

# K3

## TEKNIK MESIN

**Dr. I.P. TAMBA, M.Kes**



# **KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA TEKNIK MESIN**

**Penulis:**

**Dr. I. P. Tamba, S.Pd., ST., M.Kes**



**. - M A N A D O - .**

**Anggota IKAPI**

**Dr. I. P. Tamba, S.Pd., ST., M.Kes**

Keselamatan dan kesehatan kerja teknik mesin

Manado, Penerbit Major, 2021

110 hlm; 15 x 21 cm

**ISBN: 978-623-95672-4-8**

**Editor** : Dr. Hendro Maxwell Sumual, M.Eng  
Jemmy Kewas, MT

**Desain Sampul dan Tata Letak** : Dereyez Printing

**PENERBIT** : **MAJOR**

• Redaksi:

**PENERBIT MAJOR**

Jl. A. Mononutu – Paslaten, Kec. Kauditan

Kab. Minahasa Utara – Sulawesi Utara, Kode Pos: 95372

HP/WA: 0853-4211-7958

Email: penerbit.major@yahoo.com

• Terbit : November 2021

**Perpustakaan Nasional: Katalog Dalam Terbitan (KDT)**

Hak Cipta pada Penulis/Pengarang

Hak Penerbitan pada CV. MAJOR, Minahasa Utara (PENERBIT MAJOR)

Dicetak Oleh DEREYEZ PRINTING

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh isi buku ini dengan cara apapun, termasuk dengan cara penggunaan mesin fotokopi, tanpa izin sah dari penerbit. (Undang-Undang Hak Cipta Nomor 19 Tahun 2002 dan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2017 Tentang Sistem Perbukuan)

# **BAB I**

## **SEPUTAR MENGENAI K3**

### **Pendahuluan**

Pada bab ini, mahasiswa akan mempelajari apa sebenarnya K3 terutama yang terkait khusus dengan bidang teknik mesin. Pengertian tentang K3 yang dimiliki oleh mahasiswa akan membawa pemikiran bahwa K3 sangat penting sekali pada dunia kerja. Olehnya materi mengapa K3 penting menjadi dasar pemikiran bagi mahasiswa yang mempelajari K3.

Dan setelah mempelajari bagian ini, diharapkan mahasiswa dapat :

1. Mengetahui K3
2. Mengetahui pentingnya K3
3. Mengetahui konsep 2E + I K3
4. Mengetahui budaya unggul K3

### **A. Apakah K3 Bidang Teknik Mesin**

K3 adalah sesuatu singkatan, dan singkatan ini ada dua versi yang mengartikannya versi pertama mengartikan K3 itu Keselamatan dan Kesehatan Kerja, dan versi yang kedua mengartikan Kesehatan dan Keselamatan Kerja. Olehnya ada lembaga yang menggunakan versi pertama dan ada juga lembaga yang menggunakan versi yang kedua. Kefanatikan lembaga menggunakan pilihannya dikarenakan adanya prinsip dasar, yaitu ada yang menyatakan **seseorang sehat dulu baru selamat**, dan ada yang menyatakan **seseorang selamat dulu baru sehat**. Biarlah perdebatan kedua versi tentang K3, yang terpenting diantara keduanya adalah sama yaitu membicarakan tentang keselamatan dan kesehatan bagi seseorang ketika sedang melakukan pekerjaan, dimanapun berada (didarat, dilaut, diudara dan dibawa tanah). K3 yang dibahas pada tulisan ini adalah Keselamatan dan Kesehatan Kerja yang fokusnya pada bidang teknik mesin.

Jika kita melihat tentang keilmuan K3 sangat luas, tergantung fokusnya kemana. Ada K3 yang fokusnya ke bidang bangunan, ada K3 yang fokusnya tentang keselamatan transportasi, ada K3 yang fokusnya ke bidang kebakaran, dan ada K3 yang fokusnya ke bidang kelautan, dan lain sebagainya. Dan fokus pembahasan pada buku ini difokuskan pada

K3 pada bidang teknik mesin. Jika diamati K3 itu, terbagi menjadi 2 pengertian, yaitu:

1. Secara Filosofis

Suatu pemikiran atau upaya untuk menjamin keutuhan dan kesempurnaan baik jasmani maupun rohani, tenaga kerja pada khususnya dan masyarakat pada umumnya terhadap hasil karya dan budayanya menuju masyarakat adil dan makmur.

2. Secara Keilmuan

Ilmu pengetahuan dan penerapannya dalam usaha mencegah kemungkinan terjadinya kecelakaan dan penyakit akibat kerja.

## **B. Mengapa K3 Penting**

Keinginan untuk terpenuhi semua kebutuhan telah menjadi sifat dasar manusia, sehingga mereka selalu berusaha mencari dengan segala cara dan bahkan tidak segan-segan untuk mengeksploitasi alam. Apalagi ketika manusia mampu menciptakan alat dengan teknologi tinggi, maka manusia dapat mengubah lingkungan hidupnya sendiri. Usaha manusia itu memiliki dampak, baik positif maupun negatif. Disatu sisi kualitas hidup manusia dapat ditingkatkan, tetapi disisi lain keseimbangan alam terganggu, sehingga hal itu dapat menimbulkan dampak negatif bagi kehidupan manusia. Dampak negatif itu dapat mengganggu, bahkan mencelakaan kehidupan manusia itu sendiri. Oleh karena itu manusia harus menyadari dan mengelola dampak negatif tersebut agar kehidupannya tidak terganggu. Disinilah penyelia keselamatan dan kesehatan kerja (K3) menjadi bagian yang vital untuk mengelola, mengatasi dan mengendalikan bahaya. Apabila terjadi kegagalan manusia dalam mengendalikan bahaya maka bencana akan datang dan menimbulkan hal-hal yang tidak diinginkan.

Umumnya orang mendapatkan cedera atau bahkan bencana, karena mereka membuat kesalahan atau menyimpang dari ketentuan atau prosedur. Hal inilah yang mendorong para pemilik atau manajemen perusahaan untuk melakukan usaha-usaha pencegahan. Terjadinya kecelakaan biasanya dipicu lebih dari dua perilaku tidak aman (*Unsafe*). Untuk mencegahnya bisa dengan melakukan perbaikan pada salah satu saja dari perilaku tidak aman tersebut. Tiga alasan yang menyebabkan aspek K3 harus diperhatikan, yaitu:

1. Faktor manusiannya

2. Faktor pemenuhan peraturan dan perundang-undangan

### 3. Faktor biaya

Untuk menjalankan program K3 pasti akan memerlukan biaya. Perlu dipahami bahwa biaya yang dikeluarkan dan usaha-usaha yang dilakukan hari ini mungkin tidak memberikan hasil dalam jangka pendek. Baru terlihat setelah diterapkan beberapa tahun kemudian. Hasil ini mungkin tidak diduga mempunyai hubungan dengan tindakan-tindakan pencegahan kecelakaan yang telah dilakukan beberapa tahun sebelumnya dengan baik.

Budaya K3 yang baik baru terbentuk setelah dilakukan usaha-usaha penerapan program K3 dan pencegahan kecelakaan secara konsisten dan bersifat jangka panjang. Jadi kinerja K3 dalam suatu perusahaan bagus dan berkesinambungan, akan didapat keuntungan-keuntungan tambahan berupa kualitas produk yang baik. Biaya-biaya yang ditimbulkan dari terjadinya kerusakan peralatan akan mengancam reputasi perusahaan.

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) tidak boleh dipandang sebagai biaya tetapi K3 adalah investasi. Menerapkan K3 dengan baik bisa mengurangi biaya, claim cedera yang rendah, premi asuransi yang turun, dan mencegah timbulnya kerugian yang besar serta keuntungan-keuntungan lainnya. Penerapan aspek K3 tidak hanya berdampak kepada bisnis tetapi juga:

- Memberikan sumbangan kepada faktor kemanusiaan karena menghindarkan hilangnya nyawa manusia. Moral pekerja akan menjadi tinggi dan terjaga.
- Membuat para pekerja bekerja lebih produktif dan kebersihan ditempat kerja yang menjadi baik (*Good House Keeping*).
- Menimbulkan suasana kekeluargaan ditempat kerja karena para pekerja saling memperhatikan kondisi dan cara kerja aman semua anggota dalam timnya. Pada gilirannya akan meningkatkan kerja sama dalam tim. Pada perusahaan yang sudah mencapai *Safety Health Excelent*, setiap orang dipandang sangat berharga dan mereka saling belajar satu sama lainnya.
- Membahagiakan keluarga dirumah dan menciptakan komunikasi yang kuat satu sama lainnya.

K3 merupakan kendaraan untuk melakukan sesuatu secara benar pada waktu yang tepat. Dapat disimpulkan bahwa pencegahan kecelakaan merupakan sesuatu yang mutlak harus dilakukan.

### **C. Bagaimana Program K3 Bisa Gagal**

Pertanyaan bagaimana program K3 bisa gagal seringkali dipertanyakan oleh setiap orang. Para praktisi K3 merasa bahwa upaya-upaya pencegahan kecelakaan kerja diperusahaannya sudah maksimal, tetapi mengapa masih sering terjadi insiden?

Program K3 yang baik biasanya berisi pengembangan sikap, dan moral terhadap K3 dan pemberian pelatihan K3. Namun sering ditemui para penyelia K3 hanya mengandalkan moto-moto, kontes K3 dan pemberian penghargaan, dan tentu saja upaya ini belum mencukupi.

Para praktisi belum mempunyai pemahaman yang mendalam bagaimana cara menerapkan program K3 yang diintegrasikan dalam aktivitas operasional perusahaan, sehingga dirasakan programnya bisa berjalan dengan baik dan efektif dilapangan.

Bila tidak ada usaha nyata dan efektif yang dilakukan untuk memperbaiki kondisi kerja, dan tidak ada pelaksanaan pelatihan yang bersifat aplikatif, maka terjadilah kecelakaan kerja tingga menunggu waktu saja

### **D. Konsep 2E + I K3 Untuk Pencegahan Kecelakaan**

Pada dasarnya tindakan pencegahan kecelakaan adalah menggunakan konsep 2E+I K3, yaitu E (*Engineering*), E (*Education*), dan I (*Implementation*). Yang masuk dalam lingkup enjinerig adalah mencari substitusi material berbahaya, pengurangan penyimpanan material berbahaya, memodifikasi proses, menggunakan sistim peringatan. Lingkup edukasi adalah melatih pekerja terkait tentang prosedur dan praktik kerja aman, mengajarkan cara pengerjaan suatu pekerjaan secara benar dan penggunaan produk secara aman, serta aktivitas edukasi lainnya. Implementasi adalah upaya pencapaian pemenuhan peraturan dan perundang-undangan yang berlaku.

Ketiga aspek tersebut harus dijalankan secara pararel agar kinerja aspek K3 dilapangan bisa berjalan. Dan bila dilakukan dengan cara yang benar maka kinerja K3 akan meningkat.

### **E. Budaya K3 Unggul**

Budaya K3 unggul fokusnya pada akar penyebabnya dari kecelakaan, perilaku manusia dan cara melakukan pekerjaan. Fakta

menunjukkan, bahwa kira-kira 90% dari semua kecelakaan ditempat kerja disebabkan oleh perilaku manusia (Somad Ismed, 2013) dan bukan karena kerusakan peralatan atau prosedur yang tidak memadai. Pendapat penyebab kecelakaan sangat bervariasi pada setiap pengamatan, akan tetapi yang menyumbang paling besar pada kecelakaan disebabkan karena perilaku manusianya (*Unsafe action*).

Ada beberapa ciri-ciri penting dari budaya K3 Unggul, yaitu:

1. Manajer dan pekerja proaktif mengangkat standar K3. Ide-ide peningkatan K3 datang sendiri tanpa diminta. Pemimpin memberlakukan K3 sebagai nilai dan pertimbangan semua keputusan bisnis. Menciptakan lingkungan yang memotivasi untuk memenuhi aturan K3
2. K3 menjadi nilai-nilai yang berhubungan dengan setiap aktivitas tugas yang dikerjakan, jadi tidak hanya sekedar prioritas. Pekerja sudah merasa bisa menghentikan sendiri pekerjaan yang tidak aman tanpa takut dipersalahkan.
3. Setiap pekerja secara rutin memperlihatkan kepedulian secara aktif satu sama lain
4. Kepedulian secara aktif untuk mengamati yang lain dalam cara yang aktif, yang masing-masing akan memberikan keuntungan bagi yang lain.
5. Masing-masing individu ingin dan dapat memberlakukan bahwa K3 diatas segalanya bagi teman-teman kerjanya. Masing-masing pekerja merealisasikan tanggung jawab untuk mendiskusikan, menyampaikan kepada rekan kerja atau bawahannya bila melihat suatu resiko.
6. Semua produk K3 diukur dan dihubungkan dengan kinerja bisnis, misalnya jumlah yang berlebihan dari klaim asuransi.
7. Upaya-upaya proaktif dan inovatif berkelanjutan dibuat untuk mencegah terjadinya kecelakaan dan peningkatan K3 setiap hari
8. Mempunyai KPI (Key Performance Indicator) dengan program yang terukur dan dievaluasi secara konsisten. Kinerja K3 merupakan indikator *good business performance*. Mereka mengatur standar yang sangat tinggi melebihi pemenuhan standar minimum.
9. Aspek K3 menjadi kegiatan yang menyatu dan tanggung jawab masing-masing pekerja disetiap tingkat jabatan. Hal ini tercermin dalam setiap uraian kerja, program kerja seluruh fungsi dan dilakukan penilaian tahunan secara individu.
10. Tenaga kerja mengerti apa yang diharapkan manajer, dan sebaliknya manajer selalu membuat pesan K3.



Budaya K3 unggul dengan ciri yang disampaikan diatas bisa terwujud jika proses pengelolahan K3 dilakukan dengan cara efektif dan ampuh, dan perlu dipahami dengan baik oleh para profesional K3

## **Rangkuman**

1. Keselamatan dan Kesehatan Kerja yang disingkat dengan K3 adalah suatu ilmu yang diterapkan disuatu tempat kerja agar terhindar dari kecelakaan kerja. Sebagai ilmu, K3 mempunyai aspek yang sangat luas, dan bisa diterapkan disegala bidang, seperti kelautan, penerbangan, industri, perusahaan, dan lain sebagainya.
2. Sebagai sebuah ilmu yang diterapkan ditempat kerja, maka setiap program K3 diharapakan tidak pernah gagal. Jika terjadi kegagalan maka setiap orang yang ada ditempat kerja (pegawai, pekerja, petinggi, dll) akan mendapatkan resiko. Olehnya program yang sudah diatur harus dilaksanakan dengan baik dan benar.
3. K3 sebagai program diindustri atau diseluruh tempat kerja bukan hanya slogan saja, melainkan adanya suatu perubahan prilaku pekerja yang dengan tulus dan setia menjalankan program-program K3 agar selamat. Dengan keseringan menjalankan program K3 dengan tidak dipaksakan itulah budaya yang diharpkan disetiap industri. Budaya ini yang disebut dengan budaya unggul K3.

## **Tes Formatif**

1. Apa yang dimaksud dengan K3
2. Jelaskan, mengapa K3 tidak boleh gagal diterapkan didunia industri

## **Tindak Lanjut**

Mahasiswa diharapkan dapat mengetahui dan memahami seutar tentang K3 atau tuntas dalam materi bab I untuk keberhasilan dalam proses belajar mengajar, karena materi ini erat hubungannya dengan materi bab II.

## **BAB II**

### **PERUNDANG-UNDANGAN DALAM K3**

#### **Pendahuluan**

Pada bab ini, mahasiswa akan mempelajari bagaimana pola pencegahan kecelakaan kerja terutama yang terkait khusus dengan peraturan. Aturan yang diberlakukan dalam pencegahan kecelakaan yaitu melalui perundang-undangan. Olehnya daam bab ini juga mahasiswa akan mempelajari bagaimana peraturan perudang-undangan yang terkait khusus dengan K3 bisa dijadikan undang-undang.

Dan setelah mempelajari bagian ini, diharapkan mahasiswa dapat :

5. Mengetahui macam-macam cara mencegah kecelakaan
6. Mengetahui sejarah terbitnya undang-undang tentang K3
7. Mengetahui undang-undang yang terkait dengan K3

#### **A. Umum**

Diseluruh dunia ribuan kecelakaan terjadi setiap harinya, khususnya perusahaan industry. Dari kecelakaan yang terjadi tersebut ada yang mengakibatkan kematian, cacat permanen atau mengakibatkan pekerja tidak mampu melakukan pekerjaanya untuk sementara waktu. Setiap kecelakaan tersebut menyebabkan penderitaan bagi korban maupun bagi keluarganya. Apabila kecelakaan itu menyebabkan kematian atau cacat permanen, maka dampaknya pada keluarganya yang mengalami penderitaan berkepanjangan.

Pengetian kecelakaan adalah suatu kejadian yang tidak diduga dari semula dan tidak dikehendaki yang mengganggu suatu proses dari aktivitas yang telah ditentukan dari semula dan dapat mengakibatkan kerugian baik manusia maupun harta benda.

Pengertian Keselamatan dan Kesehatan kerja (K3) adalah segala daya upaya atau pemikiran yang ditujukan untuk menjamin keutuhan dan kesempurnaan baik jasmani maupun rohaniah tenaga kerja pada khususnya dan manusia pada umumnya, hasil karya dan budayanya, untuk meningkatkan kesejahteraan tenaga kerja menuju masyarakat adil dan makmur.

Pengertian norma adalah kaidah-kaidah yang memuat aturan dan berlaku serta ditaati masyarakat baik tertulis maupun tidak. Dengan demikian norma keselamatan dan kesehatan kerja adalah aturan-aturan

yang berkaitan dengan keselamatan dan kesehatan kerja yang ditujukan untuk melindungi tenaga kerja dari risiko kecelakaan dan penyakit akibat kerja.

Kerugian akibat kecelakaan dalam bentuk material dapat berupa uang, kerusakan harta benda maupun kehilangan waktu kerja. Dilihat dari sisi perusahaan, hal tersebut merupakan pemborosan ekonomi perusahaan. Oleh karena itu pencegahan kecelakaan di tempat kerja adalah merupakan tugas yang penting, baik dilihat dari segi ekonomi maupun dari segi kemanusiaan.

Setiap orang pada dasarnya tidak ada yang ingin memperoleh kecelakaan terhadap dirinya maupun segala harta benda yang dimilikinya. Keinginan untuk mendapatkan jaminan keamanan terhadap dirinya, tidak adanya gangguan atau kerusakan terhadap harta benda miliknya merupakan naluri setiap orang dimanapun didunia. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa keselamatan dan kesehatan kerja adalah hal yang universal dan merupakan naluri bagi setiap orang.

Semua kecelakaan kerja, baik langsung maupun tidak langsung dianggap berasal dari kegagalan manusia. Karena manusia bukan mesin, maka tindakan manusia tidak sepenuhnya dapat diramalkan. Manusia dalam melakukan perbuatan kadang-kadang membuat kesalahan-kesalahan. Kesalahan dapat dilakukan pada saat perencanaan pabrik, pengadaan bahan atau alat, pembelian maupun pemasangan suatu mesin atau instalasi, penempatan seseorang dalam jabatan, pemberian instruksi atau penugasan, perawatan maupun pengawasan.

Banyak pemikiran yang dicurahkan untuk menyelidiki sebab-sebab kecelakaan, namun demikian terdapat banyak perbedaan mengenai cara penggolongan kecelakaan disetiap Negara. Tujuan dari penggolongan kecelakaan tersebut adalah untuk menerangkan factor-faktor yang sesungguhnya menjadi penyebab kecelakaan kerja dalam industry dan tempat-tempat kerja lainnya. Namun demikian penggolongan kecelakaan tersebut masih belum dapat menggambarkan keadaan atau peristiwa terjadinya kecelakaan.

Dewasa ini bermacam-macam usaha telah dilakukan untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja di perusahaan-perusahaan industri atau di tempat-tempat kerja. Secara umum pola pencegahan kecelakaan dapat dilakukan melalui:

1. **Peraturan-Peraturan**, yaitu peraturan perundang-undangan yang bertalian dengan syarat-syarat kerja, perencanaan, kontruksi, perawatan, pengawasan, pengujian dan pemakaian peralatan

industry, kewajiban pengusaha dan para pekerja, pelatihan pengawasan keselamatan dan kesehatan kerja, pertolongan pertama pada kecelakaan dan pemeriksaan kesehatan tenaga kerja.

