undang-Undang dan peraturan terkait kebisingan**

Berdasarkan "The Noise Pollution (Regulation and Control Rules, 2000). Berikut ini standar kebisingan maksimal sesuai dengan area

Kode Area	Kategori area/zona	Limin dalam dB (A)	
		Siang Hari	Malam Hari
(A)	Area Industri	75	70
(B)	Area Komersial	65	55
(C)	Area Perumahan	55	45
(D)	Zona Diam	50	40

Catatan :

1. Siang hari adalah dari jam 6 pagi hingga jam 10 malam
2. Malam hari adalah dari jam 10 malam hingga jam 06.00 pagi
3. Zona diam adalah area yang berada kurang dari 100 meter dekat dengan rumah sakit, institusi pendidikan, tempat ibadah atau area lainnya dimana hanya dimasuki oleh orang yang berkompeten
4. Kategori campuran adalah 4 area diatas yang dikategorikan oleh otoritas setempat.

Sedangkan di dalam negeri, Indonesia memiliki Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomer : KEP-48/MENLH/11/1996 mengenai baku mutu tingkat kebisingan.sebagai berikut ini :

No	Peruntukan kawasan/lingkungan kegiatan	Tingkat Kebisingan DB (A)
A	Peruntukan kawasan	
1	Perumahan dan pemukiman	55
2	Perdagangan dan jasa	70
3	Perkantoran dan perdagangan	65
4	Ruang terbuka hijau	50
5	Industri	70
6	Pemerintahan dan Fasilitas Umum	60
7	Rekreasi	70
8	Khusus - Bandar Udara* - Stasiun Kereta api* - Pelabuhan Laut - Cagar budaya	70 60
B	Lingkungan Kegiatan	

1	Rumah Sakit atau sejenisnya	55
2	Sekolah atau sejenisnya	55
3	Tempat Ibadah atau sejenisnya	55

Keterangan :

*) Disesuaikan dengan ketentuan menteri perhubungan

Sedangkan di tempat kerja nilai ambang batas kebisingan diatur dalam peraturan menteri tenaga kerja no. 70 tahun 2016 mengenai standar kesehatan kerja di lingkungan industri dengan tabel sebagai berikut :

Satuan	Durasi pajanan kebisingan	Level Kebisingan (dBA)
jam	24	80
	16	82
	8	85
	4	88
	2	91
	1	94

- **Karakteristik dari suara dan kebisingan**

Suara berasal dari sumber yang bergetar yang menyebabkan variasi di atmosfer. Suara dideteksi oleh telinga dan ditafsirkan oleh otak. Suara yang sampai ke telinga akan menyampaikan suatu informasi tertentu kemudian diterjemahkan oleh otak untuk respon. Namun ketika suara tersebut tidak dapat dipahami oleh otak, tidak diinginkan atau menyebabkan kerusakan pendengaran, maka suara ini dapat didefinisikan sebagai kebisingan. Variasi suara dapat terjadi diakibatkan oleh kombinasi frekuensi, intensitas relatif, tingkat onset dan kombinasi bunyi frekuensi yang berbeda.

Suara ditransmisikan melalui medium elastis udara, udara dikompresi dan dijernihkan untuk membentuk gelombang tekanan seperti riak di kolam ketika dilemparkan benda di atasnya, Jumlah variasi gelombang suara per detik disebut sebagai frekuensi suara dan memiliki satuan hertz (hz). Selain dari frekuensi suara terdapat panjang gelombang dimana panjang gelombang merupakan jarak antara variasi gelombang yang sama. Di udara suara merambat dengan kecepatan sekitar 344 m/d pada suhu 20 °C sedangkan di dalam air suara merambat dengan kecepatan sekitar 1500 m/d. Kapasitas pendengaran manusia berkisar antara 20 sampai 20000 Hz.

- **Bahaya-bahaya akibat kebisingan**

Dampak kesehatan dari kebisingan yang paling sering terjadi adalah gangguan pendengaran. Kebisingan yang terus menerus diterima oleh telinga dalam waktu yang panjang dapat mengakibatkan kemampuan telinga dalam menangkap suara dan kerusakan ini irreversible (cacat permanen). Selain

menurunkan kemampuan untuk mendengar, kebisingan juga menyebabkan peningkatan stress, dikarenakan kebisingan dapat mengganggu komunikasi dan kenyamanan pekerja. Dampak lebih lanjut terganggunya komunikasi adalah dapat meningkatkan potensi risiko kecelakaan kerja. Seiring dengan bertambahnya usia gangguan pendengaran akibat kebisingan dapat mempercepat presbikusis yang secara drastis mempengaruhi kualitas hidup.

Pergeseran ambang batas sementara dalam pendengaran terjadi akibat paparan suara keras yang signifikan. Pergeseran ini terjadi selama paparan atau sesaat setelah paparan. Hal ini dapat terjadi beberapa menit hingga beberapa hari yang disebabkan rambut-rambut halus dalam organ pendengaran mengalami reversible desensitis.

Pergeseran ambang batas permanen hasil dari pajanan reguler jangka panjang terutama kebisingan dengan nada tinggi dapat menyebabkan noise induced hearing loss (NIHL) yang merupakan cacat permanen. Kecacatan ini timbul sebagai akibat rusaknya sel rambut pada koklea, kerusakan ini tidak dapat diperbaiki dan diobati secara medis.

Tinitus atau telinga berdenging terkadang mendahului proses ketulian. Tinitus biasanya terjadi akibat paparan terus menerus dari suara dengan nada tinggi atau paparan akut dari trauma akustik akibat ledakan atau suara implusif lainnya.

- **Pengukuran Kebisingan di tempat kerja**

Pengukuran kebisingan di tempat kerja pada prinsipnya dilakukan melalui dua cara yaitu sound level meter dan personal noise dose meters.

- **Sound Level Meter**

Sound level meter merupakan alat yang digunakan untuk mengukur kebisingan di lingkungan kerja. Pengukuran lingkungan dilakukan di area dengan tingkat kebisingan yang tinggi dan terdapat tenaga kerja yang bekerja di area tersebut. Pengukuran dilakukan selama 8 jam kerja dengan pengukuran setiap 1 jam dan minimal dilakukan 6 kali pengukuran, hasil pengukuran ini kemudian dibuat grafik sehingga akan mudah diketahui jam-jam dimana kebisingan sedang berada pada titik yang tertinggi.

Pada pengukuran menggunakan integrating sound level meter dapat mengukur leq selama 10 menit setiap pengukuran. Leq adalah equivalent continuous noise level atau tingkat kebisingan dari kebisingan yang berubah-ubah (fluktuatif) selama waktu tertentu, setara dengan tingkat kebisingan siang hari (Ls) selama 16 jam dari jam 06.00-22.00 malam dan pada malam hari (Lm) selama 8 jam yaitu dari jam 22.00-06.00. Setiap

pengukuran harus dapat mewakili selang waktu tertentu dengan menetapkan paling sedikit 4 waktu pengukuran pada siang hari dan 3 waktu pengukuran pada malam hari. Waktu pengukuran tersebut antara lain :

Pengukuran siang hari :

L1 diambil pada pukul 07.00 mewakili jam 06.00-09.00(3 jam)

L2 diambil pada pukul 10.00 mewakili jam 09.00-14.00 (5 jam)

L3 diambil pada pukul 15.00 mewakili jam 14.00-17.00(3 jam)

L4 diambil pada pukul 20.00 mewakili jam 17.00-22.00 (5 jam)

Malam Hari :

L5 diambil pada jam 23.00 mewakili jam 22.00-24.00 (2 jam)

L6 diambil pada jam 01.00 mewakili jam 24.00-03.00 (3 jam)

L7 diambil pada jam 04.00 mewakili jam 03.00-06.00 (3 jam)

- Personal noise dose meter

Personal noise dose meter merupakan alat yang untuk menghitung paparan kebisingan pada individu dengan mobilitas yang tinggi. Personal noise dose meter dapat menghitung total paparan yang diterima oleh pekerja. Lama setiap pekerja berada di area tersebut harus dicatat dan kemudian dihitung total paparannya melalui rumus berikut ini :

$$\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_n}{T_n} =$$

C_n = waktu pemaparan dilokasi n

T_n = waktu pemaparan yang diperkenankan l lokasi n

Jika hasilnya = 1 atau <1 dianggap aman, dibawah NAB

Jika hasilnya >>1 dianggap tidak aman diatas NAB

- Kalibrasi

Peralatan sound level meter maupun noise dose meter harus dilakukan kalibrasi sesuai dengan instruksi dari manufaktur. Kebanyakan kalibrator menghasilkan nada murni 1000 Hz dan biasanya menghasilkan tingkat kebisingan suara 94 dB dengan tekanan 1 pascal.

- **Tindakan Pengendalian kebisingan**

Pengendalian kebisingan ada 3 jenis antara lain :

- Pengendalian pada sumber

Menghilangkan kontaminan di sumber atau modifikasi sumber atau proses yang menyebabkan kebisingan. Kurangnya identifikasi bahaya kebisingan pada peralatan merupakan salah satu penyebab kebisingan di area pekerjaan. Selain itu proses-proses produksi seperti chipping, hammering, penggunaan kompresor, gergaji mesin dan mesin penggiling juga berkontribusi untuk menciptakan kebisingan di lingkungan kerja. Berikut ini adalah contoh tindakan pengendalian pada sumber :