2. **Standarisasi**, yaitu menyusun standar-standar yang bersifat wajib (compulsary) maupun yang bersifat sukarela (voluntary) yang bertalian dengan konstruksi yang aman dari peralatan industri, hasil produksi, pelindung diri, alat pengaman
3. **Pengawasan**, yaitu pengawasan terhadap pelaksanaan peraturan perundang-undangan yang berlaku
4. **Penelitian Teknik**, yaitu meliputi penelitian terhadap benda dan karakteristik bahan-bahan berbahaya, mempelajari pengaman mesin, pengujian alat pelindung diri, penyelidikan tentang desain yang cocok untuk instalasi industri
5. **Penelitian Medis**, yaitu meliputi hal-hal khusus yang berkaitan dengan penyakit akibat kerja dan akibat medis terhadap manusia dari berbagai kecelakaan kerja
6. **Penelitian Psikologis**, yaitu penelitian terhadap pola-pola psikologis yang dapat menjurus kearah kecelakaan kerja
7. **Penelitian Statistik**, yaitu menentukan kecenderungan kecelakaan yang terjadi melalui pengamatan terhadap jumlah, jenis orangnya (korban), jenis kecelakaan, factor penyebab, sehingga dapat ditentukan pola pencegahan kecelakaan yang serupa
8. **Pendidikan**, yaitu pemberian pengajaran dan pendidikan cara pencegahan kecelakaan kerja
9. **Pelatihan** (training), yaitu pemberian intruksi atau petunjuk-petunjuk melalui praktek kepada para pekerja mengenai cara kerja yang aman
10. **Persuasi**, yaitu menanamkan kesadaran akan pentingnya K3 dalam upaya untuk mencegah terjadinya kecelakaan, sehingga semua ketentuan K3 dapat diikuti oleh semua tenaga kerja
11. **Asuransi**, yaitu upaya pemberian insentif dalam bentuk reduksi terhadap premi asuransi kepada perusahaan yang melakukan usaha-usaha K3 atau yang berhasil menurunkan tingkat kecelakaan di perusahaannya

## **B. Undang – Undang No. 1 Tahun 1970**

Untuk mencegah terjadinya kecelakaan akibat kerja salah satu cara adalah melalui peraturan-peraturan atau perundang-undangan. Undang-Undang yang mengatur tentang keselamatan kerja di industri maupun perusahaan adalah UU No.1 Tahun 1970, dimana undang-undang ini mengatur tentang keselamatan kerja di semua tempat, baik didarat, didalam tanah, dipermukaan air, didalam air, maupun di udara yang berada di wilayah kekuasaan hukum Republik Indonesia.

Dasar hukum keluarnya UU No.1 Tahun 1970 bertitik tolak dari UUD 1945 pasal 27 ayat 2, yang menyatakan bahwa: “Setiap warga Negara berhak atas pekerjaan dan penghidupan yang layak bagi kemanusiaan”. Atas dasar pasal tersebut disusunlah UU No.14 Tahun 1969 tentang Pokok-Pokok Mengenai Tenaga Kerja sebagai pelaksanaan dari Pasal 27 ayat 2 UUD 1945.

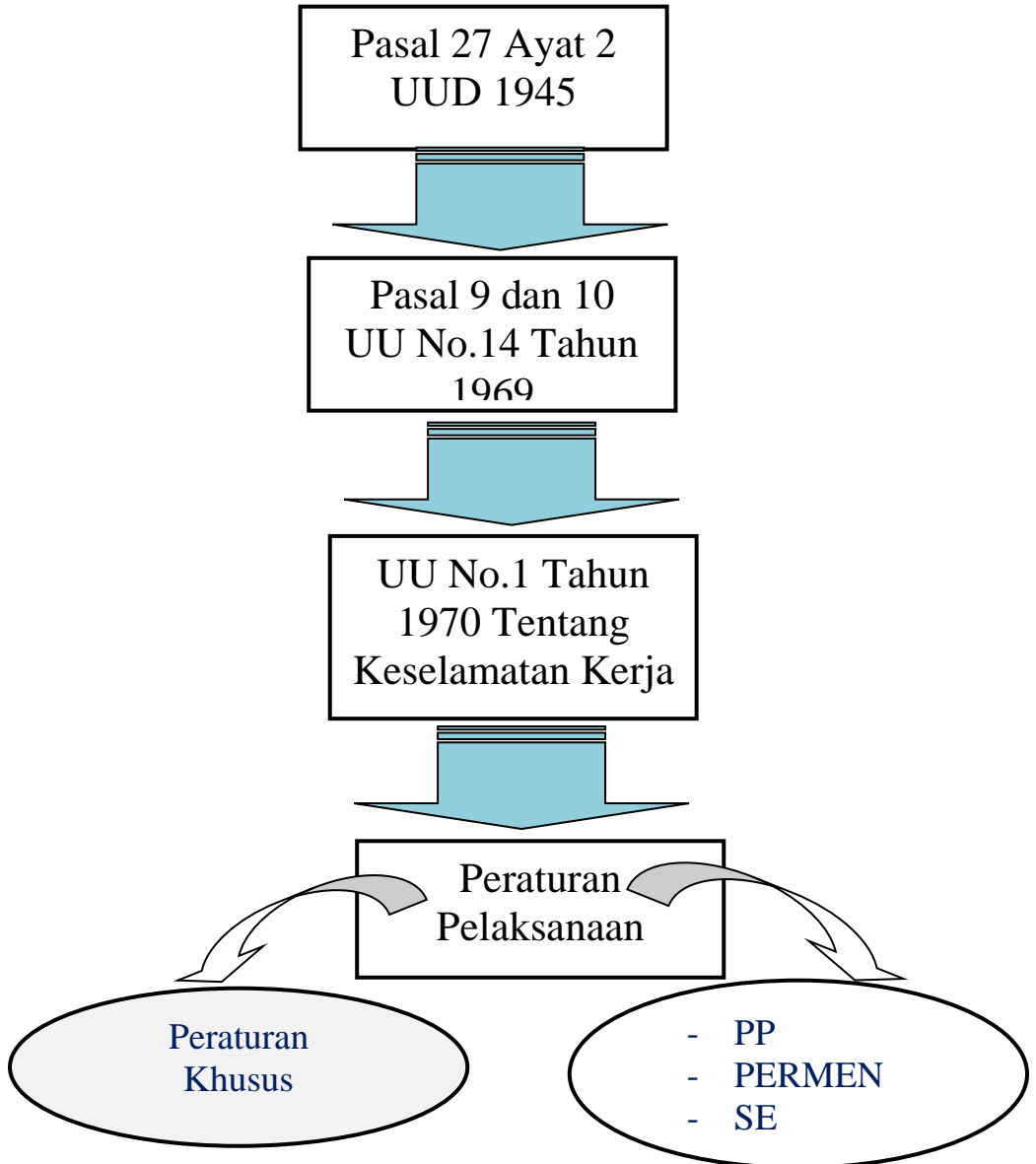
Dalam pasal 9 UU No.14 Tahun 1969 menyatakan”Setiap tenaga kerja berhak mendapat perlindungan atas keselamatan, kesehatan, pemeliharaan moral kerja serta perlakuan sesuai dengan harkat dan martabat manusia dan moral agama. Dan Pasal 10 menyatakan bahwa: “Pemerintah membina perlindungan kerja yang mencakup: a)Norma Keselamatan Kerja, b)Norma Kesehatan Kerja dan Higiene Perusahaan, c)Norma Kerja, d)Pemberian ganti kerugian, perawatan dan rehabilitasi dalam hal kecelakaan kerja.

Atas dasar Pasal 9 dan 10 UU No.14 Tahun 1969 maka dikeluarkan UU No.1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja sebagai pengganti peraturan perundang-undangan dibidang keselamatan kerja yang ada sebelumnya yaitu Veiligheids Reglement, Stbl No.406 Tahun 1910 yang dinilai sudah tidak memadai didalam menghadapi kemajuan dan perkembangan yang ada.

Undang-Undang No. 1 Tahun 1970 walaupun namanya Undang-Undang tentang keselamatan kerja akan tetapi materinya termasuk juga masalah kesehatan kerja, sehingga undang-undang No.1 Tahun 1970 banyak orang menamainya undang-undangnya Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3).

Untuk lebih jelasnya tentang sejarah keluarnya Undang-Undang No.1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja dapat dilihat pada gambaran dibawah ini:

## Dasar Hukum



Uraian tentang Undang-Undang No.1 Tahun 1970 sebagai berikut:

**UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA  
NOMOR 1 TAHUN 1970  
TENTANG  
KESELAMATAN KERJA**

**BAB I  
TENTANG ISTILAH-ISTILAH**

**Pasal 1**

Dalam Undang-undang ini yang dimaksud dengan :

1. "tempat kerja" ialah tiap ruangan atau lapangan, tertutup atau terbuka, bergerak atau tetap dimana tenaga kerja bekerja, atau sering dimasuki tempat kerja untuk keperluan suatu usaha dan dimana terdapat sumber atau sumber-sumber bahaya sebagaimana diperinci dalam pasal 2; termasuk tempat kerja ialah semua ruangan, lapangan, halaman dan sekelilingnya yang merupakan bagian-bagian atau berhubungan dengan tempat kerja tersebut;
2. "pengurus" ialah orang yang mempunyai tugas langsung sesuatu tempat kerja atau bagiannya yang berdiri sendiri;
3. "pengusaha" ialah :
  - a. orang atau badan hukum yang menjalankan sesuatu usaha milik sendiri dan untuk keperluan itu mempergunakan tempat kerja;
  - b. orang atau badan hukum yang secara berdiri sendiri menjalankan sesuatu usaha bukan miliknya dan untuk keperluan itu mempergunakan tempat kerja;
  - c. orang atau badan hukum, yang di Indonesia mewakili orang atau badan hukum termaksud pada (a) dan (b), jikalau yang mewakili berkedudukan di luar Indonesia.
4. "direktur" ialah pejabat yang ditunjuk oleh Menteri Tenaga Kerja untuk melaksanakan Undang-undang ini.

5. "pegawai pengawas" ialah pegawai teknis berkeahlian khusus dari Departemen Tenaga Kerja yang ditunjuk oleh Menteri Tenaga Kerja.
6. "ahli keselamatan kerja" ialah tenaga teknis berkeahlian khusus dari luar Departemen Tenaga Kerja yang ditunjuk oleh Menteri Tenaga Kerja untuk mengawasi ditaatinya Undang-undang ini.

## **BAB II RUANG LINGKUP**

### **Pasal 2**

1. Yang diatur oleh Undang-undang ini ialah keselamatan kerja dalam segala tempat kerja, baik di darat, di dalam tanah, di permukaan air, di dalam air maupun di udara, yang berada di dalam wilayah kekuasaan hukum Republik Indonesia.
2. Ketentuan-ketentuan dalam ayat (1) tersebut berlaku dalam tempat kerja di mana :
  - a. dibuat, dicoba, dipakai atau dipergunakan mesin, pesawat, alat, perkakas, peralatan atau instalasi yang berbahaya atau dapat menimbulkan kecelakaan atau peledakan;
  - b. dibuat, diolah, dipakai, dipergunakan, diperdagangkan, diangkut, atau disimpan atau bahan yang dapat meledak, mudah terbakar, menggigit, beracun, menimbulkan infeksi, bersuhu tinggi;
  - c. dikerjakan pembangunan, perbaikan, perawatan, pembersihan atau pembongkaran rumah, gedung atau bangunan lainnya termasuk bangunan perairan, saluran atau terowongan di bawah tanah dan sebagainya atau dimana dilakukan pekerjaan persiapan.
  - d. dilakukan usaha: pertanian, perkebunan, pembukaan hutan, pengerjaan hutan, pengolahan kayu atau hasil hutan lainnya, peternakan, perikanan dan lapangan kesehatan;
  - e. dilakukan usaha pertambangan dan pengolahan : emas, perak, logam atau bijih logam lainnya, batu-batuan, gas, minyak atau mineral lainnya, baik di permukaan atau di dalam bumi, maupun di dasar perairan;



- f. dilakukan pengangkutan barang, binatang atau manusia, baik di darat, melalui terowongan, dipermukaan air, dalam air maupun di udara;
  - g. dikerjakan bongkar muat barang muatan di kapal, perahu, dermaga, dok, stasiun atau gudang;
  - h. dilakukan penyelamatan, pengambilan benda dan pekerjaan lain di dalam air;
  - i. dilakukan pekerjaan dalam ketinggian diatas permukaan tanah atau perairan;
  - j. dilakukan pekerjaan di bawah tekanan udara atau suhu yang tinggi atau rendah;
  - k. dilakukan pekerjaan yang mengandung bahaya tertimbun tanah, kejatuhan, terkena pelantingan benda, terjatuh atau terperosok, hanyut atau terpelanting;
  - l. dilakukan pekerjaan dalam tangki, sumur atau lobang;
  - m. terdapat atau menyebar suhu, kelembaban, suhu, kotoran, api, asap, uap, gas, hembusan angin, cuaca, sinar atau radiasi, suara atau getaran;
  - n. dilakukan pembuangan atau pemusnahan sampah atau limbah;
  - o. dilakukan pemancaran, penyinaran atau penerimaan radio, radar, televisi, atau telepon;
  - p. dilakukan pendidikan, pembinaan, percobaan, penyelidikan atau riset (penelitian) yang menggunakan alat teknis;
  - q. dibangkitkan, dirobah, dikumpulkan, disimpan, dibagi-bagikan atau disalurkan listrik, gas, minyak atau air;
  - r. diputar film, pertunjukan sandiwara atau diselenggarakan reaksi lainnya yang memakai peralatan, instalasi listrik atau mekanik.
3. Dengan peraturan perundangan dapat ditunjuk sebagai tempat kerja, ruangan-ruangan atau lapangan-lapangan lainnya yang dapat membahayakan keselamatan atau kesehatan yang bekerja atau yang berada di ruangan atau lapangan itu dan dapat dirubah perincian tersebut dalam ayat (2).

## **BAB III**

### **SYARAT-SYARAT KESELAMATAN KERJA**

#### **Pasal 3**

1. Dengan peraturan perundangan ditetapkan syarat-syarat keselamatan kerja untuk :
  - a. mencegah dan mengurangi kecelakaan;
  - b. mencegah, mengurangi dan memadamkan kebakaran;
  - c. mencegah dan mengurangi bahaya peledakan;
  - d. memberi kesempatan atau jalan menyelamatkan diri pada waktu kebakaran atau kejadian-kejadian lain yang berbahaya;
  - e. memberi pertolongan pada kecelakaan;
  - f. memberi alat-alat perlindungan diri pada para pekerja;
  - g. mencegah dan mengendalikan timbul atau menyebar luasnya suhu, kelembaban, debu, kotoran, asap, uap, gas, hembusan angin, cuaca, sinar radiasi, suara dan getaran;
  - h. mencegah dan mengendalikan timbulnya penyakit akibat kerja baik fisik maupun psychis, peracunan, infeksi dan penularan.
  - i. memperoleh penerangan yang cukup dan sesuai;
  - j. menyelenggarakan suhu dan lembab udara yang baik;
  - k. menyelenggarakan penyegaran udara yang cukup;
  - l. memelihara kebersihan, kesehatan dan ketertiban;
  - m. memperoleh keserasian antara tenaga kerja, alat kerja, lingkungan, cara dan proses kerjanya;
  - n. mengamankan dan memperlancar pengangkutan orang, binatang, tanaman atau barang;
  - o. mengamankan dan memelihara segala jenis bangunan;
  - p. mengamankan dan memperlancar pekerjaan bongkar muat, perlakuan dan penyimpanan barang;
  - q. mencegah terkena aliran listrik yang berbahaya;
  - r. menyesuaikan dan menyempurnakan pengamanan pada pekerjaan yang bahaya kecelakaannya menjadi bertambah tinggi.
2. Dengan peraturan perundangan dapat dirubah perincian seperti tersebut dalam ayat (1) sesuai dengan perkembangan ilmu

pengetahuan, teknik dan teknologi serta pendapatan-pendapatan baru di kemudian hari.

#### **Pasal 4**

1. Dengan peraturan perundangan ditetapkan syarat-syarat keselamatan kerja dalam perencanaan, pembuatan, pengangkutan, peredaran, perdagangan, pemasangan, pemakaian, penggunaan, pemeliharaan dan penyimpanan bahan, barang, produk teknis dan aparat produksi yang mengandung dan dapat menimbulkan bahaya kecelakaan.
2. Syarat-syarat tersebut memuat prinsip-prinsip teknis ilmiah menjadi suatu kumpulan ketentuan yang disusun secara teratur, jelas dan praktis yang mencakup bidang konstruksi, bahan, pengolahan dan pembuatan, perlengkapan alat-alat perlindungan, pengujian dan pengesyahan, pengepakan atau pembungkusan, pemberian tanda-tanda pengenal atas bahan, barang, produk teknis dan aparat produk guna menjamin keselamatan barang-barang itu sendiri, keselamatan tenaga kerja yang melakukannya dan keselamatan umum.
3. Dengan peraturan perundangan dapat dirubah perincian seperti tersebut dalam ayat (1) dan (2); dengan peraturan perundangan ditetapkan siapa yang berkewajiban memenuhi dan mentaati syarat-syarat keselamatan tersebut.

### **BAB IV PENGAWASAN**

#### **Pasal 5**

1. Direktur melakukan pelaksanaan umum terhadap Undang-undang ini sedangkan para pegawai pengawas dan ahli keselamatan kerja ditugaskan menjalankan pengawasan langsung terhadap ditaatinya Undang-undang ini dan membantu pelaksanaannya.
2. Wewenang dan kewajiban direktur, pegawai pengawas dan ahli keselamatan kerja dalam melaksanakan Undang-undang ini diatur dengan peraturan perundangan.

## **Pasal 6**

1. Barang siapa tidak dapat menerima keputusan direktur dapat mengajukan permohonan banding kepada Panitia Banding.
2. Tata cara permohonan banding, susunan Panitia Banding, tugas Panitia Banding dan lain-lainnya ditetapkan oleh Menteri Tenaga Kerja.
3. Keputusan Panitia Banding tidak dapat dibanding lagi.

## **Pasal 7**

Untuk pengawasan berdasarkan Undang-undang ini pengusaha harus membayar retribusi menurut ketentuan-ketentuan yang akan diatur dengan peraturan perundangan.

## **Pasal 8**

1. Pengurus diwajibkan memeriksakan kesehatan badan, kondisi mental dan kemampuan fisik dari tenaga kerja yang akan diterimanya maupun akan dipindahkan sesuai dengan sifat-sifat pekerjaan yang diberikan padanya.
2. Pengurus diwajibkan memeriksakan semua tenaga kerja yang berada di bawah pimpinannya, secara berkala pada Dokter yang ditunjuk oleh Pengusaha dan dibenarkan oleh Direktur.
3. Norma-norma mengenai pengujian kesehatan ditetapkan dengan peraturan perundangan.

## **BAB V PEMBINAAN**

### **Pasal 9**

1. Pengurus diwajibkan menunjukkan dan menjelaskan pada tiap tenaga kerja baru tentang :
  - a. Kondisi-kondisi dan bahaya-bahaya serta yang dapat timbul dalam tempat kerja;
  - b. Semua pengamanan dan alat-alat perlindungan yang diharuskan dalam tempat kerja;

- c. Alat-alat perlindungan diri bagi tenaga kerja yang bersangkutan;
  - d. Cara-cara dan sikap yang aman dalam melaksanakan pekerjaannya.
2. Pengurus hanya dapat mempekerjakan tenaga kerja yang bersangkutan setelah ia yakin bahwa tenaga kerja tersebut telah memahami syarat-syarat tersebut di atas.
3. Pengurus diwajibkan menyelenggarakan pembinaan bagi semua tenaga kerja yang berada di bawah pimpinannya, dalam pencegahan kecelakaan dan pemberantasan kebakaran serta peningkatan keselamatan dan kesehatan kerja, pula dalam pemberian pertolongan pertama pada kecelakaan.
4. Pengurus diwajibkan memenuhi dan mentaati semua syarat-syarat dan ketentuan-ketentuan yang berlaku bagi usaha dan tempat kerja yang dijalankan.

## **BAB VI**

### **PANITIA PEMBINA KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA**

#### **Pasal 10**

1. Menteri Tenaga Kerja berwenang membentuk Panitia Pembina Keselamatan Kerja guna memperkembangkan kerja sama, saling pengertian dan partisipasi efektif dari pengusaha atau pengurus dan tenaga kerja dalam tempat-tempat kerja untuk melaksanakan tugas dan kewajiban bersama di bidang keselamatan dan kesehatan kerja, dalam rangka melancarkan usaha berproduksi.
2. Susunan Panitia Pembina dan Keselamatan dan Kesehatan Kerja, tugas dan lain-lainnya ditetapkan oleh Menteri Tenaga Kerja.