Pengendalian engineering

- Penggunaan las untuk memotong bukan dengan memukul

- Penggunaan material yang menyerap dampak (plastik, karet, nilon dll) daripada penggunaan logam
- Menggunakan prosedur menurunkan bukan dengan menjatuhkan
- Meminimalkan perubahan dalam gaya, tekanan atau kecepatan yang menghasilkan kebisingan
- Menghilangkan bunyi-bunyi yang disebabkan oleh dampak dari pekerjaan hammering (berikan peredam pada paku)
- Gunakan tekanan hidrolik daripada menekan
- Mengurangi kecepatan, semakin tinggi frekuensi dan semakin keras suara.
- Gunaan mesin yang lebih besar dan lebih lambat daripada kecil dan cepat
- Jalankan mesin dengan kecepatan lebih rendah tetapi dengan torsi yang lebih tinggi
- Cegah terjadinya getaran-getaran yang mengakibatkan timbulnya kebisingan
- Gunakan pegas, peredam, kopling fleksibel dan pemasangan

▪ Pengendalian pada jalur transmisi

Pengendalian kebisingan melalui jalur transmisi dapat dilakukan melalui :

- Temukan sumber gangguan dari tempat kerja, misalnya pompa, kompressor, generator dan sebagainya di luar gedung
- Gunakan penghalang di sekitar sumber bising
- Membatasi sumber ke ruang yang berisolasi bising
- Membatasi sumber ke ruang yang berisolasi bising, menggunakan dinding ganda dengan isolasi material, jendela kaca ganda dan pintu inti padat
- Gunakan penghalang yang mengisolasi dari pekerja
- Tempatkan sumber kebisingan jauh dari reflektor alami misalnya sudut
- Gunakan peredam suara pada langit-langit dan dinding
- Gunakan baffle atau reflektor suara untuk mengarahkan suara menjauh dari pekerja

▪ Pelindung pendengaran

Pelindung pendengaran seharusnya bukan menjadi pengendalian kebisingan melainkan hanya penahan sementara. Cara kerja pelindung pendengaran adalah melalui meminimalkan paparan kebisingan pekerja dengan mengurangi kebisingan yang masuk ke dalam saluran telinga. Jenis-jenis pelindung telinga yang biasa digunakan di industri antara lain :

○ *Ear canal caps*

Ear canal caps terbuat dari bahan karet ringan atau jenis PVC dan menutup lubang telinga tanpa memasukkannya seperti earplug. Ear canal caps banyak digunakan di area konstruksi karena kemudahan memposisikan mereka di telinga saat

pekerja dihadapkan dengan suara-suara yang biasanya berdurasi pendek dan dapat dimulai tiba-tiba.

o *Earplug*

Earplug banyak digunakan di industri baik jenis yang hanya sekali pakai maupun jenis yang dapat digunakan kembali, biasanya terbuat dari karet busa, plastik atau silikon. Keefektifan *earplug* sangat bergantung dengan ketepatan pemasangan. *Earplug* harus dengan tepat menutup lubang saluran telinga.

Earplug ada yang dapat digunakan berkali-kali, *earplug* dapat dicetak menyesuaikan bentuk telinga masing-masing pekerja.

o *Earmuff*

Earmuff sangat umum digunakan di industri *earmuff* terdiri dari dua bulatan empuk dan bagian dalam terisolasi dan menutup seluruh telinga. Sebuah ikat kepala semi-torsi terikat dengan dua bulatan empuk ke sisi kepala pada kekuatan penjepit untuk memberikan atenuasi yang diinginkan. Ketika memilih penutup telinga, pastikan bahwa bulatan telinga cukup besar untuk menutup tulang telinga. Penting diingat bahwa bantalan yang menempel pada telinga lembut dan tidak retak untuk menyediakan perlindungan yang maksimal. *Earmuff* harus dibersihkan dengan rutin, dikeringkan dan disimpan ditempat yang bersih, dengan suhu ruang.

Keefektifan alat pelindung telinga ditentukan dari nilai NRR yang terdapat dalam *earmuff* dan *earplug*, Perhitungan keefektifan ini dihitung berdasarkan rumus berikut ini :

Misal nilai NRR *earplug* = 25 dB maka :

$$\begin{aligned} & \frac{(NRR-7)}{2} \\ & \frac{(25-7)}{2} \\ & = 9 \end{aligned}$$

Jika kebisingan di lingkungan 95 dB maka = 95-9 = 86 dB

Jika penggunaan *earplug* dan *earmuff* sekaligus maka rumus akan menjadi ;

$$\frac{(NRR*-7)}{2}+5$$

***NRR = NRR yang lebih besar**

Seorang industrial hygienist harus menganalisis berbagai tindakan perbaikan yang mungkin dilakukan. Tindakan pengendalian ini harus efektif, efisien namun tetap ALARP.