## **BAB VII KECELAKAAN**

### **Pasal 11**

1. Pengurus diwajibkan melaporkan tiap kecelakaan yang terjadi dalam tempat kerja yang dipimpinnya, pada pejabat yang ditunjuk oleh Menteri Tenaga Kerja.
2. Tata cara pelaporan dan pemeriksaan kecelakaan oleh pegawai termaksud dalam ayat (1) diatur dengan peraturan perundangan.

## **BAB VIII KEWAJIBAN DAN HAK TENAGA KERJA**

### **Pasal 12**

Dengan peraturan perundangan diatur kewajiban dan atau hak tenaga kerja untuk: a. Memberikan keterangan yang benar bila diminta oleh pegawai pengawas dan atau keselamatan kerja; b. Memakai alat perlindungan diri yang diwajibkan; c. Memenuhi dan mentaati semua syarat-syarat keselamatan dan kesehatan kerja yang diwajibkan; d. Meminta pada Pengurus agar dilaksanakan semua syarat keselamatan dan kesehatan kerja yang diwajibkan; e. Menyatakan keberatan kerja pada pekerjaan dimana syarat kesehatan dan keselamatan kerja serta alat-alat perlindungan diri yang diwajibkan diragukan olehnya kecuali dalam hal-hal khusus ditentukan lain oleh pegawai pengawas dalam batas-batas yang masih dapat dipertanggung jawabkan.

## **BAB IX KEWAJIBAN BILA MEMASUKI TEMPAT KERJA**

### **Pasal 13**

Barang siapa akan memasuki sesuatu tempat kerja, diwajibkan mentaati semua petunjuk keselamatan kerja dan memakai alat-alat perlindungan diri yang diwajibkan.

## **BAB X**

### **KEWAJIBAN PENGURUS**

#### **Pasal 14**

Pengurus diwajibkan :

- a. secara tertulis menempatkan dalam tempat kerja yang dipimpinnya, semua syarat keselamatan kerja yang diwajibkan, sehelai Undang-undang ini dan semua peraturan pelaksanaannya yang berlaku bagi tempat kerja yang bersangkutan, pada tempat-tempat yang mudah dilihat dan menurut petunjuk pegawai pengawas atau ahli keselamatan kerja;
- b. Memasang dalam tempat kerja yang dipimpinnya, semua gambar keselamatan kerja yang diwajibkan dan semua bahan pembinaan lainnya, pada tempat-tempat yang mudah dilihat dan terbaca menurut petunjuk pegawai pengawas atau ahli keselamatan kerja.
- c. Menyediakan secara cuma-cuma, semua alat perlindungan diri yang diwajibkan pada tenaga kerja berada di bawah pimpinannya dan menyediakan bagi setiap orang lain yang memasuki tempat kerja tersebut, disertai dengan petunjuk-petunjuk yang diperlukan menurut petunjuk-petunjuk yang diperlukan menurut petunjuk pegawai pengawas atau ahli keselamatan kerja.

## **BAB XI**

### **KETENTUAN-KETENTUAN PENUTUP**

#### **Pasal 15**

1. Pelaksanaan ketentuan tersebut pada pasal-pasal di atas diatur lebih lanjut dengan peraturan perundangan.
2. Peraturan perundangan tersebut pada ayat (1) dapat memberikan ancaman pidana atas pelanggaran peraturannya dengan hukuman kurungan selama-lamanya 3 (tiga) bulan atau denda setinggi-tingginya Rp. 100.000,- (seratus ribu rupiah).
3. Tindak pidana tersebut adalah pelanggaran.

## **Pasal 16**

Pengusaha yang mempergunakan tempat-tempat kerja yang sudah ada pada waktu Undang-undang ini mulai berlaku wajib mengusahakan di dalam satu tahun sesudah Undang-undang ini mulai berlaku, untuk memenuhi ketentuan-ketentuan menurut atau berdasarkan Undang-undang ini.

## **Pasal 17**

Selama peraturan perundangan untuk melaksanakan ketentuan dalam Undang-undang ini belum dikeluarkan, maka peraturan dalam bidang keselamatan kerja yang ada pada waktu Undang-undang ini mulai berlaku, tetap berlaku sepanjang tidak bertentangan dengan Undang-undang ini.

## **Pasal 18**

Undang-undang ini disebut "UNDANG-UNDANG KESELAMATAN KERJA" dan mulai berlaku pada hari diundangkan.

Agar supaya setiap orang dapat mengetahuinya, memerintahkan pengundangan Undang-undang ini dengan penempatan dalam Lembaran Negara Republik Indonesia.

Disahkan di Jakarta pada tanggal 12 Januari 1970  
PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA,

ttd

SOEHARTO

Diundangkan di Jakarta pada tanggal 12 Januari 1970  
Sekretaris Negara Republik Indonesia,

ttd

ALAMSYAH



### **C. Undang – Undang Kecelakaan ( 1947 – 1951)**

Undang-Undang ini diundangkan pada tahun 1947 dan dinyatakan berlaku pada tahun 1951. Undang-Undang kecelakaan menentukan penggantian kerugian kepada buruh yang mendapat kecelakaan atau penyakit akibat kerja, dari itu nama undang-undang kecelakaan adalah kurang tepat.

Dibeberapa Negara digunakan panamaan undang-undang kompensasi pekerja (Workmen Compensation Law). Undang-Undang kecelakaan perlu ditinjau kembali, apabila dilihat dari sudut besarnya kompensasi yang tidak mencukupi, dan sebagai penilaian hebat tidaknya suatu cacat tidaklah cukup factor-faktor anatomis dan faal saja, melainkan harus diperhatikan pula factor-faktor psikologis, social dan ekonomis.

Dibawah ini dikutip pasal-pasal dari undang-undang kecelakaan yang patut diketahui:

1. Di perusahaan yang diwajibkan member tunjangan, majikan berwajib member ganti kerugian kepada buruh yang mendapat kecelakaan berhubung dengan hubungan kerja pada perusahaan itu, menurut yang ditetapkan dalam undang-undang ini (pasal 1, ayat 1)
2. Penyakit yang timbul karena hubungan kerja dipandang sebagai kecelakaan (pasal 1, ayat 2)
3. Jikalau buruh meninggal dunia karena akibat kecelakaan yang demikian, maka kewajiban membayar kerugian itu berlaku terhadap keluarga yang ditinggalkan (pasal 1, ayat 3)
4. Jikalau hak atas perusahaan yang diwajibkan memberi tunjangan itu beralih kepada majikan lain, buruh dan keluarga buruh yang ditinggalkan tetap mempunyai hak seperti yang ditetapkan undang-undang ini yang harus dipenuhi oleh majikan (pasal 1, ayat 4)
5. Yang diwajibkan memberi tunjangan yaitu perusahaan:
  - a. Yang menggunakan satu atau beberapa tenaga mesin
  - b. Yang mempergunakan zat-zat padat, baik cair, maupun gas yang amat tinggi panasnya atau mudah terbakar atau menggigit, mudah meletus, mengandung racun, menimbulkan penyakit atau dengan cara yang lain berbahaya atau dapat merusak kesehatan
  - c. Yang mempergunakan gas-gas yang telah dicairkan, dikempa atau yang jadi cair karena tekanan
  - d. Yang membangkitkan, mengubah, membagi-bagi, mengalirkan atau mengumpulkan tenaga listrik

6. Jikalau sesuatu macam perusahaan, belum termasuk dalam pasal 2, ayat 1 ternyata berbahaya bagi buruhnya, maka dengan undang-undang macam perusahaan tersebut dapat diwajibkan member tunjangan (pasal 2, ayat 2)
7. Yang dimaksudkan dengan kata buruh dalam undang-undang ini ialah tiap-tiap orang yang bekerja pada majikan di perusahaan yang diwajibkan member tunjangan dengan mendapat upah, kecuali hal-hal tersebut dalam pasal 3 (pasal 6, ayat 1)

### **Rangkuman**

1. Untuk mencegah terjadinya kecelakaan akibat kerja salah satu cara adalah melalui peraturan-peraturan atau perundang-undangan. Undang-Undang yang mengatur tentang keselamatan kerja di industri maupun perusahaan adalah UU No.1 Tahun 1970,
2. Selain UU No.1 Tahun 1970, ada undang-undang lain yang mengatur tentang K3 yaitu melalui peraturan khusus, peraturan pemerintah, peraturan menteri dan surat edaran

### **Tes Formatif**

3. Sebutkan pola umum pencegahan dalam kecelakaan
4. Bagaimana sejarah terbitnya undang-undang no.1 tahun 1970 tentang K3

### **Tindak Lanjut**

Mahasiswa diharapkan dapat mengetahui dan memahami undang-undang yang terkait dengan keselamatan dan kekerja sehatan atau tuntas dalam materi bab II untuk keberhasilan dalam proses belajar mengajar, karena materi ini erat hubungannya dengan materi bab III.

## **BAB III**

### **KEBIJAKAN KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA**

#### **Pendahuluan**

Pada bab ini, mahasiswa akan mempelajari pengertian dan kebijakan penerapan keselamatan dan kesehatan kerja. Olehnya dalam bab ini juga mahasiswa akan mempelajari bagaimana pengertian antara kesehatan kerja dan kecelakaan kerja secara terperinci serta penerapannya dalam bidang dunia industri.

Dan setelah mempelajari bagian ini, diharapkan mahasiswa dapat :

1. Mengetahui pengertian dan tujuan keselamatan dan kesehatan kerja
2. Mengetahui kebijakan penerapan keselamatan dan kesehatan kerja di era global
3. Mengetahui Kecelakaan Kerja

#### **A. Pengertian Dan Tujuan Keselamatan dan Kesehatan Kerja**

Keselamatan kerja adalah keselamatan yang bertalian dengan mesin, pesawat, alat kerja, bahan, dan proses pengolahannya, landasan tempat kerja dan lingkungannya serta cara-cara melakukan pekerjaan.

Keselamatan kerja memiliki sifat sebagai berikut:

1. Sasarannya adalah lingkungan kerja
2. Bersifat teknik

Kesehatan kerja adalah spesialisasi dalam ilmu kesehatan/kedokteran beserta prakteknya yang bertujuan, agar pekerja/masyarakat pekerja beserta memperoleh derajat kesehatan yang setinggi-tingginya, baik fisik, atau mental, maupun sosial, dengan usaha-usaha preventif dan kuratif, terhadap penyakit-penyakit/gangguan –gangguan kesehatan yang diakibatkan faktor-faktor pekerjaan dan lingkungan kerja, serta terhadap penyakit-penyakit umum.

Kesehatan kerja bisa disamakan dengan hygiene perusahaan, dan kesehatan kerja memiliki sifat sebagai berikut:

1. Sasarannya adalah manusia
2. Bersifat medis

Pengistilahan Keselamatan dan Kesehatan kerja (atau sebaliknya) bermacam macam ; ada yang menyebutnya Higiene Perusahaan dan

Kesehatan Kerja (Hyperkes) dan ada yang hanya disingkat K3, dan dalam istilah asing dikenal Occupational Safety and Health.

Tujuan umum dari K3 adalah menciptakan tenaga kerja yang sehat dan produktif dan tujuan hyperkes adalah sebagai berikut:

- Agar tenaga kerja dan setiap orang berada di tempat kerja selalu dalam keadaan sehat dan selamat.
- Agar sumber-sumber produksi dapat berjalan secara lancar tanpa adanya hambatan.

Ruang lingkup hyperkes dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Kesehatan dan keselamatan kerja diterapkan di semua tempat kerja yang di dalamnya melibatkan aspek manusia sebagai tenaga kerja, bahaya akibat kerja dan usaha yang dikerjakan.
2. Aspek perlindungan dalam hyperkes meliputi :
  - a) Tenaga kerja dari semua jenis dan jenjang keahlian
  - b) Peralatan dan bahan yang dipergunakan
  - c) Faktor-faktor lingkungan fisik, biologi, kimiawi, maupun sosial.
  - d) Proses produksi
  - e) Karakteristik dan sifat pekerjaan
  - f) Teknologi dan metodologi kerja
3. Penerapan Hyperkes dilaksanakan secara holistik sejak perencanaan hingga perolehan hasil dari kegiatan industri barang maupun jasa.
4. Semua pihak yang terlibat dalam proses industri/perusahaan ikut bertanggung jawab atas keberhasilan usaha hyperkes.

## **B. Kebijakan Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja Di Era Global**

Kebijakan penerapan keselamatan dari bidang pengorganisasian, bidang regulasi atau aturan dan bidang pendidikan. Untuk jelasnya dapat dilihat dari penjelasan dibawah ini:

### **1. Dalam Bidang Pengorganisasian**

Di Indonesia K3 ditangani oleh 2 departemen ; departemen Kesehatan (Depkes) dan departemen Tenaga Kerja dan Transmigrasi (Depnakertrans)

Pada Depnakertrans ditangani oleh Dirjen (direktorat jendral) Pembinaan dan Pengawasan Ketenagakerjaan, dimana ada 4 Direktur :

- a. Direktur Pengawasan Ketenagakerjaan
  - b. Direktur Pengawasan Norma Kerja Perempuan dan Anak
  - c. Direktur Pengawasan Keselamatan Kerja, yang terdiri dari Kasubdit ;
    - 1) Kasubdit mekanik, pesawat uap dan bejana tekan.
    - 2) Kasubdit konstruksi bangunan, instalasi listrik dan penangkal petir
    - 3) Kasubdit Bina kelembagaan dan keahlian keselamatan ketenagakerjaan
  - d. Direktur Pengawasan Kesehatan Kerja, yang terdiri dari kasubdit ;
    - 1) Kasubdit Kesehatan tenaga kerja
    - 2) Kasubdit Pengendalian Lingkungan Kerja
    - 3) Kasubdit Bina kelembagaan dan keahlian kesehatan kerja.
- Pada Departemen Kesehatan sendiri ditangani oleh Pusat Kesehatan Kerja Depkes. Dalam upaya pokok Puskesmas terdapat Upaya Kesehatan Kerja (UKK) yang kiprohnya lebih pada sasaran sektor Informal (Petani, Nelayan, Pengrajin, dll)

## **2. Dalam Bidang Regulasi**

Regulasi yang telah dikeluarkan oleh Pemerintah sudah banyak, diantaranya :

- a. UU No 1 tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja
- b. UU No 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan
- c. KepMenKes No 1405/Menkes/SK/XI/2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri.
- d. Peraturan Menaker No Per 01/MEN/1981 tentang Kewajiban Melapor Penyakit Akibat Kerja.
- e. Peraturan Menaker No Per 01/MEN/1976 tentang Kewajiban Latihan Hiperkes Bagi Dokter Perusahaan.
- f. Peraturan Menaker No Per 01/MEN/1979 tentang Kewajiban Latihan Hygiene Perusahaan K3 Bagi Tenaga Paramedis Perusahaan.
- g. Keputusan Menaker No Kep 79/MEN/2003 tentang Pedoman Diagnosis dan Penilaian Cacat Karena Kecelakaan dan Penyakit Akibat Kerja.

## **3. Dalam Bidang Pendidikan**

Pemerintah telah membentuk dan menyelenggarakan pendidikan untuk menghasilkan tenaga Ahli K3 pada berbagai jenjang Pendidikan, misalnya :

- a. Diploma 3 Hiperkes di Universitas Sebelas Maret

- b. Strata 1 pada Fakultas Kesehatan Masyarakat khususnya peminatan K3 di Unair, Undip, dll dan jurusan K3 FKM UI.
- c. Starta 2 pada Program Pasca Sarjana khusus Program Studi K3, misalnya di UGM, UNDIP, UI, Unair.

Pada beberapa Diploma kesehatan semacam Kesehatan Lingkungan dan Keperawatan juga ada beberapa SKS dan Sub pokok bahasan dalam sebuah mata kuliah yang khusus mempelajari K3.

### **Rangkuman**

Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) adalah salah satu cabang ilmu yang memiliki peran yang sangat penting dalam dunia industri maupun perusahaan. Dalam dunia industri dan perusahaan K3 memiliki sasaran dan tujuan. Sasaran keselamatan kerja adalah lingkungan kerja dan sarana kesehatan kerja adalah manusia. Sedangkan tujuan umum dari K3 adalah menciptakan tenaga kerja yang sehat dan produktif dan tujuan hyperkes adalah sebagai berikut:

- Agar tenaga kerja dan setiap orang berada di tempat kerja selalu dalam keadaan sehat dan selamat.
- Agar sumber-sumber produksi dapat berjalan secara lancar tanpa adanya hambatan.

### **Tes Formatif**

1. Jelaskan pengertian keselamatan dan kesehatan kerja secara detail?
2. Bagaimana tanggapan anda tentang kebijakan penerapan keselamatan dan kesehatan kerja di era global?

### **Tindak Lanjut**

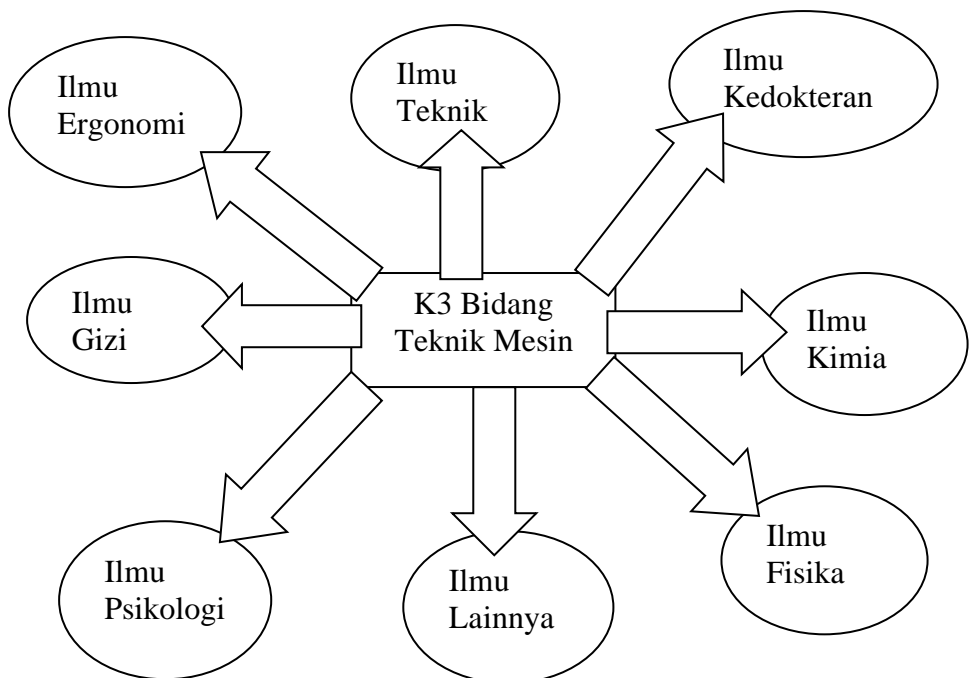
Mahasiswa diharapkan dapat mengetahui dan memahami kebijakan keselamatan dan kesehatan kerja atau tuntas dalam materi bab III untuk keberhasilan dalam proses belajar mengajar, karena materi ini erat hubungannya dengan materi bab IV.

## **BAB IV**

### **ILMU YANG TERKAIT DENGAN KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (K3) BIDANG TEKNIK DAN PENJELASANNYA**

#### **Pendahuluan**

Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) bidang teknik mesin adalah mata kuliah yang diberikan pada jurusan pendidikan teknik mesin. Banyak orang tidak mengetahui tentang kaitannya bidang ilmu lainnya dengan K3. Olehnya K3 bidang teknik mesin memiliki filosofi dasar pengetahuan yang terkait dengan pengetahuan lainnya. Pengetahuan lain yang terkait dengan K3 bidang teknik mesin bisa dilihat pada gambar dibawah ini (gambar 4.1).



Gambar 4.1 Kaitan Ilmu K3 Bidang Teknik Mesin Dengan Ilmu Lainnya

Melihat gambaran 4.1 ternyata K3 bidang teknik mesin ada kaitannya dengan ilmu lainnya. Olehnya K3 adalah suatu bidang ilmu bidang studi

pendidikan teknik mesin bisa dikatakan multi disiplin ilmu. Akan tetapi konsentrasi ilmu yang terbesar adalah ilmu teknik dan ilmu kedokteran. Dalam bab ini akan dijelaskan bidang ilmu-ilmu yang terkait dengan K3 bidang teknik mesin.