- **Getaran**

Getaran banyak kita temui di sekitar kita. Penggunaan alat pemotong rumput, penggunaan bajay, penggunaan alat berat di

tambang, penggunaan gergaji mesin, penggunaan jackhammer, penggunaan alat chipping, traktor dll. Paparan getaran dalam waktu panjang dapat menyebabkan dampak kesehatan pada pekerja.

- **Bahaya-bahaya akibat getaran**

Getaran ditransmisikan ke dalam tubuh pekerja pada prinsipnya di bagi menjadi 3 jenis antara lain :

- Getaran ditransmisikan secara bersamaan ke seluruh atau sebagian tubuh. Dalam kasus ini adalah ketika ada suara dengan intensitas yang tinggi di udara yang memicu getaran tubuh.
- Getaran ditransmisikan ke dalam tubuh secara keseluruhan melalui permukaan pendukung. Misalnya di kendaraan, platform bor atau disekitar mesin yang bekerja. Getaran dapat disalurkan dari tangan, kaki, atau permukaan tubuh ketika berbaring.
- Getaran yang memajan anggota tubuh tertentu seperti kepala, tangan. Contoh saat memegang peralatan yang bertenaga.

Di tempat kerja paparan getaran dibagi menjadi dua bagian yaitu :

- *Whole body vibration*

Getaran seluruh tubuh atau whole body vibration memiliki kisaran getaran antara 1-80 Hz. Tubuh manusia pada prinsipnya sensitif terhadap getaran vertikal pada rentang 4-10 Hz. Penelitian dari kroemer dan Grandjean (1997) menunjukkan bahwa getaran antara 2,5 dan 5 Hz menghasilkan resonansi yang kuat di tulang belakang, leher dan wilayah lumbar. Getaran antara 4-6 Hz menyebabkan resonansi di bagian bahu dan leher dan getaran antara 20 dan 30 Hz menyebabkan resonansi antara kepala dan bahu orang yang duduk. Efek kesehatan lainnya pada paparan getaran dalam rentang 0,2-0,7 Hz adalah terjadinya motion sickness, pada getaran 0,3 Hz terjadi kerusakan pada sistem vestibular telinga yang disebabkan oleh gangguan sistem keseimbangan pada telinga bagian dalam. getaran sebesar 10-30 Hz dapat menyebabkan gangguan penglihatan pada sopir kendaraan berat, bajay dll.

Kerusakan pada tulang dan sendi pada frekuensi dibawah 40 Hz terutama tulang belakang bawah misalnya di lumbago iskemik dapat menyebabkan :

- Masalah dalam sistem pencernaan
- Tekanan darah tidak stabil yang dapat menyebabkan serangan jantung
- Gangguan menstruasi, peradangan internal dan persalin upnormal pada paparan getaran 40-45 Hz
- Peningkatan denyut jantungjanin pada saat getaran (120 Hz)

- Kelelahan, kehilangan nafsu makan, iritabilitas, sakit kepala
- Kehilangan konsentrasi yang menyebabkan kecelakaan
- *Hand arm vibration*
Getaran yang memajan tangan hingga lengan pekerja yang bekerja dengan peralatan yang memiliki getaran 40-300 Hz. Contoh pekerjaan yang memajan tangan hingga lengan pekerja adalah penggunaan alat-alat listrik seperti gergaji listrik, jack hammer dll. Getaran ini dalam waktu yang panjang dapat menyebabkan :
 - Sindrome raynaud atau sindrome jari putih atau sindrome jari mati
 - Degenerasi saraf dan pembuluh darah yang menyebabkan hilangnya indra peraba dan panas dan hilangnya kekuatan cengkeraman
 - Nyeri dan sensasi dingin diantara serangan jari-jari putih
 - Atrofi otot, tenosynovitis
 - Kerusakan pada sendi dan otot di pergelangan tangan dan atau siku
 - Metakarpal sindrom
 - Kista tulang di jari dan pergelangan tangan

- **Tindakan Pengendalian getaran**

Tindakan pengendalian untuk paparan getaran harus dilakukan secara menyeluruh dalam pemilihan alat, praktik kerja yang baik dan program pendidikan, serta pengawasan medis. Bentuk-bentuk pengendalian tersebut antara lain :

- Isolasi getaran melalui penggunaan peredam
- Memasang peredam getaran pada kursi kemudi
- Memastikan bahwa kursi kemudi di inspeksi rutin untuk memastikan kursi tersebut masih bekerja dengan efektif
- Memastikan bahwa jalan tidak rusak
- Menggunakan sepatu khusus yang dapat menahan getaran
- Membatasi waktu paparan getaran
- Pemasangan isolasi getaran
- Mengisolasi getaran dan meletakkan peralatan serendah mungkin dengan tanah
- Menggunakan sarung tangan penahan getaran

- **Radiasi Pengion**

Radiasi pengion merupakan bentuk dari energi. Energi tersebut ada yang terlihat dan bisa dirasakan dan ada yang tidak terlihat dan tidak dapat dirasakan. Cahaya merupakan bentuk energi yang terlihat, inframerah merupakan radiasi yang dapat kita rasakan panasnya bila terkena kulit dan bentuk gelombang elektromagnetik di televisi merupakan bentuk radiasi energi yang tak terlihat.

Pada dasarnya semua materi terdiri dari atom yang memiliki dua bagian yaitu bagian yang keras yang terdiri dari inti atom atau

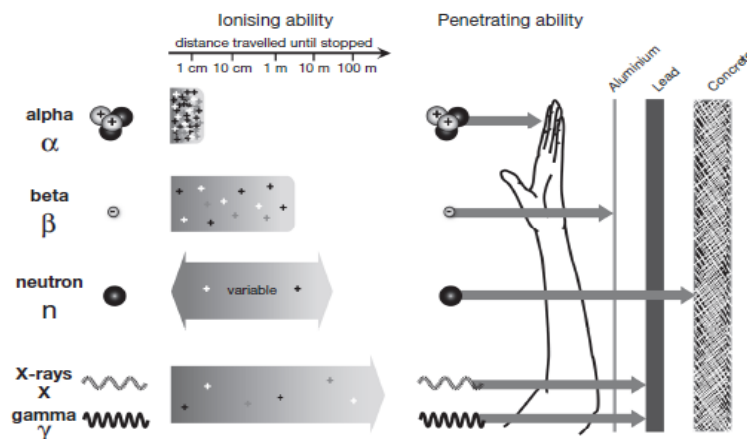
nukleus yang dikelilingi oleh ion positif (proton) dan ion netral atau (neutron) dan bagian yang lebih lunak yang terdiri dari ion negatif (elektron). Dalam proses ionisasi proses transfer energi yang menyebabkan terjadi ketidakseimbangan pada atom. Jika atom netral kehilangan salah satu elektronnya, maka atom tersebut cenderung menjadi atom positif kemudian elektron yang terlepas akan menjadi elektron bebas yang akan menempel di atom lain yang kemudian menjadi atom negatif.

Radiasi nuklir merupakan bentuk energi radiasi yang memiliki inti atom radioaktif. Energi radioaktif dapat terjadi secara alamiah dan dapat dibuat dalam reaktor nuklir dengan menambahkan neutron pada inti atom. Penambahan neutron ini mengakibatkan energi radioaktif menjadi tidak stabil. Material radioaktif ini dapat dengan mudah terserap dan ditransferkan ke dalam tubuh.

- **Bahaya-bahaya akibat radiasi pengion**

Bentuk dari energi radiasi pengion yang paling banyak ditemukan adalah alfa, beta dan gamma. Partikel alfa merupakan partikel yang terdiri dari dua proton dan neutron (inti helium). Partikel alfa merupakan partikel yang berat, lambat bergerak dan mudah berinteraksi dengan partikel yang ditemuinya, biasanya partikel alfa hanya bergerak beberapa sentimeter saja di udara kemudian energi mereka berkurang dan berinteraksi dengan atom target dan memperoleh dua elektron untuk membentuk inti helium yang stabil.

Partikel beta merupakan partikel yang bergerak lebih cepat dari partikel alfa dan lebih lambat berinteraksi dibandingkan dengan partikel alfa. Partikel beta akan menempuh jarak hingga 3 meter di udara hingga melepaskan semua energinya dan menangkap elektron bebas untuk mencapai kestabilan. Partikel sinar gamma merupakan partikel yang paling ringan diantara partikel yang lain. Partikel gamma dapat mempuh jarak yang jauh sebelum energi mereka dilepaskan untuk berinteraksi dengan atom target. Partikel gamma memiliki kemampuan menembus permukaan benda atau tubuh lebih tinggi dari partikel yang lain.



Dampak radiasi dapat memajan individu dan genetiknya. Paparan terhadap individu dapat meningkatkan risiko kanker, dermatitis, penyakit pada paru-paru dan katarak. Sedangkan paparan radiasi juga dapat menyebabkan kerusakan genetik dan gen yang diturunkan.

- **Mode paparan radiasi pengion**

Pada dasarnya semua manusia akan terpapar radiasi pengion ari alam. Matahari, tanah dan tumbuhan tertentu dialam mengandung radiasi pengion tertentu. Radiosotop alami yang berada di alam antara lain potassium-40 (gamma emitter), uranium-238 (alpha emitter) dan thorium-232 (alpha emmitter). Selain radiosotop alami yang ditemukan di air, tanah dan tumbuhan, aktifitas pertambangan juga menjadi sumber radiosotop lain seperti uranium-238, radium-226 dan radon-222.