### **A. Kaitan Ilmu Ergonomi Dengan K3 Bidang Teknik Mesin**

Sebelum membahas kaitan bidang ilmu ergonomi dengan K3 bidang teknik mesin, maka akan dibahas pengertian yang mendalam tentang ilmu ergonomi. Ergonomi adalah ilmu serta penerapannya yang berusaha menyasikan pekerjaan dan lingkungan terhadap orang atau sebaliknya dengan tujuan tercapainya produktivitas dan efisiensi yang setinggi-tingginya melalui pemanfaatan manusia seoptimal mungkin. Di beberapa negara Ergonomi diistilahkan *Arbeitswissenschaft* (Jerman), *Biotechnology* (Skandinavia), *Human (factor) Engineering* atau *Personal Research* di Amerika Utara. Ruang lingkup ergonomi atau penerapan ergonomi adalah sebagai berikut:

#### 1. Pembebanan Kerja Fisik

Beban fisik yang dibenarkan umumnya tidak melebihi 30-40% kemampuan maksimum seorang pekerja dalam waktu 8 jam sehari. Untuk mengukur kemampuan kerja maksimum digunakan pengukuran denyut nadi yang diusahakan tidak melebihi 30-40 kali per menit di atas denyut nadi sebelum bekerja. Di Indonesia beban fisik untuk mengangkat dan mengangkut yang dilakukan seorang pekerja dianjurkan agar tidak melebihi dari 40 kg setiap kali mengangkat atau mengangkut.

#### 2. Sikap Tubuh Dalam Bekerja

Sikap pekerjaan harus selalu diupayakan agar merupakan sikap ergonomik. Sikap yang tidak alamiah harus dihindari dan jika hal ini tidak mungkin dilaksanakan harus diusahakan agar beban statis menjadi sekecil-kecilnya. Untuk membantu tercapainya sikap tubuh yang ergonomik sering diperlukan pula tempat duduk dan meja kerja yang kriterianya disesuaikan dengan ukuran antropometri pekerja. Ukuran antropometri tubuh yang penting dalam ergonomi adalah :

##### Berdiri

- a) Tinggi badan berdiri
- b) Tinggi bahu



- c) Tinggi siku
- d) Tinggi pinggul
- e) Depa
- f) Panjang lengan

Duduk

- a) Tinggi duduk
- b) Panjang lengan atas
- c) Panjang lengan bawah dan tangan
- d) Jarak lekuk lutut sampai dengan garis punggung
- e) Jarak lekuk lutut sampai dengan telapak

Keadaan bekerja sambil **berdiri**, mempunyai kriteria:

- a) Tinggi optimum area kerja adalah 5-10 cm di bawah tinggi siku.
- b) Pekerjaan yang lebih membutuhkan ketelitian, tinggi meja yang digunakan 10-20 cm lebih tinggi dari siku.
- c) Pekerjaan yang memerlukan penekanan dengan tangan, tinggi meja 10-20 cm lebih rendah dari siku.

3. Mengangkat dan Mengangkut

Beberapa faktor yang berpengaruh pada proses mengangkat dan mengangkut adalah beratnya beban, intensitas, jarak yang harus ditempuh, lingkungan kerja, ketrampilan dan peralatan yang digunakan. Untuk efisiensi dan kenyamanan kerja perlu dihindari manusia sebagai “alat utama” untuk mengangkat dan mengangkut.

4. Sistem Manusia Mesin

Penyesuaian manusia-mesin sangat membantu dalam menciptakan kenyamanan dan efisiensi kerja. Perencanaan sistem ini dimulai sejak tahap awal dengan memperhatikan kelebihan dan keterbatasan manusia dan mesin yang digunakan interaksi manusia-mesin memerlukan beberapa hal khusus yang diperhatikan, misalnya:

- 1) adanya informasi yang komunikatif
- 2) tombol dan alat pengendali baik
- 3) perlu standard pengukuran anthropometri yang sesuai untuk pekerjaannya.

## 5. Kebutuhan Kalori

Konsumsi kalori sangat bervariasi tergantung pada jenis pekerjaan. Semakin berat kegiatan yang dilakukan semakin besar kalori yang diperlukan. Selain itu pekerjaan pria juga membutuhkan kalori yang berbeda dari pekerja wanita. Dalam hal ini perlu diperhatikan juga saat dan frekuensi pemberian kalori pada pekerja.

### Pekerja Pria

- a) Pekerjaan ringan : 2400 kal/hari
- b) Pekerjaan sedang ; 2600 kal/hari
- c) Pekerjaan berat : 3000 kal/hari

### Pekerja Wanita

- a) Pekerjaan ringan : 2000 kal/hari
- b) Pekerjaan sedang ; 2400 kal/hari
- c) Pekerjaan berat : 2600 kal/hari

## 6. Pengorganisasian Kerja

Pengorganisasian kerja berhubungan dengan waktu kerja, saat istirahat, pengaturan waktu kerja gilir (shift) dari periode saat bekerja yang disesuaikan dengan irama faal tubuh manusia. Waktu kerja dalam 1 hari antara 6-8 jam. Dengan waktu istirahat ½ jam sesudah 4 jam bekerja. Perlu juga diperhatikan waktu makan dan beribadah. Termasuk juga di dalamnya terciptanya kerjasama antar pekerja dalam melakukan suatu pekerjaan serta pencegahan pekerjaan yang berulang (repetitive)

## 7. Lingkungan Kerja

Dalam peningkatan efisiensi dan produktifitas kerja berbagai faktor lingkungan kerja sangat berpengaruh. Berbagai faktor lingkungan yang berpengaruh misalnya suhu yang nyaman untuk bekerja adalah 24-26<sup>o</sup> C.

## 8. Olah Raga dan Kesegaran Jasmani

Kegiatan olahraga dan pembinaan kesegaran jasmani dibutuhkan untuk meningkatkan produktivitas. Oleh karena itu, tes kesehatan sebelum bekerja/tes kesegaran jasmani perlu dilakukan sebagai tahap seleksi karyawan.

#### 9. Olah Raga dan Kesegaran Jasmani

Kegiatan olahraga dan pembinaan kesegaran jasmani dibutuhkan untuk meningkatkan produktivitas. Oleh karena itu, tes kesehatan sebelum bekerja/tes kesegaran jasmani perlu dilakukan sebagai tahap seleksi karyawan.

#### 10. Musik dan Dekorasi

Musik dapat meningkatkan kegairahan dan produktivitas kerja dengan mempertimbangkan jenis, saat, lama dan sifat pekerjaan. Dekorasi dan pengaturan warna dapat memberikan kesan jarak, kejiwaan dan suhu. Misalnya :

- a) biru ; jarak jauh dan sejuk
- b) hijau ; menyegarkan
- c) merah ; dekat, hangat, merangsang
- d) orange ; sangat dekat, merangsang.

#### 11. Kelelahan

Kelelahan adalah mekanisme perlindungan tubuh terhindar dari kerusakan lebih lanjut dan memerlukan terjadinya proses pemulihan. Sebab-sebab kelelahan diantaranya adalah monotomi kerja, beban kerja yang berlebihan, lingkungan kerja jelek, gangguan kesehatan dan gizi kurang.

Penjelasan diatas yang menggambarkan tentang keilmuan ergonomi sudah jelas dipaparkan, sehingga arah dari ilmu ergonomi dapat dimengerti dengan jelas. Keterkaitan antara ilmu ergonomi dengan K3 teknik mesin adalah penerapan prinsip-prinsip ergonomi dalam dunia kerja yang berkaitan dengan bidang teknik mesin. Penerapan ilmu ergonomi untuk mendapatkan produktivitas yang tinggi ketika orang bekerja dalam bidang teknik mesin, atau menjaga kelelahan orang pada saat bekerja. Manfaat penerapan ilmu ergonomi dalam bidang teknik mesin untuk melindungi orang agar selamat dalam bekerja dan menjaga kesehatannya. Contoh-contoh keterkaitan antara ilmu ergonomi dan bidang teknik mesin dapat dilihat dari gambar-gambar berikut ini:



Gambar 4.2 Cara Mngangkat Yang Benar

Gambar 4.2 menunjukkan penerapan ilmu ergonomi dalam bidang teknik mesin. Dalam bidang teknik mesin banyak dilakukan pengangkatan-pengangkatan dari suatu benda, misalnya pengangkatan mesin-mesin sewaktu bongkar-pasang kendaraan bermotor, pengangkatan kunci, dongkrak, memindahkan peralatan kerja dan mesin-mesin produksi. Dengan seringnya proses pengangkatan yang dilakukan pada proses kerja bidang teknik mesin, maka seseorang yang akan melakukan pengangkatan harus sesuai dengan kondisi ergonomi (lihat gambar 3.2). Dengan menerapkan prinsip ergonomi yang benar pada proses pengangkatan maka orang akan terhindar dari kelelahan dan kecelakaan sewaktu bekerja sehingga pengangkatan semakin maksimal (produktivitas meningkat). Dengan posisi mengangkat yang benar (posisi ergonomi), maka seseorang pekerja akan terhindar dari penyakit akibat kerja (PAK). Penyakit akibat kerja yang sering ditemukan pada pekerja pengangkat ketika posisi mengangkatnya tidak menerapkan prinsip ergonomi adalah penyakit tulang belakang atau kerusakan tulang belakang akibat salah mengangkat beban.

Penyakit akibat kerja yang sering ditimbulkan pada pengangkat beban adalah low back pain disease (nyeri di tulang belakang).

Contoh lainnya penerapan ergonomi pada bidang teknik mesin adalah pada pekerja desainer bidang teknik mesin, misalnya desainer mobil, desainer mesin-mesin produksi, desainer kapal, dan lain sebagainya.



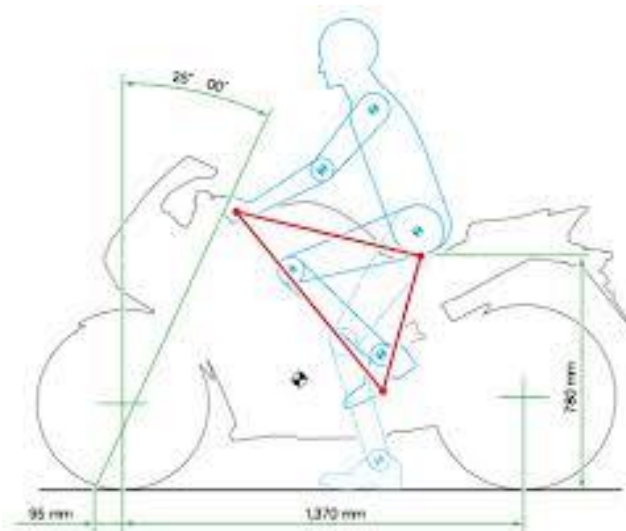
Gambar 4.3 Posisi Duduk Yang Benar

Gambar 4.3 menunjukkan posisi duduk yang benar bagi desainer bidang teknik mesin. Dengan posisi yang benar maka pekerja desainer tidak mudah lelah, sehingga meningkatkan dalam produktivitasnya. Produktivitas yang dihasilkan dari pekerja desainer bidang teknik mesin adalah tepat waktu menyelesaikan desainer yang dirancang. Akan tetapi ketika pekerja desainer duduk dengan sembarang posisi tanpa menerapkan prinsip ergonomi maka akan cepat lelah, sehingga produktivitasnya menurun sehingga pekerja tidak tepat waktu menyelesaikan desainer yang dirancangnya.

Gambar diatas (gambar 3.3) menunjukkan juga dengan penerapan ergonomi yang baik bagi seorang desainer, maka penglihatan tidak mudah lelah dan terhindar dari kerusakan penglihatan.

Contoh lainnya kaitan antara ilmu ergonomi dengan bidang teknik mesin adalah merencanakan kendaraan bermotor. Kendaraan bermotor harus nyaman digunakan oleh pengendara, olehnya kendaraan bermotor harus didesain sesuai dengan kenyamanan seseorang ketika mengendarainya. Ketika posisi seseorang pengendara sesuai dengan posisi ergonomi, maka

orang tersebut akan nyaman duduk mengendarai kendaraan bermotor. Untuk mengetahui posisi yang benar (posisi ergonomi) pada kendaraan bermotor dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Posisi Yang Nyaman Bagi Pengendara Bermotor

## **B. Kaitan Ilmu Kedokteran Dengan K3 Bidang Teknik Mesin**

Kedokteran (bahasa Inggris: *medicine*) adalah suatu ilmu dan seni yang mempelajari tentang penyakit dan cara-cara penyembuhannya. Ilmu kedokteran adalah cabang ilmu kesehatan yang mempelajari tentang cara mempertahankan kesehatan manusia dan mengembalikan manusia pada keadaan sehat dengan memberikan pengobatan pada penyakit dan cedera. Ilmu ini meliputi pengetahuan tentang sistem tubuh manusia dan penyakit serta pengobatannya, dan penerapan dari pengetahuan tersebut. Kaitan ilmu kedokteran dengan K3 bidang teknik mesin yaitu ilmu kedokteran memberikan informasi tentang penyakit-penyakit yang dapat menurunkan derajat kesehatan bagi manusia, terutama penyakit akibat kerja (PAK). Dengan diketahuinya penyakit yang ada ditempat kerja, maka K3 sebagai bidang ilmu dapat mengendalikan bahaya akibat penyakit akibat kerja.

Jika ilmu kedokteran memberikan informasi tentang penyakit yang ada ditempat kerja, maka ilmu keselamatan dan kesehatan kerja (K3) adalah ilmu yang mencegah (*preventive*) agar pekerja bebas dari penyakit akibat kerja. Dengan adanya pencegahan ini, maka derajat kesehatan pekerja tidak terganggu, yang semuanya akan menimbulkan keselamatan dalam bekerja

### **C. Kaitan Ilmu Gizi Dengan K3 Bidang Teknik Mesin**

Gizi berasal dari bahasa Arab yaitu "*ghidza*" yang berarti makanan. Jadi secara luas dapat diartikan bahwa ilmu gizi adalah ilmu yang mempelajari segala sesuatu yang berkaitan dengan makanan, terutama kandungan yang ada di dalamnya. Ilmu ini juga dihubungkan dengan kesehatan tubuh, serta perkembangan yang akan didapatkan oleh tubuh dengan mengkonsumsi makanan tertentu. Makanan yang kita makan terdiri dari, makanan alami (sayur-sayuran, buah-buahan).

Ilmu ini sebenarnya sudah dikenal sejak zaman purba. Pada awalnya makanan hanya dianggap sebagai suatu hal yang penting saja. Selanjutnya pada zaman Yunani, pemikiran ini berkembang dengan adanya teori yang menyatakan bahwa makanan menghasilkan panas yang diperlukan bagi tubuh setiap makhluk hidup. Ilmu gizi juga semakin berkembang terutama setelah adanya seorang profesor pertama dalam bidang ahli gizi yaitu Mary Swartz Rose pada tahun 1926.

Ruang lingkup Ilmu gizi cukup luas, mulai dari cara memproduksi makanan, penyediaan makanan, pengolahan, konsumsi serta pemanfaatan makanan oleh tubuh pada saat sehat maupun sakit. Ilmu yang satu ini juga berhubungan dengan konsep-konsep pertanian, biologi dan kimia. Melihat cakupan ilmu gizi yang sangat luas, maka gizi ini berperan sekali terhadap kelangsungan hidup manusia. Orang yang kekurangan dan kelebihan gizi sangat berbahaya bagi kelangsungan hidup manusia. Membicarakan gizi sama dengan membicarakan nutrisi, akan tetapi banyak orang yang tidak mengetahui antara gizi dan nutrisi.

Gizi dan Nutrisi jika diperhatikan secara kasat mata memiliki perbedaan kata namun sesungguhnya maknanya sama. Gizi adalah suatu kata yang telah diterjemahkan kedalam bahasa indonesia yang asal katanya dari bahasa arab yaitu *Al Gizzai* dan dari bahasa inggris yaitu *Nutrience*. Olehnya itu jika mempelajari konsep gizi maka yang dibahas juga sebenarnya konsep nutrisi. Gizi dan Nutrisi adalah zat organik yang terkandung dalam makanan yang digunakan tubuh untuk proses

pertumbuhan dan pemeliharaan kesehatan. Membahas tentang Gizi dan Nutrisi maka yang dipelajari adalah hubungan antara makanan dan minuman terhadap kesehatan dan penyakitnya. Lingkaran paradigma ini tiada lain hanyalah untuk memenuhi proses kehidupan manusia. Gambaran gizi yang diperlukan oleh manusia, seperti pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Gizi Yang Dibutuhkan Manusia

Gizi atau makanan atau nutrisi memang sangat diperlukan oleh manusia demi kelangsungan hidupnya. Akan tetapi jika manusia kekurangan gizi dan kelebihan gizi akan menimbulkan ketidakbaikan pada kesehatan manusia itu sendiri. Kelebihan dan kekurangan gizi pada manusia disebut dengan malnutrisi. Olehnya manusia harus seimbang atau sesuai gizi yang dikonsumsi.

Ketika pertanyaan diajukan, bagaimana kaitan antara ilmu gizi dengan keselamatan dan kesehatan kerja (K3) dibidang teknik mesin? . Sebagaimana telah kita ketahui penjelasan materi diatas, bahwa ilmu gizi mempelajari tentang makanan dan kandungannya, sehingga seseorang yang menguasai ilmu gizi tahu porsi yang dibutuhkan bagi seseorang. Sebagaimana kita ketahui K3 mempelajari bagaimana bisa menjaga keselamatan dan kesehatan saat orang bekerja. Ketika pekerja selamat dan sehat akan berdampak pada produktivitas. Olehnya kaitan antara ilmu gizi dan K3 bidang teknik mesin adalah: ilmu gizi memberikan



pengetahuan berupa gambaran tentang makanan yang sehat dan K3 menerapkan ilmu gizi tersebut pada pekerja. Contohnya gizi pekerja kasar (*blue collar*) dengan pekerja halus (*white collar*), contoh lainnya pekerja yang bekerja pada lingkungan yang panas, harus mendapatkan minuman sesuai dengan kadungayang sesuai dengan cairan/keringat yang dikeluarkan.

Begitu besarnya manfaat ilmu gizi bagi pekerja yang disebut dengan gizi kerja, maka ilmu gizi tidak bisa dipisahkan dalam keilmuaan keselamatan dan kesehatan kerja (K3).

### Pentingnya Gizi Pada Pekerja

Produktivitas kerja dipengaruhi oleh banyak faktor, diantaranya yang mempunyai peranan sangat penting dan menentukan adalah kecukupan gizi. Faktor ini akan menentukan prestasi kerja tenaga kerja karena adanya kecukupan dan penyebar kalori yang seimbang selama bekerja. Seseorang yang berstatus gizi kurang tidak mungkin mampu bekerja dengan hasil yang maksimal karena prestasi kerja dipengaruhi oleh derajat kesehatan seseorang. Tenaga kerja yang sehat akan bekerja lebih giat, produktif, dan teliti sehingga dapat mencegah kecelakaan yang mungkin terjadi dalam bekerja. Manfaat yang diharapkan dari pemenuhan gizi kerja adalah untuk mempertahankan dan meningkatkan ketahanan tubuh serta menyeimbangkan kebutuhan gizi dan kalori terhadap tuntutan tugas pekerja. Gizi kerja erat bertalian dengan tingkat kesehatan tenaga kerja maupun produktivitas tenaga kerja yang berarti akan meningkatkan produktivitas perusahaan serta peningkatan produktivitas nasional.

Faktor-Faktor yang mempengaruhi gizi tenaga kerja adalah sebagai berikut:

1. Jenis kegiatan (ringan, sedang, berat) yang merupakan suatu beban kerja.
2. Faktor tenaga kerja, yang meliputi ketidaktahuan, jenis kelamin, umur, hamil, menyusui, kebiasaan makan yang kurang baik, tingkat kesehatan karena tingginya penyakit parasit dan infeksi oleh bakteri pada alat pencernaan, kesejahteraan tinggi tanpa perhatian gizi, mengakibatkan terjadinya salah gizi biasanya dalam bentuk over nutrisi, disiplin, motivasi dan dedikasi.
3. Faktor lingkungan kerja sebagai beban tambahan, yang meliputi fisik, kimia, biologi, fisiologi (ergonomi) dan psikologi. Beban kerja dan beban tambahan di tempat kerja yaitu tekanan panas, bahan – bahan

kimia, parasit dan mikroorganismenya, faktor psikologis dan kesejahteraan.

Manusia memerlukan zat gizi yang bersumber dari makanan. Bahan makanan yang diperlukan tubuh mengandung unsur-unsur utama seperti karbohidrat, lemak, protein, vitamin dan mineral. Fungsi dari zat-zat gizi tersebut adalah sebagai sumber tenaga atau kalori (karbohidrat, lemak dan protein), membangun dan memelihara jaringan tubuh (protein, air dan mineral) dan mengatur proses tubuh (vitamin dan mineral). Secara khusus, gizi adalah zat makanan yang bersumber dari bahan makanan yang diperlukan oleh tenaga kerja untuk memenuhi kebutuhan sesuai dengan jenis pekerjaan dan lingkungan kerjanya. Selanjutnya hal-hal yang perlu diketahui dalam penyusunan menu bagi tenaga kerja adalah

1. Pola makan : kebiasaan makanan pokok
2. Kepercayaan atau agama : pantang makanan tertentu
3. Keuangan : ekonomis tetapi tetap bergizi
4. Daya Cerna : makanan yang biasa dimakan masyarakat sekitar
5. Praktis : mudah diselenggarakan
6. Volume : cukup mengenyangkan
7. Variatif : jenis menu bervariasi

Untuk mempertahankan hidup dan dapat melakukan pekerjaan setiap orang membutuhkan tenaga. Tenaga tersebut diperoleh dari pembakaran zat-zat makanan yang dikonsumsi dengan oksigen. Bila banyaknya makanan yang dikonsumsi setiap hari tidak seimbang dengan tenaga yang dikeluarkan maka tubuh akan mengalami gangguan kesehatan. Masalah yang timbul akibat ketidakseimbangan antara makanan yang dikonsumsi dengan tenaga yang dikeluarkan sangat beragam. Jika makanan yang dimakan berlebih dibanding tenaga yang dikeluarkan maka tubuh akan menjadi gemuk, sebaliknya jika makanan yang dimakan kurang maka tubuh akan menjadi kurus. Kedua masalah ini akan mempengaruhi derajat kesehatan seseorang dan akhirnya akan berpengaruh pada efisiensi dan produktivitas kerja. Oleh karena itu sedapat mungkin diusahakan agar jumlah makanan yang dikonsumsi baik dalam kualitas maupun kuantitas sesuai dengan kebutuhan khususnya terhadap tenaga yang dikeluarkan.

Hasil dari beberapa penelitian menunjukkan masih terdapat beberapa pengusaha beranggapan bahwa pemberian makan atau makanan tambahan berupa snack dan istirahat pendek akan meningkatkan

pengeluaran biaya dan merugikan perusahaan. Namun jika dikaji lebih jauh, sebenarnya banyak keuntungan yang diperoleh dengan pemberian makanan di perusahaan. Untuk itu, Suma'mur (1984) memberikan beberapa saran kepada perusahaan untuk :

1. Menyediakan kantin perusahaan dengan tujuan meningkatkan dan memperbaiki gizi tenaga kerja dan tanpa disadari memberi pengetahuan tentang gizi terhadap pekerja.
2. Pemberian makanan/snack secara cuma-cuma pada jam-jam tertentu dimana hal ini akan memperlambat munculnya kelelahan, meningkatkan kecepatan dan ketelitian kerja dan menghindari waktu istirahat curian.
3. Pemberian makanan tambahan dan adanya kantin di perusahaan dapat mencegah terjadinya penyakit sehingga kehilangan waktu kerja karena absensi sakit dapat ditekan.
4. Mengadakan penyuluhan tentang kesehatan dan gizi secara teratur sehingga kesehatan tenaga kerja yang setinggi-tingginya dapat dicapai dan dipertahankan.
5. Menerapkan hasil penelitian tentang gizi kerja yang telah dilakukan untuk meningkatkan status gizi tenaga kerja dalam upaya peningkatan efisiensi dan produktivitas kerja yang setinggi-tingginya.

Dalam upaya meningkatkan efisiensi dan produktivitas kerja yang setinggi-tingginya pengetahuan dan penerapan gizi seimbang bagi tenaga kerja merupakan aspek yang mutlak harus dilakukan. Dengan gizi seimbang maka kesehatan tenaga kerja dapat dipertahankan dan tenaga kerja akan dapat bekerja dengan baik, tidak mudah lelah/capek dan mengurangi terjadinya tingkat kesalahan. Hal ini berarti dapat mengurangi pemborosan terhadap bahan dari perusahaan dan akhirnya akan dapat menambah keuntungan yang tinggi bagi perusahaan. Rendahnya konsumsi pangan atau tidak seimbangnya gizi makanan yang dikonsumsi mengakibatkan terganggunya pertumbuhan organ dan jaringan tubuh, lemahnya daya tahan tubuh terhadap serangan penyakit, serta menurunnya aktivitas dan produktivitas kerja.



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4.6 Pekerja Yang Mengalami Malnutrisi

#### **D. Kaitan Ilmu Fisika Dengan K3 Bidang Teknik Mesin**

Fisika berasal dari bahasa Yunani *fysikós* dengan arti "alamiah", dan *fýsis* dengan arti alam. Olehnya fisika adalah sains atau ilmu tentang alam dalam makna yang terluas. Fisika mempelajari gejala alam yang tidak hidup atau materi dalam lingkup ruang dan waktu. Para fisikawan atau ahli fisika mempelajari perilaku dan sifat materi dalam bidang yang sangat beragam, mulai dari partikel submikroskopis yang membentuk segala materi (fisika partikel) hingga perilaku materi alam semesta sebagai satu kesatuan kosmos. Beberapa sifat yang dipelajari dalam fisika merupakan sifat yang ada dalam semua sistem materi yang ada, seperti hukum kekekalan energi. Sifat semacam ini sering disebut sebagai

hukum fisika. Fisika sering disebut sebagai "ilmu paling mendasar", karena setiap ilmu alam lainnya (biologi, kimia, geologi, dan lain-lain) mempelajari jenis sistem materi tertentu yang mematuhi hukum fisika. Misalnya, kimia adalah ilmu tentang molekul dan zat kimia yang dibentuknya. Sifat suatu zat kimia ditentukan oleh sifat molekul yang membentuknya, yang dapat dijelaskan oleh ilmu fisika seperti mekanika kuantum, termodinamika, dan elektromagnetika. Fisika juga berkaitan erat dengan matematika. Teori fisika banyak dinyatakan dalam notasi matematis, dan matematika yang digunakan biasanya lebih rumit daripada matematika yang digunakan dalam bidang sains lainnya. Perbedaan antara fisika dan matematika adalah: fisika berkaitan dengan pemerian dunia material, sedangkan matematika berkaitan dengan pola-pola abstrak yang tak selalu berhubungan dengan dunia material. Namun, perbedaan ini tidak selalu tampak jelas. Ada wilayah luas penelitian yang beririsan antara fisika dan matematika, yakni fisika matematis, yang mengembangkan struktur matematis bagi teori-teori fisika.

Begitu luasnya ilmu fisika tentang materi alam, maka dapat disimpulkan bahwa ilmu fisika dapat mengungkap tentang perilaku alam ini berdasarkan pendekatan-pendekatan yang ada dalam teori fisika.

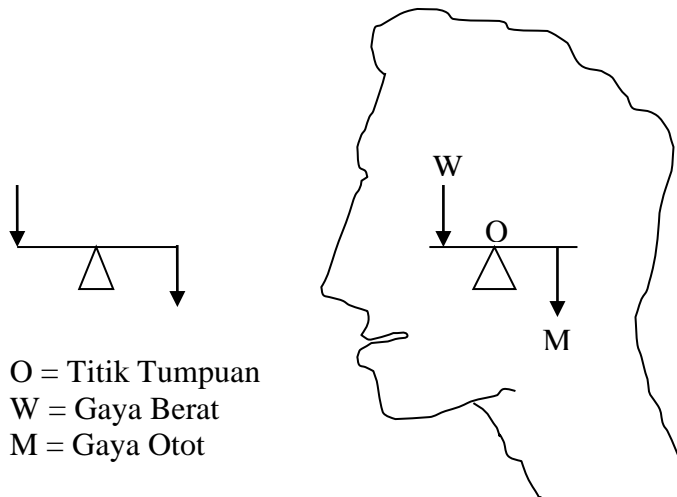
Sebagaimana materi sebelumnya mengatakan bahwa kecelakaan kerja dan kesehatan pekerja bisa terganggu bisa diakibatkan dari lima faktor, yaitu: faktor fisik, faktor kimia, faktor biologis, faktor fisiologis, dan faktor psikologis. Faktor fisik adalah faktor kecelakaan kerja yang ditimbulkan akibat gejala fisika, seperti bunyi/suara, tekanan, sinar/radiasi, panas/suhu, pencahayaan dan lainnya.

Kaitan ilmu fisika dengan keselamatan dan kesehatan kerja (K3) bidang teknik mesin, yaitu ilmu fisika memberikan pengetahuan tentang suara, radiasi, suhu, tekanan dan pencahayaan. Dengan adanya pengetahuan ilmu fisika, maka seorang ahli K3 mengerti bagaimana mencegah kecelakaan dan penyakit akibat kerja di tempat kerja.

Sebagaimana contoh dari penerapan ilmu fisika ditempat kerja, yaitu pada tubuh dalam keadaan statis. Tubuh dalam keadaan statis/stasioner berarti objek/tubuh dalam keadaan setimbang berarti pula jumlah gaya dalam segala arah sama dengan nol, dan jumlah momen gaya terhadap sumbu juga sama dengan nol. Sistem otot dan tulang dari tubuh manusia bekerja sebagai pengumpul. Ada tiga macam sistem pengumpul yang bekerja dalam tubuh manusia, yaitu:

### Klas Pertama Sistim Pengumpil

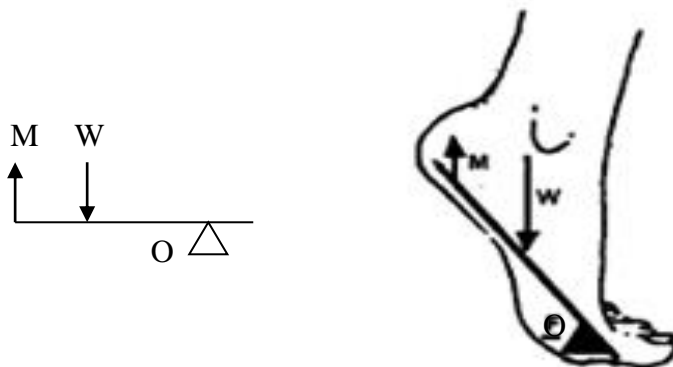
Klas ini menunjukkan bahwa titik tumpuan terletak diantara gaya berat dan gaya otot



Gambar 4.7 Sistim Pengumpil Klas Pertama

### Klas Kedua Sistim Pengumpil

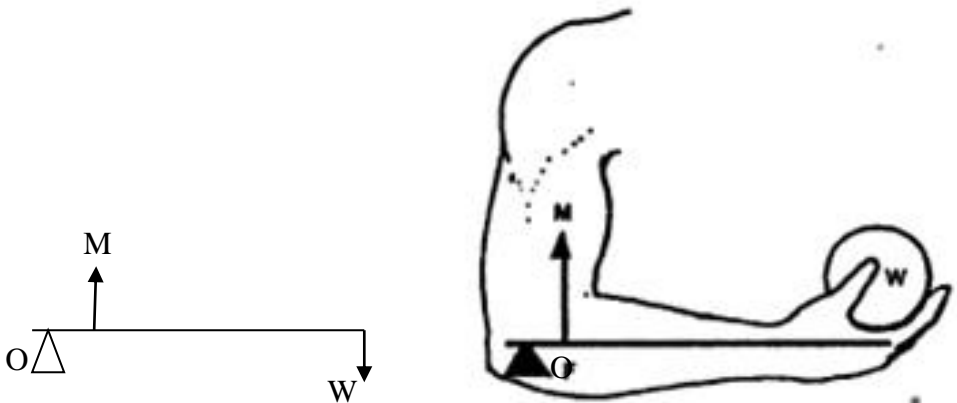
Klas ini menunjukkan bahwa gaya berat diantara titik tumpuan dan gaya otot



Gambar 4.8 Sistim Pengumpil Klas Kedua

### Klas Ketiga Sistem Pengumpul

Klas ini menunjukkan bahwa gaya otot terletak diantara titik tumpuan dan gaya berat



Gambar 4.9 Sistem Pengumpul Klas Ketiga

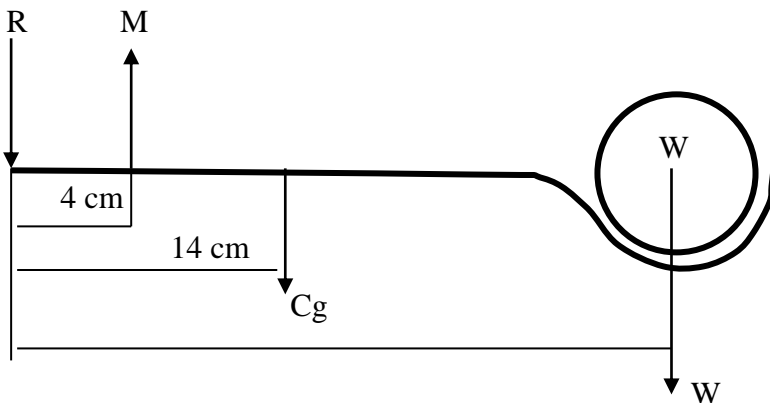
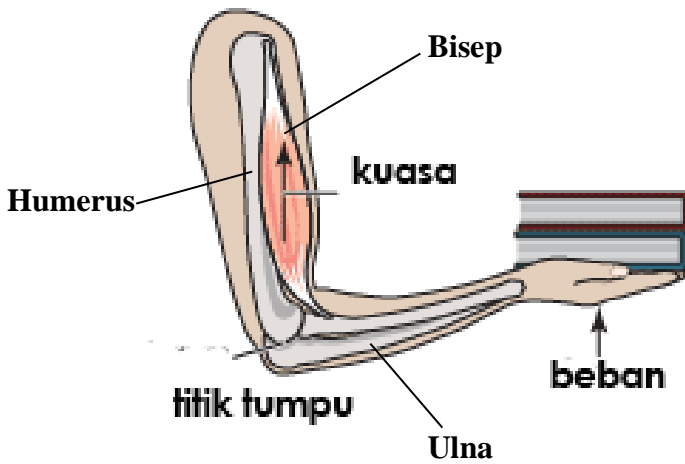
Dari ketiga klas (contoh diatas), maka klas ketiga sistem pengumpul yang paling umum, kemudian klas kedua dan klas pertama.

Contoh-contoh gerak manusia seperti gambaran diatas banyak dijumpai dalam kegiatan manusia bekerja. Olehnya ketika kita mengetahui tentang ilmu fisika maka kita aka bisa memperhitungkan cara bekerja yang aman (tidak menimbulkan kecelakaan kerja dan tidak berpengaruh pada kesehatan pekerja). Inilah keterkaitan antara ilmu fisika dengan ilmu keselamatan dan kesehatan kerja (K3). Jika dilihat cabang ilmu fisika banyak sekali diterapkan dalam bidang ilmu keselamatan dan kesehatan kerja.

Ilmu fisika yang bayak digunakan dalam ilmu keselamatan dan kesehatan kerja adalah sebagai berikut:

- Ilmu Mekanika, banyak diaplikasikan pada bidang K3, dan ilmu ini disebut dengan biomekanika, yang digunakan untuk memperhitungkan syarat aman dalam bekerja. Penerapannya dengan menggunakan Hukum Newton pertama, kedua dan ketiga. Penerapan ilmu fisika pada bidang mekanika banyak digunakan untuk memperhitungan gaya pada tubuh dan didalam tubuh pada saat

bekerja. Bisa digunakan juga untuk menganalisa gaya dan kegunaan klinik, dan lainnya. Contoh penerapan ilmu mekanika, seperti gambar dibawah ini:



- R = Gaya reaksi humerus terhadap ulna
- M = Gaya otot
- W = Gaya berat
- Cg = titik tengah grafitasi (titik pusat grafitasi)

Gambar 4.10 Aplikasi Ilmu Fisika Pada K3



- Ilmu fluida, penerapan ilmu fluida biasanya diterapkan pada alat-alat pengukur, seperti alat pengukur tekanan zat cair, alat pengukur volume paru-paru (spirometer, mini peak flow meter). Dan juga menerapkan hukum-hukum yang berlaku dalam pernafasan, seperti hukum Dalton, hukum Boyle, hukum Laplace.
- Ilmu tentang bunyi, penerapan ilmu tentang bunyi pada K3 disebut dengan biokustik. Ilmu fisika ini diterapkan untuk mengetahui tingkat bunyi pada tempat kerja, merancang tempat kerja yang minim dari bising, mencegah vibrasi dari mesin-mesin industri, dan lainnya
- Ilmu suhu, ilmu tentang suhu atau panas banyak menerapkan ilmu termodinamika. Aplikasi ilmu termodinamika dan perpindahan panas diaplikasikan perhitungan ditempat kerja yang nyaman (*comfort*), perhitungan tempat kerja di tempat dingin (*cold storage*), dan lainnya
- Dan aplikasi ilmu lainnya, seperti biooptik, biolistrik, spektroskopi

## **E. Kaitan Ilmu Kimia Dengan K3 Bidang Teknik Mesin**

Pengertian Ilmu Kimia adalah ilmu yang mempelajari komposisi, struktur, sifat-sifat materi, perubahan suatu materi menjadi materi yang lain dan energi yang menyertai perubahan materi. Dengan demikian seluruh materi di langit dan di bumi tanpa terkecuali adalah zat-zat kimia. Dan alam semesta berproses melalui reaksi kimia. Olehnya ilmu kimia seringkali dikatakan sebagai central sains karena pada disiplin ilmu apapun selalu berkaitan dengan kimia. Seorang ahli yang melakukan eksperimen tentang kimia dikatakan sebagai ilmuwan, dimana ilmuwan tersebut melakukan penelitian tentang perubahan materi dan perubahan yang menyertainya.

Kimia dalam kehidupan sehari - hari ada dimana-mana, semua yang anda rasakan, anda cium, anda cicipi adalah kimia. Ketika kamu menangis terjadi reaksi kimia, ketika kamu laper terjadi reaksi kimia, sehingga mempelajari kimia sangat penting untuk mengetahui sebenarnya apa yang terjadi didunia ini. Dan kebanyakan orang salah paham dengan kimia, mereka menganggap bahwa kimia hanya ada di labor, kimia hanya ada pada makanan berbahaya. Padahal para ahli meyakini bahwa segala sesuatu di alam ini adalah kimia.

Ilmu kimia memiliki banyak cabang-cabang ilmu diantaranya adalah ilmu kimia analitik, ilmu kimia organik, ilmu kimia anorganik, ilmu biokimia, dan kimia nuklir.

1. Kimia analitik adalah analisis cuplikan bahan untuk memperoleh pemahaman tentang susunan kimia dan strukturnya. Kimia analitik melibatkan metode eksperimen standar dalam kimia. Metode-metode ini dapat digunakan dalam semua subdisiplin lain dari kimia, kecuali untuk kimia teori murni.
2. Kimia organik mengkaji struktur, sifat, komposisi, mekanisme, dan reaksi senyawa organik. Suatu senyawa organik didefinisikan sebagai segala senyawa yang berdasarkan rantai karbon.
3. Kimia anorganik mengkaji sifat-sifat dan reaksi senyawa anorganik. Perbedaan antara bidang organik dan anorganik tidaklah mutlak dan banyak terdapat tumpang tindih, khususnya dalam bidang kimia organologam.
4. Biokimia mempelajari senyawa kimia, reaksi kimia, dan interaksi kimia yang terjadi dalam organisme hidup. Biokimia dan kimia organik berhubungan sangat erat, seperti dalam kimia medisinal atau neurokimia. Biokimia juga berhubungan dengan biologi molekular, fisiologi, dan genetika.
5. Kimia nuklir mengkaji bagaimana partikel subatom bergabung dan membentuk inti. Transmutasi modern adalah bagian terbesar dari kimia nuklir dan tabel nuklida merupakan hasil sekaligus perangkat untuk bidang ini.

Melihat begitu luasnya bahasan tentang ilmu kimia, maka ilmu kimia memiliki peran yang sangat besar pada bidang keilmuan keselamatan dan kesehatan kerja (K3). Seperti penjelasan diatas bahwa ilmu kimia mempelajari segala unsur-unsur yang ada di bumi ini, olehnya ilmu kimia memberikan sumbangsih yang sangat besar pada bidang ilmu keselamatan dan kesehatan kerja (K3). Kaitan antara ilmu kimia dengan bidang ilmu keselamatan dan kesehatan kerja adalah: ilmu kimia memberikan pengetahuan tentang bahaya-bahaya unsur-unsur yang ada di muka bumi. Dengan adanya pengetahuan ilmu kimia, maka akan tahu bahaya apa yang terjadi di lingkungan kerja, contohnya bahaya yang ditimbulkan dari gas asap, gas metan, Pb dalam bensin, gas amoniak, dan lainnya. Ilmu kimia yang banyak digunakan dalam ilmu keselamatan dan kesehatan kerja adalah ilmu tentang racun-racun yang disebut dengan *toxicologi*.