Selain sumber-sumber radiasi alami, radasi juga dapat terjadi akibat kecelakaan reaktor nuklir seperti chernobyl di Ukraina. Dalam dunia medis paparan radiasi pengion terjadi ketika melakukan rotgen menggunakan sinar X, menyuntikan atau memberikan secara oral radiosotop technicium-99m (gamma emitor) untuk scan otak, yodium-131 (emitor gamma) untuk pindai tiroid dan cobalt-60 untuk mengobati kanker.

Paparan atau pajanan terhadap radiasi pengion pada manusia dapat diukur melalui film badges, thermoluminescence detectors, pocket dosimeter, electronic alarm dosimeter, ionization chamber dan geiger-mueller counters.

- **Tindakan Pengendalian radiasi pengion**

Tindakan pengendalian untuk radiasi pengion dapat dilakukan melalui :

- Mendefinisikan tingkat toksisitas dari radiosotop yang digunakan. Tabel dibawah ini menunjukkan tingkat toksisitas pada radioisotop, informasi ini dapat membantu untuk mengklasifikasikan bahaya yang dihadapi oleh manusia.

Table 10-F. Classification of Isotopes According to Relative Radiotoxicity per Unit Activity

The isotopes in each class are listed in order of increasing atomic number	
CLASS 1 (very high toxicity)	Sr-90 + Y-90, *Pb-210 + Bi-210 (RaD + E), Po-210, At-211, Ra-226 + percent * daughter products, Ac-227, *U-233, Pu-239, *Am-241, Cm-242
CLASS 2 (high toxicity)	Ca-45, *Fe-59, Sr-89, Y-91, Ru-106 + *Rh-106, *I-131, Ba-140 + La-140, Ce-144 + *Pr-144, Sm-151, *Eu-154; *Tm-170, Th-234 + *Pa-234, natural uranium
CLASS 3 (moderate toxicity)	*Na-22, *Na-24, P-32, S-35, Cl-36, *K-42, *Sc-46, Sc-47, *Sc-48, *V-48, *Mn-52, *Mn-54, *Mn-56, Fe-55, *Co-58, *Co-60, Ni-59, *Cu-64, *Zn-65, *Ga 72, *As-74, *As-76, *Br-82, *Rb-86, *Zr-95 - *Nb-95, *Mo-99, Tc-98, *Rh 105, Pd-103 - Rh-103, *Ag-105, Ag-11, Cd-109, *Ag-109, *Sn-113, *Te-127, *Te-129, *I-132, Cs-137, *Ba-137, *La-140, Pr-143, Pm-147, *Ho-166, *Lu-177, *Ta-182, *W-181, *Re-183, *Ir-190, *Ir-192, Pt-191, *Pt-193, *Au-198, *Au-199, Tl-200, Tl-202, Tl-204, *Pb-203
CLASS 4 (Slight toxicity)	H-3, *Be-7, C-14, F-18, *Cr-51, Ge-71, *Tl-201

Note: The isotopes in each class are listed in order of increasing atomic number.

*Gamma-emitters.

(Reprinted from Safe Handling of Radionuclides, Safety Series No 1, International Atomic Energy Agency, Vienna.)

- Membuat penghalang dengan sumber radiasi
Paparan sumber radiasi dapat dicegah dengan menggunakan perangkat perisai dan dirancang oeh orang

yang berpengalaman. Selain perisai penggunaan alarm, pengendalian akses yang ketat dan pemantauan menyeluruh juga harus dilakukan.

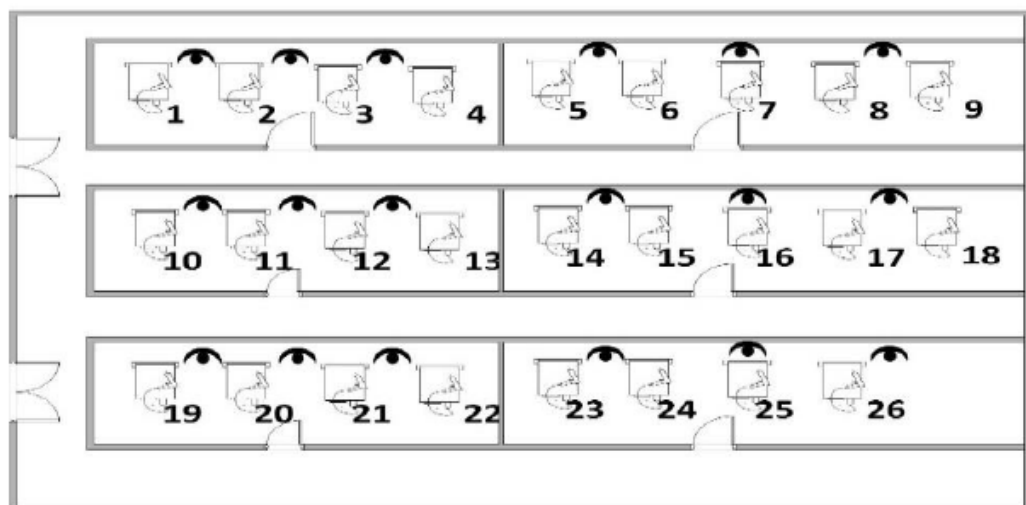
- o Mesin pembuat radiasi
Contoh mesin penghasil radiasi yang paling sering digunakan adalah mesin sinar X. Pengontrolan jarak jauh dan personil merupakan personil khusus yang terlatih.