## **F. Kaitan Ilmu Teknik Dengan K3 Bidang Teknik Mesin**

Keilmuan teknik banyak macamnya, seperti teknik mesin, teknik sipil, bangunan, teknik arsitektur, teknik elektro, teknik elektronika, teknik industri, dan lainnya. Ilmu teknik atau rekayasa (*engineering*) adalah penerapan ilmu dan teknologi untuk menyelesaikan permasalahan manusia. Hal ini diselesaikan lewat pengetahuan, matematika dan pengalaman praktis yang diterapkan untuk mendesain objek atau proses yang berguna. Berdasarkan prinsip dari keilmuan teknik adalah rekayasa, maka keilmuan ini memberikan sumbangsih yang sangat besar pada bidang keilmuan keselamatan dan kesehatan kerja. Kaitan antara keilmuan teknik dengan keilmuan keselamatan dan kesehatan kerja dapat dilihat dari contoh sebagai berikut:

Misalkan akan dibangun suatu industri otomotif, tentunya gedung pabrik yang akan digunakan harus aman, jika gedungnya tidak kuat atau mudah roboh maka akan menimbulkan kecelakaan kerja disaat orang bekerja. Olehnya perlu dirancang gedung yang sesuai dengan aman, disinilah kaitan keilmuan teknik sipil dengan K3.

Setelah gedung selesai dibangun maka perlu tenaga listrik untuk menggerakkan mesin-mesin industri, untuk penerangan, dan lainnya. Dan insalasi listrik yang dipasang harus benar-benar aman, agar tidak menimbulkan kecelakaan kerja. Hal yang salah dalam menginstalasi gedung adalah timbulnya kebakaran akibat beban lebih, hubungan singkat, tidak tepatnya memilih kabel, salah insatalasi, dan lainnya. Kesalahan yang sering terjadi yang diakibatkan dari kelistrikan adalah kebakaran industri pabrik. Disinilah kaitan ilmu teknik elektro dengan K3.

Setelah lingkungan kerja (lingkungan pabrik) aman semua, maka pekerja merasa aman dalam melaksanakan pekerjaannya. Sebagaimana contoh industri otomotif ini akan menghasilkan mobil ramah lingkungan, maka keilmuan teknik mesin sangat berperan merancang mobil ramah lingkungan (misalnya dengan penemuan EFI). Disinilah kaitan antara keilmuan teknik mesin dengan keilmuan K3. Dalam kaitannya dengan K3, bidang ilmu teknik mesin sangat berperan dari ilmu teknik lainnya. Sebagaimana kita ketahui eknik mesin atau Teknik mekanik adalah ilmu teknik mengenai aplikasi dari prinsip fisika untuk analisis, desain, manufaktur dan pemeliharaan sebuah sistem mekanik. Ilmu ini membutuhkan pengertian mendalam atas konsep utama dari cabang ilmu

mekanika, kinematika, teknik material, termodinamika dan energi. Dengan berbekal ilmu teknik mesin, ahli atau pakar dari teknik mesin ini mendesain dan menganalisis pembuatan kendaraan, pesawat, pabrik industri, peralatan dan mesin industri dan lain sebagainya. Teknik mesin biasanya terdiri dari : Perancangan Mekanik dan Konstruksi, Proses Manufaktur dan Sistem Produksi, Konversi energi, dan Ilmu Bahan / Metalurgi. Dengan banyaknya kajian bidang ilmu teknik mesin, maka ilmu teknik mesin banyak terkait pada industri apapun, sehingga kaitan yang paling dekat dengan kajian K3 adalah ilmu teknik mesin.

### **Rangkuman**

Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) bidang teknik mesin terkait dengan bidang keilmuan lainnya, seperti ilmu gizi, ilmu kimia, ilmu fisika, ilmu kedokteran, ilmu teknik dan lainnya. Olehnya ketika kitan mempelajari bidang keselamatan dan kesehatan kerja (K3) bidang teknik mesin harus mengetahui dasar dari keilmuan yang terkait. Dengan mengetahui keilmuan yang terkait dengan K3 bidang teknik mesin maka akan mudah mempelajarinya.

### **Tes Formatif**

1. Coba berikan contoh yang nyata kaitan antara ilmu gizi dengan ilmu keselamatan dan kesehatan kerja bidang teknik mesin
2. Keilmuan apa saja yang terkait dengan perancangan pesawat terbang

### **Tindak Lanjut**

Mahasiswa diharapkan dapat mengetahui dan memahami keilmuan yang terkait dengan keselamatan dan kesehatan kerja atau tuntas dalam materi bab IV untuk keberhasilan dalam proses belajar mengajar, karena materi ini erat hubungannya dengan materi bab V.

## **BAB V**

### **KECELAKAAN AKIBAT KERJA DAN PENCEGAHANNYA**

#### **Pendahuluan**

Pada bab ini, mahasiswa akan mempelajari bagaimana mengetahui kerugian-kerugian yang disebabkan kecelakaan akibat kerja, klasifikasi kecelakaan akibat kerja dan sebab-sebab kecelakaan serta analisisnya. Disamping itu juga mahasiswa akan mempelajari juga bagaimana mencegah kecelakaan yang diakibatkan kerja.

Dan setelah mempelajari bagian ini, diharapkan mahasiswa dapat :

1. Mengetahui kerugian-kerugian akibat kecelakaan kerja
2. Mengetahui klasifikasi kecelakaan akibat kerja
3. Mengetahui sebab-sebab kecelakaan dan analisisnya
4. Mengetahui bagaimana mencegah kecelakaan kerja

#### **A. Pembatasan**

Kecelakaan adalah kejadian yang tak terduga dan tidak diharapkan. Maksud tak terduga, oleh karena dibelakang peristiwa itu tidak terdapat unsur kesengajaan, lebih-lebih dalam bentuk perencanaan. Maka dari itu peristiwa sabotase atau tindakan kriminal di luar ruang lingkup kecelakaan yang sebenarnya. Sedangkan maksud tidak diharapkan oleh karena peristiwa kecelakaan disertai dengan kerugian material ataupun penderitaan dari yang paling ringan sampai kepada yang paling berat.

Kecelakaan akibat kerja adalah kecelakaan yang berhubungan dengan hubungan kerja pada perusahaan. Hubungan kerja disini dapat berarti bahwa kecelakaan terjadi dikarenakan oleh pekerjaan atau pada waktu melaksanakan pekerjaan. Menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja RI Nomor : 03 /MEN/1998 tentang Tata Cara Pelaporan dan Pemeriksaan Kecelakaan bahwa yang dimaksud dengan kecelakaan adalah suatu kejadian yang tidak dikehendaki dan tidak diduga semula yang dapat menimbulkan korban manusia dan atau harta benda

Maka dari itu terdapat dua permasalahan penting, yaitu: 1)Kecelakaan adalah akibat langsung pekerjaan, 2)Kecelakaan terjadi pada saat pekerjaan sedang dilakukan.

Kadang-kadang kecelakaan akibat kerja diperluas ruang lingkungannya, sehingga meliputi juga kecelakaan-kecelakaan tenaga kerja yang terjadi

pada saat perjalanan atau transport ke dan dari tempat kerja. Kecelakaan di rumah atau waktu rekreasi atau cuti dan lain-lain adalah diluar makna kecelakaan akibat kerja, sekalipun pencegahannya sering dimasukkan program keselamatan perusahaan. Kecelakaan-kecelakaan demikian termasuk kecelakaan umum hanya saja menimpa tenaga kerja diluar pekerjaannya.

Bahaya pekerjaan adalah factor-faktor dalam hubungan pekerjaan yang dapat mendatangkan kecelakaan. Bahaya tersebut disebut potensial, jika factor-faktor tersebut belum mendatangkan kecelakaan. Jika kecelakaan telah terjadi maka bahaya tersebut sebagai bahaya nyata.

## **B. Kerugian-Kerugian Yang Disebabkan Kecelakaan Akibat Kerja**

Kecelakaan menyebabkan 5 kerugian yaitu: 1)Kerusakaan, 2)Kekacauan organisasi, 3)Keluhan dan kesedihan, 4)Kelalaian dan cacat, dan 5)Kematian.

Jika bagian mesin, pesawat, alat kerja, bahan, proses, tempat dan lingkungan kerja rusak akibat kecelakaan, akibat dari itu semua akan terjadi kekacauan organisasi dalam proses produksi. Orang yang ditimpa kecelakaan mengeluh dan menderita, sedangkan keluarga dan kawan-kawan sekerja akan bersedih hati. Kecelakaan tidak jarang berakibat luka-luka, terjadinya kelainan tubuh dan cacat. Bahkan tidak jarang kecelakaan merenggut nyawa dan berakibat kematian.

Kerugian-kerugian akibat kecelakaan dapat diukur dengan besarnya biaya yang dikeluarkan. Biaya yang dikeluarkan dibagi menjadi biaya langsung dan biaya tersembunyi. **Biaya langsung** adalah biaya pemberian pertolongan bagi kecelakaan, pengobatan, perawatan, biaya rumah sakit, biaya angkutan, upah selama tak mampu bekerja, kompensasi cacat, dan biaya perbaikan alat-alat mesin serta biaya atas kerusakan bahan-bahan. **Biaya tersembunyi** meliputi segala sesuatu yang tidak terlihat pada waktu atau beberapa waktu setelah kecelakaan terjadi. Biaya ini mencakup berhentinya proses produksi oleh karena pekerja-pekerja lainnya menolong atau tertarik oleh peristiwa kecelakaan tersebut, biaya yang harus diperhitungkan untuk mengganti orang yang sedang menderita oleh karena kecelakaan dengan orang baru yang belum bisa bekerja di tempat itu dan lain-lain.

Atas dasar penelitian-penelitian, dinegara-negara yang industrinya maju perbandingan diantara biaya langsung dan biaya tersembunyi

adalah satu banding empat, sedangkan dinegara berkembang satu banding dua.

Kecelakaan-kecelakaan besar dengan kerugian-kerugian besar biasanya dilaporkan, sedangkan kecelakaan kecil tidak dilaporkan. Padahal biasanya peristiwa-peristiwa kecelakaan kecil adalah 10 kali kejadian kecelakaan-kecelakaan besar. Maka dari itu kecelakaan-kecelakaan kecil menyebabkan kerugian yang besar pula, manakala dijumlahkan secara keseluruhan.

### **C. Klasifikasi Kecelakaan Akibat Kerja**

Klasifikasi kecelakaan kerja menurut Organisasi Perburuhan Internasional tahun 1962 adalah sebagai berikut:

1. Klasifikasi Menurut Jenis Kecelakaan
  - a. Terjatuh
  - b. Tertimpa benda jatuh
  - c. Tertumbuk atau terkena benda-benda, terkecuali benda jatuh
  - d. Terjepit oleh benda
  - e. Gerakan-gerakan melebihi kemampuan
  - f. Pengaruh suhu tinggi
  - g. Terkena arus listrik
  - h. Kontak dengan bahan-bahan berbahaya atau radiasi
  - i. Jenis-jenis lain, termasuk kecelakaan-kecelakaan yang data-datanya tidak cukup atau kecelakaan-kecelakaan lain yang belum masuk klasifikasi tersebut.
2. Klasifikasi Menurut Penyebab
  - a. Mesin
    - Pembangkit tenaga, terkecuali motor-motor listrik
    - Mesin penyalur (transmisi)
    - Mesin-mesin untuk pengerjaan logam
    - Mesin-mesin pengolah kayu
    - Mesin-mesin pertanian
    - Mesin-mesin pertambangan
    - Mesin-mesin lain yang tidak termasuk dalam klasifikasi tersebut
  - b. Alat Angkut dan Alat Angkat
    - Mesin angkat dan peralatannya

- Alat angkutan diatas rel
  - Alat angkutan lain yang beroda, terkecuali kereta api
  - Alat angkutan udara
  - Alat angkutan air
  - Alat-alat angkutan lain
- c. Peralatan Lain
- Bejana bertekanan
  - Dapur pembakar dan pemanas
  - Instalasi pendingin
  - Instalasi listrik, termasuk motor listrik
  - Alat-alat listrik tangan
  - Alat kerja dan perlengkapannya, kecuali alat-alat listrik
  - Tangga
  - Perancah (steger)
  - Peralatan lain yang belum termasuk klasifikasi tersebut
- d. Bahan-Bahan, Zat-Zat dan Radiasi
- Bahan peledak
  - Debu, gas, cairan dan zat-zat kimia
  - Benda-benda melayang
  - Radiasi
  - Bahan-bahan dan zat-zat lain yang belum termasuk golongan tersebut
- e. Lingkungan Kerja
- Diluar bangunan
  - Didalam bangunan
  - Dibawah tanah
- f. Penyebab-penyebab lain yang belum termasuk golongan-golongan tersebut
- Hewan
  - Penyebab Lain
3. Klasifikasi Menurut Sifat Luka dan Kelainan
- a. Patah tulang
  - b. Dislokasi/keseleo
  - c. Regang otot/urat
  - d. Memar dan luka dalam yang lain
  - e. Amputasi
  - f. Luka-Luka lain
  - g. Luka dipermukaan
  - h. Gagar dan remuk



- i. Luka bakar
  - j. Keracunan mendadak (akut)
  - k. Akibat cuaca
  - l. Mati lemas
  - m. Pengaruh arus listrik
  - n. Pengaruh radiasi
  - o. Luka-luka yang banyak dan berlainan sifatnya
4. Klasifikasi Menurut Letak Kelainan atau Luka di Tubuh
- a. Kepala
  - b. Leher
  - c. Badan
  - d. Anggota atas
  - e. Anggota bawah
  - f. Banyak tempat
  - g. Kelainan umum

#### **D. Sebab-Sebab Kecelakaan dan Analisanya**

Kecelakaan ada sebabnya dan penggolongan sebab-sebab kecelakaan diberbagai Negara tidak sama. Namun ada kesamaan umum, yaitu bahwa kecelakaan disebabkan oleh dua golongan penyebab:

1. Tindakan perbuatan manusia yang tidak memenuhi keselamatan (Unsafe Human Action)
2. Keadaan lingkungan yang tidak aman (Unsafe Condition)

Tindakan perbuatan manusia yang tidak memenuhi keselamatan (Unsafe Human Action) yaitu, tingkah laku, tindak-tanduk atau perbuatan yang akan menyebabkan kecelakaan penyebab dasarnya adalah sebagai berikut:

- Disebabkan karena faktor manusianya, sebagai contoh; kurangnya kemampuan fisik, mental dan psikologis, kurangnya pengetahuan dan ketrampilan/keahlian, stres, kurangnya motivasi (motivasi salah).
- Disebabkan faktor kerja/lingkungan, sebagai contoh; tidak cukup kepemimpinan dan atau pengawasan, tidak cukup rekayasa (engineering), tidak cukup pembelian barang/pengadaan barang, tidak cukup perawatan (maintanance), tidak cukup alat-alat, perlengkapan dan bahan-bahan, tidak cukup standard kerja dan penyalagunaan.
- Disebabkan faktor mengoperasikan alat/peralatan tanpa wewenang
- Disebabkan faktor gagal untuk memberi peringatan

- Disebabkan faktor gagal untuk mengamankan
- Disebabkan faktor bekerja dengan kecepatan yang salah
- Disebabkan faktor yang menyebabkan alat-alat keselamatan tidak berfungsi
- Disebabkan faktor memindahkan alat-alat keselamatan
- Disebabkan faktor menggunakan alat yang rusak
- Disebabkan faktor menggunakan alat dengan cara yang salah
- Disebabkan faktor kegagalan memakai alat pelindung diri secara benar

Kondisi lingkungan yang tidak aman (Unsafe Condition) penyebab dasarnya adalah sebagai berikut:

- Disebabkan karena faktor peralatan pengaman/pelindung/rintangan yang tidak memadai atau tidak memenuhi syarat.
- Disebabkan faktor bahan, alat-alat/peralatan yang rusak
- Disebabkan faktor ruangan terlalu sesak/sempit
- Disebabkan faktor sistem tanda peringatan yang kurang memadai
- Disebabkan faktor bahaya kebakaran dan ledakan
- Disebabkan faktor kerapihan/tata-letak (housekeeping) yang buruk
- Disebabkan faktor Lingkungan berbahaya/beracun : gas, debu, asap, uap, dll
- Disebabkan faktor bising
- Disebabkan faktor paparan radiasi
- Disebabkan faktor ventilasi dan penerangan yang kurang

Dari hasil penelitian bahwa 80 – 85% kecelakaan disebabkan oleh kelalaian atau kesalahan manusia. Bahkan ada suatu pendapat baik langsung atau tidak langsung semua kecelakaan disebabkan dikarenakan factor manusia. Kesalahan tersebut mungkin saja dibuat oleh perencana pabrik, oleh kontraktor yang membangunnya, pembuat mesin-mesin, pengusaha, insiyur, ahli kimia, ahli listrik, pimpinan, kelompok, pelaksana, atau petugas yang melakukan pemeliharaan mesin dan peralatan.

Upaya untuk mencari sebab kecelakaan disebut analisa sebab kecelakaan , analisa ini dilakukan dengan mengadakan penyelidikan atau pemeriksaan terhadap peristiwa kecelakaan. Analisa kecelakaan tidak mudah, oleh karena penentuan sebab-sebab kecelakaan secara tepat adalah pekerjaan yang sulit. Kecelakaan harus secara tepat dan jelas diketahui **bagaimana** atau **mengapa** terjadi. Hanya pernyataan bahwa

kecelakaan dikarenakan misalnya alat kerja atau tertimpa benda jatuh tidaklah cukup, melainkan perlu ada kejelasan tentang serentetan peristiwa atau factor-faktor yang terjadi dan akhirnya menjadi sebab kecelakaan.

#### Contoh Kasus I

Seorang menaiki tangga dan terjatuh, oleh karena satu anak tangga tidak ada.

Analisa kecelakaan dengan pemeriksaan menemukan kenyataan-kenyataan sebagai berikut:

1. Terdapat anak tangga diruang kerja dengan salah satu anak tangga hilang
2. Seorang tenaga kerja mengambil tangga itu dan menggunakannya untuk pekerjaan perawatan
3. Sesudah pekerjaan selesai ia turun tanpa ingat bahwa satu anak tangga tidak ada

Ketiga factor diatas yang menimbulkan terjadinya kecelakaan, jika salah satu factor tidak ada kecelakaan tidak akan terjadi. Faktor mana yang akan ditonjolkan sebagai penyebab kecelakaan adalah factor yang positif akan membantu pencegahan selanjutnya, agar tindakan selanjutnya positif memberikan manfaat. Dalam hal ini adanya tangga yang tidak lengkap anak tangganya adalah sebab utama yang harus diperbaiki. Sedangkan yang lain dianggap penyebab tambahan yang perlu ada perhatian, yaitu perlunya larangan penggunaan tangga yang tidak baik dan perlunya pendidikan kepada tenaga kerja, agar tetap selalu berhati-hati dalam pekerjaannya.

#### Contoh Kasus II

Suatu rantai pengangkat putus ketika beban yang diangkut 700 kg melebihi beban kerja tertinggi yang aman sebesar 500 kg. Jika diperhatikan benar bahwa putusnya rantai karena beban lebih, tetapi penjelasan tersebut belum memadai. Pengujian kekuatan rantai sebelumnya dan hasilnya bahwa rantai mampu menahan beban 2500 – 2600 Kg. Pengujian secara pukulan kepada mata rantai tidak memperlihatkan sesuatu cacat dan pemeriksaan secara mikroskopis dengan pembesaran 200 dan 1000 menunjukkan proses aus yang terjadi oleh karena usianya. Proses aus tersebut menyebabkan penurunan kekuatannya terhadap tegangan yang mengejut seperti biasanya terjadi ditempat kerja. Perubahan inilah yang menjadi sebab kecelakaan.

Andaikata kecelakaan dikarenakan reaksi kimiawi yang tidak terlihat, pengujian laboratorium lebih lanjut diperlukan.

Kecelakaan-kecelakaan diselidiki dengan maksud: 1) Menentukan siapa yang bertanggung jawab atas terjadinya kecelakaan, 2) Mencegah terulangnya peristiwa yang serupa. Menetapkan siapa yang bersalah adalah sangat berbeda dibanding dengan menyelidiki kecelakaan untuk pencegahan. Tanggung jawab tentang terjadinya kecelakaan berkaitan dengan hak kompensasi kecelakaan, penindakan atau hukuman bagi pelanggar ketentuan-ketentuan keselamatan, tindakan lain terhadap yang bersalah dan lain-lain. Penyelidikan tentang tanggung jawab ini sangat membantu dalam pencegahan terulangnya kecelakaan.

## **E. Pencegahan**

Kecelakaan-kecelakaan akibat kerja dapat dicegah dengan:

1. Peraturan Perundangan  
Peraturan perundangan yaitu ketentuan-ketentuan yang diwajibkan mengenai kondisi-kondisi kerja pada umumnya, perencanaan, konstruksi, perawatan dan pemeliharaan, pengawasan, pengujian, dan cara kerja peralatan industry, tugas-tugas pengusaha dan buruh, lalihan, supervise medis, PPPK dan pemeriksaan kesehatan
2. Standarisasi  
Standarisasi yaitu penetapan standar-standar resmi, setengah resmi atau tak resmi mengenai, misalnya konstruksi yang mempunyai syarat-syarat keselamatan jenis-jenis peralatan industry tertentu, praktek-praktek keselamatan dan hygiene umum atau alat-alat perlindungan diri.
3. Pengawasan  
Pengawasan yaitu pengawasan tentang dipatuhinya ketentuan-ketentuan perundang-undangan yang diwajibkan
4. Penelitian  
Penelitian disini yang bersifat teknik yang meliputi sifat dan cirri-ciri bahan-bahan yang berbahaya, penyelidikan tentang pagar pengaman, pengujian alat-alat perlindungan diri, penelitian tentang pencegahan peledakan gas dan debu, atau penelaahan tentang bahan-bahan dan desain paling tepat untuk tambang-tambang pegangkat dan peralatan pengangkat lainnya.
5. Riset Medis  
Riset medis yaitu riset yang terfocus pada penelitian tentang efek-efek fisiologis dan patologis factor-faktor lingkungan dan teknologis, dan keadaan-keadaan fisik yang mengakibatkan kecelakaan tersebut

6. Penelitian Psikologis  
Penelitian psikologis terfokus menyelidiki tentang pola-pola kejiwaan yang menyebabkan terjadinya kecelakaan
7. Penelitian Secara Statistik  
Penelitian untuk menetapkan jenis-jenis kecelakaan yang terjadi, banyaknya, mengenai siapa saja, dalam pekerjaan apa, dan apa sebab-sebabnya
8. Pendidikan  
Pendidikan disini menyangkut pendidikan keselamatan dalam kurikulum teknik, sekolah-sekolah perniagaan atau kursus-kursus pertukangan
9. Latihan-Latihan  
Latihan praktek bagi tenaga kerja khususnya tenaga kerja yang baru dalam keselamatan kerja
10. Penggairahan  
Penggairahan yaitu penggunaan aneka cara penyuluhan atau pendekatan lain untuk menimbulkan sikap untuk selamat
11. Asuransi  
Asuransi yaitu insentif financial untuk meningkatkan pencegahan kecelakaan misalnya dalam bentuk pengurangan premi yang dibayar oleh perusahaan, jika tindakan-tindakan keselamatan sangat baik.
12. Usaha Keselamatan Pada Tingkat Perusahaan  
Usaha keselamatan pada tingkat perusahaan yaitu merupakan ukuran utama efektif atau tidaknya penerapan keselamatan kerja. Pada perusahaanlah kecelakaan-kecelakaan terjadi, sedangkan pola-pola kecelakaan pada suatu perusahaan sangat tergantung pada tingkat kesadaran akan keselamatan kerja oleh semua pihak yang bersangkutan.  
Jelaslah bahwa untuk pencegahan kecelakaan akibat kerja diperlukan kerja sama aneka keahlian dan profesi seperti pembuat undang-undang, pegawai pemerintah, ahli-ahli teknik, dokter, ahli ilmu jiwa, ahli statistic, guru-guru, pegusaha dan buruh.

## **Rangkuman**

1. Kecelakaan adalah suatu kejadian yang tidak diduga dari semula dan tidak dikehendaki yang mengganggu suatu proses dari aktivitas dan dapat mengakibatkan kerugian baik manusia maupun harta benda.

2. Ada lima kerugian yang diakibatkan kecelakaan kerja yaitu:  
1)kerusakan, 2)kekacauan organisasi, 3)keluhan dan kesedihan,  
4)kelalaian dan cacat, 5)kematian

### **Tes Formatif**

1. Ada 2 biaya yang harus dikeluarkan jika terjadi kecelakaan kerja, jelaskan
2. Sebab-sebab terjadinya kecelakaan kerja ada 2 macam, sebutkan

### **Tindak Lanjut**

Mahasiswa diharapkan dapat mengetahui dan memahami tentang kecelakaan kerja serta sebab-sebab kecelakaan dan bagaimana mencegah kecelakaan itu sendiri atau tuntas dalam materi bab V untuk keberhasilan dalam proses belajar mengajar, karena materi ini erat kaitannya dengan materi bab VI

## **BAB VI**

### **FAKTOR-FAKTOR YANG MENGANCAM KESELAMATAN DAN KESEHATAN DALAM BEKERJA**

#### **Pendahuluan**

Dalam mencukupi kebutuhan sehari-hari manusia harus bekerja, karena tanpa bekerja berarti manusia tidak akan mendapatkan penghasilan dan akhirnya tidak dapat mencukupi kebutuhannya sehari-hari. Bekerja bisa dilakukan dimana saja, contohnya: di sawah (bertani), di laut (nelayan), di industry (karyawan), di kantor (pegawai), TNI & POLRI, di udara (penerbang, pilot), dan lain-lain. Dalam bekerja manusia bisa diperhadapkan dengan sumber bahaya yang ada disekitarnya dan sumberbahaya ini bisa mengancam aktivitasnya bahkan dirinya sendiri.

Faktor-faktor yang dapat mengancam keselamatan dan kesehatan manusia dalam bekerja, dimanapun berada terdiri dari 5 faktor, yaitu: factor fisik, factor kimia, factor biologis, factor psikologis dan factor fisiologis

Dan setelah mempelajari bagian ini, diharapkan mahasiswa dapat:

1. Mengetahui faktor fisik yang mengancam keselamatan dan kesehatan dalam bekerja
2. Mengetahui faktor kimia yang mengancam keselamatan dan kesehatan dalam bekerja
3. Mengetahui faktor biologis yang mengancam keselamatan dan kesehatan dalam bekerja
4. Mengetahui faktor psikologis yang mengancam keselamatan dan kesehatan dalam bekerja
5. Mengetahui faktor fisiologis yang mengancam keselamatan dan kesehatan dalam bekerja

#### **A. Faktor Fisik**

Faktor fisik adalah factor yang disebabkan dari gejala-gejala fisika yang dapat mempengaruhi orang dalam bekerja. Yang tergolong factor fisik antara lain: 1)Suara (bunyi), 2)Radiasi, 3)Suhu (temperatur), 4)Tekanan, dan 5)Pencahaya-an.

##### **1. Suara (Bunyi)**

Suara atau bunyi yang terlalu keras dengan waktu yang lama apabila didengar oleh manusia dapat menyebabkan gangguan pada indera

pendengaran (telinga). Gangguan pendengaran yang diakibatkan oleh bunyi yang melebihi nilai ambang batas dinamakan NIHL (Noise Induced Hearing Loss) yang artinya gangguan pendengaran yang diakibatkan kebisingan. Gangguan pendengaran yang diakibatkan kebisingan bisa bersifat irreversible dan reversible. Maksud gangguan yang bersifat reversible artinya bila manusia terpapar kebisingan kemudian terjadi gangguan pendengaran, maka pendengarannya bisa pulih kembali. Sedangkan yang bersifat irreversible artinya jika manusia terpapar kebisingan dan terjadi gangguan pendengaran maka pendengarannya tidak dapat pulih kembali (tuli).

Nilai Ambang Batas (NAB) untuk kebisingan di tempat kerja adalah 85 DB/8 jam kerja artinya jika orang bekerja pada tempat yang bising dan kebisingannya jika diukur dengan sound level meter sebesar 85 DB (Desibel), maka orang tersebut jika bekerja selama 8 jam, pendengarannya tidak mengalami gangguan.

Untuk mencegah gangguan pendengaran akibat kebisingan, maka sewaktu bekerja di tempat bising seharusnya pekerja wajib menggunakan Alat Pelindung Diri (APD). Alat pelindung diri khusus untuk melindungi pendengaran yaitu Ear Muff dan Ear Plug. Fungsi alat ini adalah menahan atau menurunkan gelombang suara yang terdengar ke telinga, sehingga bunyi yang ketelंगा tidak dapat merusak pendengaran.

Ear plug adalah suatu alat yang fungsinya sebagai penyumbat telinga dan dimasukkan ke dalam lubang telinga. Sedangkan ear muff fungsinya sama saja dengan ear plug, Cuma bedanya ear muff sebagai penyumbat telinga diletakkan di luar (didaun telinga).



Gambar 6.1 Ear Plug





Gambar 6.2 Ear Muff

Ketika bunyi dapat merusak pendengaran itu diakibatkan oleh intensitas. Jika intensitas bunyi sangat tinggi (diatas nilai ambang batas), maka dapat merusak pendengaran. Intensitas suara dipengaruhi oleh frekwensi dan amplitudo. Frekwensi menandakan tinggi rendahnya suara (bunyi), dan Amplitudo menandakan keras lemahnya suara (bunyi).

Ketika suara atau bunyi menyebabkan kegaduhan atau bising, kondisi seperti ini dimaksudkan *unwanted noise* (sifatnya hanya subyektif). Sebagai contoh macam-macam kebisingan atau kegaduhan, seperti berikut:

- Dalam rumah tangga : 20 -30 dB
- Dalam kantor : 60 – 70 dB
- Perusahaan + Mesin : 80 – 90 dB
- Perusahaan dengan alat potong misalnya pabrik paku: 100 - 200 dB

Kebisingan dapat dikelompokan dalam grade, sebagai berikut:

- Grade 0 : sampai 90 dB (Tolerable/Tak ada keluhan)
- Grade III : 91 – 99 dB (Moderate)
- Grade II : 100 – 109 dB (Moderate bagi semua pekerja atau dilingkungan perusahaan)
- Grade I : Lebih dari 110 dB (Berat)

Pencegahannya ketika menghadapi kebisingan antara lain:

- Grade 0 : Tidak memakai apa-apa (bila ada keluhan menggunakan ear plug)
- Grade III : Diperiksa dengan audiometri (pencegahannya dengan

- Ear plug)
- Grade II : Sama dengan grade III
- Grade I : Pemeriksaan dengan audiometri setiap 6 bulan sekali  
(Pencegahannya dengan ear muff)

## **2. Radiasi**

Radiasi adalah pancaran gelombang dari benda yang mengeluarkan pancaran ke lingkungan sekitarnya dan pancaran ini bisa berupa panas dan sinar. Jika di lingkungan pekerjaan ada gelombang radiasi, maka pekerja akan bisa terkena dampak dari radiasi tersebut. Dampak yang diakibatkan dari radiasi menyebabkan kelainan-kelainan darah dan kulit.

Radiasi yang ada ditempat kerja dan mempunyai pengaruh kepada tenaga kerja dan pekerjaannya terdiri dari:

### **a. Radiasi Elektromagnetik**

Radiasi elektromagnetik terdiri dari:

- Gelombang Mikro (Micro Wave)
- Radiasi Laser
- Radiasi Panas
- Sinar Infra Merah
- Sinar Ultraviolet
- Sinar X
- Sinar Gamma

### **b. Radiasi Radioaktif**

Sinar radioaktif di timbulkan dari bahan-bahan radioakti

## **Efek-Efek Yang Ditimbulkan Akibat Paparan Radiasi**

### **a. Radiasi Elektromagnetik**

#### **1. Sinar Infra Merah**

Radiasi sinar infra merah efeknya pada mata dan dapat menyebabkan katarak. Biasanya radiasi infra merah banyak dijumpai pada pabrik-pabrik besi baja, pada tungku-tungku pembakaran dan lampu rumah tangga (radiasi infra merah kecil). Untuk mencegah akibat paparan radiasi infra merah agar tidak merusak mata digunakan kaca mata berbahan **cobalt biru**.

#### **2. Sinar Ultraviolet**

Sinar ultraviolet dapat menyebabkan Photo Electric Conjunctivitis. Sinar ultraviolet contohnya pada lampu-lampu pembuatan film.

## b. Radiasi Radioaktif

Nomor atom penting untuk menentukan radioaktif, misalnya  $U^{95}$ <sub>232</sub>. Bahan radioaktif mengeluarkan 4 sinar yaitu: sinar alfa, sinar beta, sinar gamma dan neutron. Dan sinar radioaktif mempunyai 2 pengaruh yaitu:

- Pengaruh didalam tubuh (pengaruh ini lebih berbahaya)
- Pengaruh diluar tubuh

Sinar X atau X ray dibuat dengan mengalirkan elektron dari katoda ke anoda. X ray indentik dengan sinar gama artificial. X ray mempunyai panjang gelombang lebih kecil dari pada sinar gama. Panjang gelombang X ray dapat dibuat dari panjang gelombang sinar gama, tetapi ini berbahaya untuk terapi. Jika panjang gelombang makin pendek, maka daya tembusnya makin besar.

Adapun istilah-istilah yang digunakan oleh sinar X dan sinar gamma dalam pengukuran, yaitu:

1. Rontgen : Pengukuran sinar X dan sinar gamma yang berdasarkan unit ionisasi
2. REM : Rontgen Equivalent Man, yaitu suatu unit pengukuran untuk radiasi sinar-sinar lainnya. Nomor 1 dan 2 disebut pengukuran biologis
3. RAD : Unit pengukuran secara teknis dari suatu energi
4. Curic : Unit pengukuran bahan radioaktif yang berdasarkan rate (berapa lama perubahan itu habis)

Macam-Macam radioaktif yaitu:

- Sealed : bahan radioaktif diletakkan dalam kotak/tabung sehingga tak dapat keluar dengan sendirinya.
- Unsealed

Sealed : penggunaan X Ray :  $Co^{60}$ ,  $Ts^{137}$ , Iridium<sup>192</sup>, sinar ini digunakan untuk:

- Melihat campuran logam
- Melihat campuran bahan-bahan kimia dengan cara radiasi
- Sterilisasi bahan-bahan

Dan diperusahaan sinar X (X Ray) digunakan untuk :

- Mengetahui kepadatan, panjang, tebal suatu produk
- Mengetahui apakah aliran listrik teratur atau tidak

- Untuk mengetahui letak pipa didalam tanah
- Untuk mengetahui kosong tidaknya kaleng
- Pembuatan lampu-lampu krypton gas

Bila ada radiasi X Ray (Sealed) , tindakan preventif (pencegahan) agar tidak berdampak pada kesehatan dilakukan dengan cara **Shielding** yaitu membatasi ruangan dengan tembok berlapi plumbun (timah hitam).

### **Daya Tembus Radiasi**

Sinar radiasi mempunyai daya tembus terhadap benda yang teradiasi, yaitu:

- Sinar alfa : tidak dalam (hanya beberapa mm)
- Sinar beta : lebih dalam lagi
- Neutron : lebih dalam lagi dari sinar beta
- Fast Neutron : untuk Tx kanker
- Sinar gamma : lebih dalam dari pada neutron

### **Kerusakan Akibat Radiasi**

Kerusakan yang diakibatkan dari radiasi terhadap organ tubuh manusia antara lain:

- Kerusakan sistim hemopoetik : leukemia
- Kerusakan otot
- Kerusakan organ genetalia, steril, impotensi

Kerusakan karena sinar beta menyebabkan : kelainan pada kulit dan leukemia. Dan dosis yang besar dari sinar gamma akan menyebabkan kematian dan dosis yang kecil dari sinar gamma akan mematikan atau merusak jaringan-jaringan yang peka misalnya: pada sel-sel muda dan sel-sel ganas.

Dan radioaktif dapat menyebabkan mutasi gene dari sel somatic dan sel kelamin.

### **3. Suhu**

Suhu atau temperatur adalah kalor yang ada disekeliling kita yang ditandai dengan satuan kalor bisa dalam derajat Celcius ( $^{\circ}\text{C}$ ), derajat Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ ), derajat Reamur ( $^{\circ}\text{R}$ ) dan derajat Kelvin ( $^{\circ}\text{K}$ ). Suhu yang ada disekeliling kita atau suhu alami tidak akan pernah stabil melainkan berfluktuasi, olehnya ada panas pada waktu siang hari dan ada dingin pada waktu malam hari. Akan tetapi suhu juga bisa dikendalikan misalnya suhu dibuat dingin terus contohnya:: suhu di lemari es, suhu di cold stored dll, dan ada juga suhu yang dibuat panas secara stabil contohnya: pada microwave, mesin pemanas, dll.

Orientasi pada keselamatan dan kesehatan kerja (K3), suhu yang dimaksud disini adalah suhu yang ada disekitar manusia yang bisa mempengaruhi keselamatan dan kesehatan manusia itu sendiri.

Suhu yang tinggi bila terpapar pada manusia pada waktu yang relative lama dapat menyebabkan: milliaria, heat exhaustion, heat cramps dan heat stroke. Suhu yang rendah dapat menyebabkan kelainan berupa: Chilblains, Trench foot dan frostbite.

Untuk lebih jelasnya mengetahui penyakit akibat kerja yang diakibatkan dari suhu dapat dilihat pada penjelasan berikut:

### Milliaria

Milliaria adalah kelainan dikulit, keluar keringat berlebihan. Kelainan keringat ini mengalami peradangan sehingga terjadi over production. Tampak disini seperti keringat buntet (bintik merah-merah dikulit). Dan milliaria adalah gejala paling terendah yang diakibatkan paparan suhu yang tinggi

### Heat Exhaustion

Kejadian penyakit akibat kerja ini terjadi pada pekerja yang terpapar panas. Karena panas maka keluar keringat yang berlebihan, maka badan akan terasa lemah. Hal ini biasanya terjadi bagi pekerja-pekerja yang belum mengalami aklimatisasi. Perlu diketahui suhu manusia normal pada 36,5 °C. Gejala-gejala pekerjja yang mengalami heat exhaustion sebagai berikut:

- Peradaran darah menurun
- Nadi Cepat
- Lemah
- Pingsan

### Heat Cramps

Heat cramps adalah penyakit akibat kerja pada pekerja yang bekerja di tempat atau lingkungan panas, misalnya pada pabrik pengecoran besi. Biasanya pekerja mengeluarkan keringat sangat banyak disertai dengan pengeluaran garam-garam dari tubuh terutama garam Na. Akibat kekurangan garam Na tersebut akan terjadi cramps (kejang-kejang). Gejala pekerja yang mengalami heat cramps adalah sebagai berikut:

- Cramps dimulai dari kaki
- Nyeri perut oleh karena cramps otot

- Badan lemah (kurang tenaga)
- Muntah-Muntah
- Heat stress (orang tersebut belum mengalami aklimatisasi)

### Heat Stroke

Penyakit akibat kerja yang paling berbahaya akibat paparan panas adalah heat stroke. Hal ini disebabkan oleh karena menyerang pusat panas dalam otak, sehingga orang tersebut tidak mengeluarkan keringat, tetapi malah kering. Gejala bagi pekerja yang terkena heat stroke adalah sebagai berikut:

- Tremor
- Vertigo
- Kesadaran menurun

Dan penyakit ini jarang terjadi, oleh sebab ketika pekerja mengalami gejala awal sudah ditangani oleh temannya atau perusahaannya.

### Prinsip Pertolongan Umum Bagi Pekerja di Lingkungan Panas

Akibat kerja di lingkungan panas banyak mengeluarkan keringat yang membawa garam, olehnya garam yang keluar bersama keringat digantikan lagi dengan garam Na. Caranya dengan menambahkan garam Na dan cairan isotonis, dapat diberikan peroral atau intra venous.

Didalam lingkungan pekerja biasanya diberikan minum yang ditambahkan dengan tablet NaCl.

Untuk milliaria, heat exhaustion, dan heat cramps bisa diobati ditempat. Sedangkan pada heat stroke harus dibawah dirumah sakit dengan perawatan khusus, yaitu dengan penurunan panas tubuh penderita dengan memasukkan es batu dalam bak, kemudian penderita dipindahkan ke tempat tidur dan diselimuti dengan kain basah. Selain itu dipasang ventilasi supaya terjadi penguapan. Setelah itu baru diberikan garam isotonis.

Pada perusahaan panas yang timbul biasanya dibatasi dengan memberikan shielding yaitu ditambah pelat aluminium untuk membatasi ruang.