- Contoh studi kasus

Studi kasus yang penulis ambil kali ini adalah dari jurnal karya wiwik budiawan, Ema Amalia Ulfa dan pratiwi Andarani dengan judul “Analisis Hubungan Kebisingan Mesin dengan Stres kerja, pada Kasus Mesin Two for One Twister (TFO) PT. XYZ”. Jurnal ini meneliti mengenai kaitan antara terjadinya paparan kebisingan dan terjadinya stress kerja pada perusahaan XYZ. Perusahaan ini bergerak dalam industri pemintalan benang yang berlokasi di daerah pekalongan. Pabrik ini sendiri terdiri dari Spinning 1, Spinning 2, dan Spinning 3. Mesin Two For One Twister (TFO) memproses benang Twisted. Sebanyak 26 Mesin TFO dengan operator sebanyak 18 orang yang terdapat di Spinning 1 yang menghasilkan kebisingan di atas nilai ambang batas dan terjadi secara terus menerus selama 8 jam kerja. Kebisingan ini memajan pekerja dan berpotensi untuk mengakibatkan dampak berupa gangguan fisiologis , psikologis, dan gangguan patologis organis. Contoh gangguan psikologis yang diakibatkan oleh gangguan kebisingan adalah stress kerja.

Metode penelitian pada jurnal ini adalah kroseksional dengan melakukan pengukuran lngkungan menggunakan sound level meter untuk pengukuran kebisingan di lingkungan dan pengukuran stress kerja pada karyawan dengan menggunakan kuesioner.

LAYOUT MESIN TWO FOR ONE TWISTER (TFO)



Gambar 1. Layout Mesin TFO dan titik pengukuran kebisingan

Pengukuran kebisingan lingkungan menggunakan sound level meter di 26 titik sesuai layout dan dimasing-masing mesin diukur hingga 30 kali. Dari titik pengukuran tersebut kemudian dibuat rata-rata setiap ruangan dan diperoleh data hasil hasil pengukuran kebisingan dan hasil pengukuran stress kerja. Hasil pengukuran ini kemudian dilakukan uji kecukupan dan keseragaman data dengan uji kecukupan data sebagai berikut :

$$N' = \left[\frac{k}{z} \sqrt{N \sum_{i=1}^N x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^N x_i \right)^2} \right]$$

Jika $N > N'$, maka data cukup

Uji keseragaman data

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

$$BKA = \bar{x} + (k * SD)$$

$$BKB = \bar{x} - (k * SD)$$

Dimana N' = jumlah pengamatan yang seharusnya dilakukan, K = tingkat kepercayaan dalam pengamatan ($K = 2$, $1-\alpha = 95\%$); S = derajat ketelitian pengamatan (5%); N = jumlah pengamatan yang sudah dilakukan; x_i = data pengamatan; \bar{x} = nilai rata-rata; standar deviasi; BKA = batas atas; BKB = batas bawah. Untuk mengetahui hubungan antara kebisingan dan stress kerja maka dilakukan uji korelasi spearman dnegan menggunakan software SPSS 16. Uji korelasi spearman ini digunkana karena uji ini digunakan untek mengetahui hubungan antara 2 variabel perubah. Dalam kasus ini kebisingan dengan stress kerja sehingga menggunakan korelasi dan data $n < 30$ dengan hipotesis sebagai berikut :

1. $H_0 = 0$
2. $H_1 = > 0$
3. Daerah kritis : Sig (2-tailed) < 0.05

Dengan menggunakan uji korelasi spearman besarnya korelasinya diketahui dari koefisien korelasi. Jika koefisien korelasi mendekati 1. Hubungan antara 2 variabel peubah kuat. Selain itu significant 2-tailed (dwi sisi)(p-value) < 0.05 menunjukkan adanya hubungan antara 2 variabel peubah kuat.

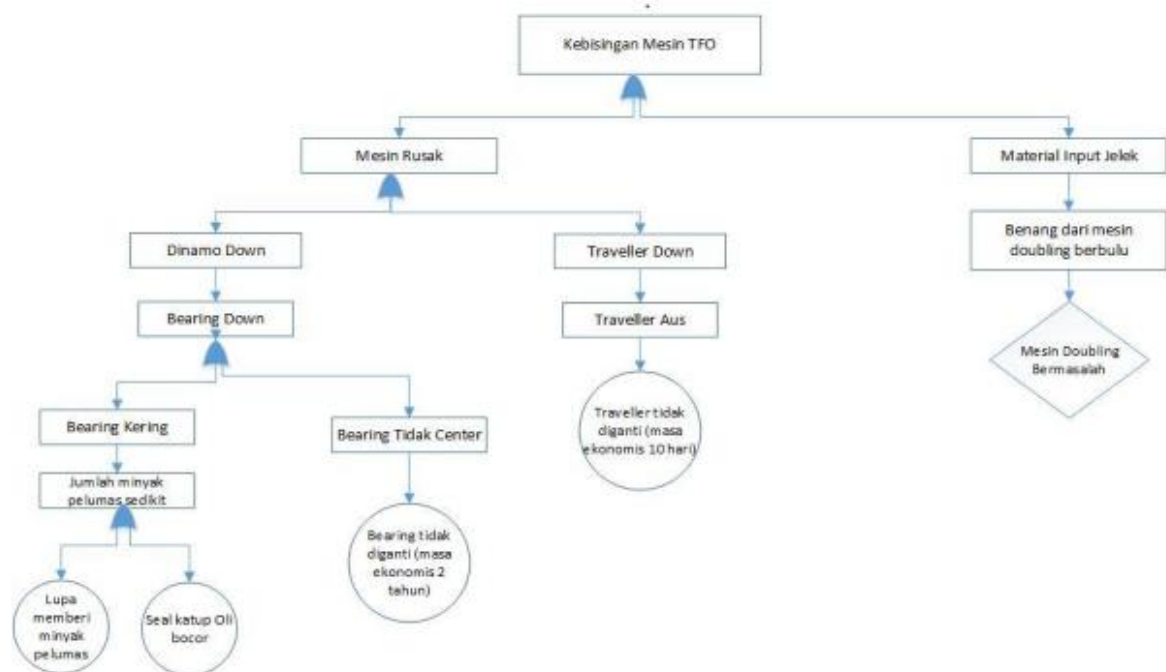
Hasil dari penelitian pada jurnal ini didapatkan bahwa hasil kebisingan yang diperoleh dari 26 mesin dan data hasil kuesioner stress kerja operator mesin TFO dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 1. Hasil Pengukuran

No	Rata-rata Kebisingan Mesin TFO	Rata –rata Stres Kerja
1	99,65	62,00
2	100,65	60,33
3	101,49	69,67
4	101,84	67,67
5	102,50	78,33
6	103,22	74,33

Setelah hasil pengukuran dan kuesioner diperoleh dan dilakukan pengujian keseragaman data didapatkan hasil $N' = 24,17$ sehingga jumlah data yang diambil cukup ($N > 24,17$). Berdasarkan uji keseragaman data diperoleh standar deviasi (SD) 1,25 dan BKA 101,66 sehingga $BKA = 104,15$ dan $BKB = 99,17$. Dengan demikian seluruh data yang diambil telah seragam karena berada dalam range antara 99,17 sampai 104,15. Berdasarkan uji korelasi spearman dengan menggunakan software SPSS 16 diperoleh hasil tingkat kebisingan mesin TFO dengan stress kerja operator mesin TFO memiliki hubungan yang kuat dengan correlation coefficient mendekati 1 yaitu 0,829 dan significant 2-tailed (dwi sisi) ($p\text{-value} < 0,05$ yaitu 0,042).

Dari hasil penelitian tersebut didapatkan data bahwa ada hubungan yang kuat antara kebisingan dan kejadian stress kerja. Stress kerja dapat menyebabkan berbagai dampak, mulai dari paling ringan yaitu penurunan konsentrasi kerja, penurunan produktivitas kerja hingga terjadi kecelakaan kerja di perusahaan. dalam journal ini juga dibahas mengenai tindakan pengendalian kebisingan melalui *fault tree analysis*.



E. Daftar Pustaka

Barbara Plog, Fundamental of Industrial Hygiene, 5th Edition, National Safety Council

Cherilyn Tillman. 2007. Principles of Occupational Health & Hygiene.

Soeripto. 2008. Higiene Industri. Jakarta : UI Press

O. ALLI, Benjamin. 2008. *Fundamental Principles of Occupational Health and Safety*. 2nd Edition. ILO Office

Hughes, Phil, Ferret, Ed. 2009. *Introduction to Health and Safety at Work*. NEBOSH

Kurniawidjaja, L. Meily. (2012). Teori dan Aplikasi Kesehatan Kerja. Jakarta : UI press

Wiwik Budiawan, Ema Amalia Ulfa, pertiwi Andarani. 2016. Analisis Hubungan kebisingan Mesin dengan Stress Kerja (studi kasus : Mesin TWO FOR ONE TWISTES (TFO) PT. XYZ). <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/presipitasi/article/viewFile/11102/8726> (diunduh 08 Oktober 2018)