Khususnya untuk penderita het stroke biasanya bila sudah sembuh terjadi ataxia cerebellaris.

Setelah mengetahui penyakit akibat kerja (PAK) yang disebabkan oleh lingkungan yang bersuhu tinggi, selanjutnya akan dijelaskan PAK di lingkungan suhu rendah.

### Chilblains

Pekerja yang bekerja di tempat dingin atau lingkungan dingin dalam jangka waktu yang cukup lama dan belum terbiasa dengan keadaan tersebut, biasanya akan terjadi bengkak-bengkak dibagian tubuh dan extremitas, disamping itu ada gejala; gatal dan kemerahan.

### Trench Foot

Penyakit akibat kerja Trench Foot lebih berat dari Chilblains, penyakit akibat kerja ini pada pekerja yang bekerja lama didalam air, contohnya pada pekerja kapal yang sebagian tubuhnya terendam dalam air yang suhunya rendah dan dalam waktu yang cukup lama. Gejala penyakit akibat kerja ini adalah sebagai berikut:

- Kaki gringgingan (kesemutan)
- Pucat
- Dingin
- Bengkak
- Merah
- Gatal

Jika lebih lama lagi dapat menjadi **Ganggrene**. Jika terjadi **Ganggrene** sifatnya irreversibel (tidak bisa kembali normal/pulih), kondisi ini harus dilakukan amputasi pada kaki.

### Frosbite

Merupakan kelainan yang terberat akibat kerja dilingkungan suhu yang dingin. Biasanya terjadi pada pekerja ditempat-tempat yang dingin dengan suhu antara 0 °C sampai dibawah 0 °C. Gejalanya sama dengan Trench Foot tetapi disini disertai **Ganggrene**.

## **4. Tekanan**

Dalam istilah fisika tekanan adalah adanya suatu massa atau berat (Kg) pada suatu luasan (Cm<sup>2</sup>). Dan contoh tempat bertekanan rendah terjadi di gunung-gunung, diruang angka, dan lainnya. Dan bila pekerja bekerja pada tempat yang bertekanan rendah akan mengalami kekurangan oksigen.

Sedangkan pada pekerja yang bekerja di tempat yang mempunyai tekanan tinggi akan mengalami gejala sebagai berikut:

- Bila tekanan tinggi, terasa dalam telinganya terasa nyeri (*Ear Block*)
- Dapat juga dirasakan pada sinus yang disebut dengan sinus block. Sinus yang terasa biasanya, sinus fontalis dan sinus maxillaris.

Bahaya yang ditimbulkan akibat tekanan adalah Caisson Disease, yaitu adanya perubahan tekanan dalam bekerja, contohnya bila orang bekerja pada tekanan tinggi ke rendah akan mengalami decompresi (Caisson Disease) . Pekerja demikian biasanya pada pekerja penyelaman. Disini terjadi perubahan dari gas-gas O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> yang mula-mula larut akan berubah menjadi gas. CO<sub>2</sub> (Carbon Dioksida) dalam bentuk gas dapat dibuang langsung melalui paru-paru, tetapi untuk N<sub>2</sub> (Nitrogen) sulit sekali larut kembali dalam cairan tubuh, dan mudah larut dalam fat (lemak).

N<sub>2</sub> ini banyak pada : otak, saraf, sendi, dengan demikian maka pada decompresi terjadi gelembung-gelembung pada ketiga tempat tersebut dan tempat yang banyak lemaknya. Gejala yang ditimbulkan disebut dengan **The Bends** dimana terjadi terasa nyeri pada otot pada kaki dan lengan.

Pekerja yang bekerja pada caisson dibawah permukaan laut yang tekanannya 3,5 atmosfir akan terjadi ear block dan sinus block, abdominal distention sebab udara tidak dapat keluar. Bila caisson dinaikkan cepat, timbul caisson disease (Compressed Air Illness sesudah beberapa jam). Gejala yang ditimbulkan adalah sebagai berikut:

- The bends
- The itch yaitu prikes pada kulit (gelembung udara yang terjadi pada kulit dan terasa gatal)
- Vertigo
- Nausea
- Muntah
- Tinnitus
- Nystagmus
- Asphyxia
- Kerusakan syaraf
- Divers palsy yaitu kelumpuhan kaki dan tangan, paraplegia



- Gelembung-gelembung udara ( $N_2$ ) diotak, terjadi imboli  $N_2$ , terjadi kematian/kematian lokal (aseptic neorose) yaitu kerusakan pada bagian tulang epiphyse

Jumlah tekanan dalam caisson dan jam kerja dibatasi sebagai berikut:

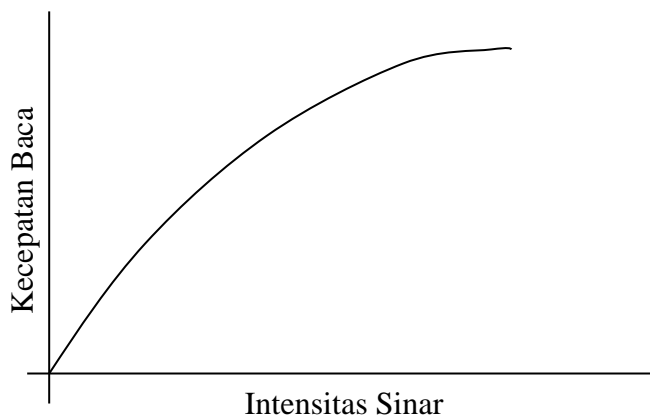
- 30 – 35 Lb/in<sup>2</sup> selama 6 – 8 jam
- 45 Lb/in<sup>2</sup> selama 2 – 3 jam
- 50 Lb/in<sup>2</sup> selama 1 jam
- Lebih dari 50 Lb/in<sup>2</sup> selama beberapa menit.

## 5. Penerangan

Penerangan sangat dibutuhkan seorang pekerja pada keseluruhan industry penerangan bila alami ataupun buatan. Penerangan buatan adalah penerangan yang diciptakan oleh manusia seperti lampu-lampu. Penerangan yang tidak baik bisa menimbulkan bahaya terhadap mata, artinya bisa menurunkan penglihatan mata. Oleh karenanya setiap industry harus memperhitungkan syarat-syarat yang tepat untuk penerangan industry.

Penerangan dipengaruhi oleh: 1) Brightness, 2) Object, 3) Koreksi dari mata, 4) Waktu untuk persepsi, 5) Kontras (hitam lebih jelas dari biru dengan hijau).

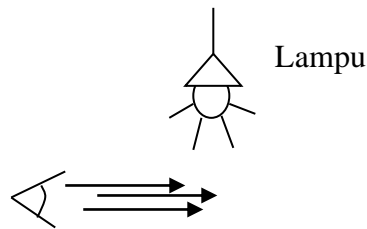
Kecepatan baca dari seseorang dipengaruhi atau berbading dengan intensitas sinar atau cahaya, dan gambaran dapat dilihat pada berikut:



Bila diperhatikan kesilauan (*Glare*) terbagi menjadi 2 bagian, yaitu: silau langsung (*Direct*) dan silau tak langsung (*Indirect*).



Gambar 6.3 Silau Langsung



Gambar 6.4 Silau Tak

Satuan cahaya sebagai berikut:

1 lumen = intensitas sinar yang datang pada bidang tersebut (luas bidang 1 feet)

1 lumen = 1 foot candle

Bila luas bidang 1 m<sup>2</sup> maka intensitas sinar pada bidang tersebut = 1 lux, maka 1 foot candle = 10 lux.

Untuk mengevaluasi cahaya digunakan Lux Meter dan Foto Meter (biasanya digunakan untuk pengukuran cahaya yang datangnya tegak lurus)

## B. Faktor Kimia

Bahan kimia erat hubungannya dengan toksikologi industri. Toksikologi berarti ilmu tentang racun-racun, sedangkan racun adalah bahan kimia yang dalam jumlah yang relatif sedikit berbahaya bagi kehidupan manusia. Toksi tidaknya suatu bahan kimia tergantung pada kwantitas bahan tersebut.

Yang termasuk golongan kimia yang dapat mempengaruhi keselamatan dan kesehatan dalam orang bekerja terdiri dari 5 golongan yaitu:

### **1. Debu**

Debu adalah partikel-partikel zat padat, yang karena kekuatan tertentu baik penghancuran, pelembutan, pengepakan, dan lainnya. Sifat debu tidak berflokulasi kecuali dengan gaya tarikan listrik. Tidak berdifusi dan turun dengan gaya tarik bumi.

Segala jenis debu dapat menyebabkan penyakit yang namanya pneumoconiosis yaitu tertimbunnya debu di paru. Pada saat orang menarik nafas, udara yang mengandung partikel akan terhirup ke dalam paru-paru. Ukuran partikel (debu) yang masuk ke dalam paru-paru akan menentukan letak penempelan atau pengendapan partikel tersebut. Partikel yang berukuran kurang dari 5 mikron akan tertahan di saluran nafas bagian atas, sedangkan partikel berukuran 3 sampai 5 mikron akan tertahan pada saluran pernapasan bagian tengah. Partikel yang berukuran lebih kecil, 1 sampai 3 mikron, akan masuk ke dalam kantung udara paru-paru, menempel pada alveoli. Partikel yang lebih kecil lagi, kurang dari 1 mikron, akan ikut keluar saat nafas dihembuskan.

Penyakit pneumoconiosis banyak jenisnya, tergantung dari jenis partikel (debu) yang masuk atau terhisap ke dalam paru-paru. Beberapa jenis penyakit pneumoconiosis yang banyak dijumpai di daerah yang memiliki banyak kegiatan industri dan teknologi, yaitu Silikosis, Asbestosis, Byssinosis, Anthracosis dan Beriliosis.

#### Penyakit Silikosis

Penyakit Silikosis disebabkan oleh pencemaran debu silika bebas, berupa  $\text{SiO}_2$ , yang terhisap masuk ke dalam paru-paru dan kemudian mengendap. Debu silika bebas ini banyak terdapat di pabrik besi dan baja, keramik, pengecoran besi pada proses sandblasting, bengkel yang mengerjakan besi (mengikir, menggerinda, dll), perusahaan yang menggunakan batu sebagai bahan dasar, dan pertambangan. Selain dari itu, debu silika juga banyak terdapat di tempat penampang bijih besi, timah putih dan tambang batubara. Pemakaian batubara sebagai bahan bakar juga banyak menghasilkan debu silika bebas  $\text{SiO}_2$ . Pada saat dibakar, debu silika akan keluar dan terdispersi ke udara bersama – sama dengan partikel lainnya, seperti debu

alumina, oksida besi dan karbon dalam bentuk abu. Debu silika yang masuk ke dalam paru-paru akan mengalami masa inkubasi sekitar 2 sampai 4 tahun. Masa inkubasi ini akan lebih pendek, atau gejala penyakit silicosis akan segera tampak, apabila konsentrasi silika di udara cukup tinggi dan terhisap ke paru-paru dalam jumlah banyak. Penyakit silicosis ditandai dengan sesak nafas yang disertai batuk-batuk. Batuk-batuk seringkali tidak disertai dengan dahak. Pada silicosis tingkah sedang, gejala sesak nafas yang disertai terlihat dan pada pemeriksaan fototoraks kelainan paru-parunya mudah sekali diamati. Bila penyakit silicosis sudah berat maka sesak nafas akan semakin parah dan kemudian diikuti dengan hipertropi jantung sebelah kanan yang akan mengakibatkan kegagalan kerja jantung. Tempat kerja yang potensial untuk tercemari oleh debu silika perlu mendapatkan pengawasan keselamatan dan kesehatan kerja dan lingkungan yang ketat sebab penyakit silicosis ini belum ada obatnya yang tepat. Tindakan preventif lebih penting dan berarti dibandingkan dengan tindakan pengobatannya. Penyakit silicosis akan lebih buruk kalau penderita sebelumnya juga sudah menderita penyakit TBC paru-paru, bronchitis, asma bronchiale dan penyakit saluran pernapasan lainnya. Pengawasan dan pemeriksaan kesehatan secara berkala bagi pekerja akan sangat membantu pencegahan dan penanggulangan penyakit-penyakit akibat kerja. Data kesehatan pekerja sebelum masuk kerja, selama bekerja dan sesudah bekerja perlu dicatat untuk pemantauan riwayat penyakit pekerja kalau sewaktu – waktu diperlukan.

Gejala-gejala pekerja yang mengalami penyakit akibat kerja akibat dari debu silika adalah sebagai berikut:

- Dyspnoe (sesak nafas) pada waktu kerja (Grade I)
- Dyspnoe (sesak nafas) terus menerus (Grade II)
- Akhirnya ada kelainan ( Grade III)
  - Jantung: Right Backwart Failure
  - Paru : Emfisema (Melebarnya Gelembung Paru)
- Sering diikuti dengan penyakit lain yaitu TBC
  - Bila yang primer TBC disebut Silicotuberculosis
  - Bila yang primer silicosisnya maka disebut tuberculosilicosis

Untuk grade I terdapat nodule-nodule (benjol kecil < 1 cm) oleh karena SiO<sub>2</sub>, pada grade II terjadi penggabungan nodule dan pada grade III penggabungan lebih masif.

Tindakan preventivenya adalah sebagai berikut:

- Substitusi yaitu mengganti zat yang berbahaya dengan zat lain yang tidak kalah mutunya, misalnya  $\text{SiO}_2$  diganti dengan Al
- Menggunakan masker
- Wet drilling
- Wet cutting
- Sistem ventilasi yang baik (debu-debu dihisap)
- Pemeriksaan secara berkala

Terapi bagi pekerja yang mengalami penyakit akibat kerja karena debu silika **tidak ada terapinya**. Yang penting tindakan preventive.

### Penyakit Asbestosis

Penyakit Asbestosis adalah penyakit akibat kerja yang disebabkan oleh debu atau serat asbes yang mencemari udara. Asbes adalah campuran dari berbagai macam silikat, namun yang paling utama adalah Magnesium silikat. Debu asbes banyak dijumpai pada pabrik dan industri yang menggunakan asbes, pabrik pemintalan serat asbes, pabrik beratap asbes dan lain sebagainya. Debu asbes yang terhirup masuk ke dalam paru-paru akan mengakibatkan gejala sesak napas dan batuk-batuk yang disertai dengan dahak. Ujung-ujung jari penderitanya akan tampak membesar / melebar. Apabila dilakukan pemeriksaan pada dahak maka akan tampak adanya debu asbes dalam dahak tersebut. Pemakaian asbes untuk berbagai macam keperluan kiranya perlu diikuti dengan kesadaran akan keselamatan dan kesehatan lingkungan agar jangan sampai mengakibatkan asbestosis ini.

Pekerja yang rentan mendapatkan penyakit akibat kerja karena debu asbes adalah pekerja pada pertambangan asbes, pekerja pada pemintalan asbes, dan lainnya. Gejala-gejala pekerja yang mendapatkan penyakit akibat kerja karena debu asbes adalah sebagai berikut:

- Cyanosis
- Clubbing Finger
- Dyspnoe

Tindakan preventivenya yaitu ventilasi hisap vacuum, dan terapi jika pekerja mendapatkan penyakit akibat kerja karena debu asbes **tidak ada**.

### Penyakit Byssinosis

Penyakit Byssinosis adalah penyakit pneumoconiosis yang disebabkan oleh pencemaran debu kapas atau serat kapas di udara yang kemudian terhisap ke dalam paru-paru. Debu kapas atau serat kapas ini banyak dijumpai pada pabrik pemintalan kapas, pabrik tekstil, perusahaan dan pergudangan kapas serta pabrik atau bekerja lain yang menggunakan kapas atau tekstil; seperti tempat pembuatan kasur, pembuatan jok kursi dan lain sebagainya. Masa inkubasi penyakit byssinosis cukup lama, yaitu sekitar 5 tahun. Tanda-tanda awal penyakit byssinosis ini berupa sesak napas, terasa berat pada dada, terutama pada hari Senin (yaitu hari awal kerja pada setiap minggu). Secara psikis setiap hari Senin bekerja yang menderita penyakit byssinosis merasakan beban berat pada dada serta sesak napas. Reaksi alergi akibat adanya kapas yang masuk ke dalam saluran pernapasan juga merupakan gejala awal byssinosis. Pada byssinosis yang sudah lanjut atau berat, penyakit tersebut biasanya juga diikuti dengan penyakit bronchitis kronis dan mungkin juga disertai dengan emphysema.

Gejala-gejala yang ditimbulkan penyakit akibat kerja karena debu kapas akibat reaksi adalah sebagai berikut: alergi. Dan gejala-gejalanya sesak napas, dengan tingkatan sebagai berikut:

- Stadium 0 : tidak ada keluhan
- Stadium 1/2 : hari I masuk kerja (Exposed I)
- Stadium I : setiap senin
- Stadium II : setiap hari
- Stadium III ada kelainan

Insiden yang terjadi 60 – 70 % pekerja Dan tindakan preventivenya adalah sebagai berikut:

- Penderita TBC sebaiknya jangan bekerja di tempat yang mengandung debu kapas
- Pekerja menggunakan masker.
- Kebersihan dengan pembersihan hisap dan jangan disapu

### Penyakit Anthracosis

Penyakit Anthracosis adalah penyakit saluran pernapasan yang disebabkan oleh debu batubara. Penyakit ini biasanya dijumpai pada pekerja-pekerja tambang batubara atau pada pekerja-pekerja yang banyak melibatkan penggunaan batubara, seperti pengumpan batubara pada tanur besi, lokomotif (stoker) dan juga pada kapal laut bertenaga

batubara, serta pekerja boiler pada pusat Listrik Tenaga Uap berbahan bakar batubara. Masa inkubasi penyakit ini antara 2 – 4 tahun. Seperti halnya penyakit silicosis dan juga penyakit-penyakit pneumokoniosis lainnya, penyakit anthracosis juga ditandai dengan adanya rasa sesak napas. Karena pada debu batubara terkadang juga terdapat debu silikat maka penyakit anthracosis juga sering disertai dengan penyakit silicosis. Bila hal ini terjadi maka penyakitnya disebut silikioanthracosis. Penyakit anthracosis ada tiga macam, yaitu penyakit anthracosis murni, penyakit silikioantraksosis dan penyakit tuberkulosilikioanthracosis. Penyakit anthracosis murni disebabkan debu batubara. Penyakit ini memerlukan waktu yang cukup lama untuk menjadi berat, dan relatif tidak begitu berbahaya. Penyakit anthracosis menjadi berat bila disertai dengan komplikasi atau emphysema yang memungkinkan terjadinya kematian. Kalau terjadi emphysema maka anthracosis murni lebih berat daripada silikioantraksosis yang relatif jarang diikuti oleh emphysema. Sebenarnya antara anthracosis murni dan silikioantraksosis sulit dibedakan, kecuali dari sumber penyebabnya. Sedangkan paenyakit tuberkulosilikioanthracosis lebih mudah dibedakan dengan kedua penyakit anthracosis lainnya. Perbedaan ini mudah dilihat dari fototorak yang menunjukkan kelainan pada paru-paru akibat adanya debu batubara dan debu silikat, serta juga adanya baksil tuberculosis yang menyerang paru-paru.

Penyakit anthracosis jarang sekali yang anthracosis murni, biasanya disertai kombinasi-kombinasi, antara lain:

- Silicoanthracosis atau Anthracosilicosis
- Tuberculoanthracosis atau Anthracotuberculosis
- Silicotuberculoanthracosis

Gejala yang ditimbulkan penyakit akibat kerja karena debu batubara adalah sebagai berikut:

- Dyspnoe atau miner,s asthma
- Nyeri atau miner,s phthisis
- Dahak hitam
- Clubbing finger oleh backward failure
- Emfisema

Dan terapi pekerja yang mendapatkan penyakit akibat kerja karena debu abtu bara **tidak ada**

### Penyakit Beryliosis

Udara yang tercemar oleh debu logam berilium, baik yang berupa logam murni, oksida, sulfat, maupun dalam bentuk halogenida, dapat menyebabkan penyakit saluran pernapasan yang disebut beriliosis. Debu logam tersebut dapat menyebabkan nasoparingitis, bronchitis dan pneumonitis yang ditandai dengan gejala sedikit demam, batuk kering dan sesak napas. Penyakit beriliosis dapat timbul pada pekerja-pekerja industri yang menggunakan logam campuran berilium, tembaga, pekerja pada pabrik fluoresen, pabrik pembuatan tabung radio dan juga pada pekerja pengolahan bahan penunjang industri nuklir. Selain dari itu, pekerja-pekerja yang banyak menggunakan seng (dalam bentuk silikat) dan juga mangan, dapat juga menyebabkan penyakit beriliosis yang tertunda atau delayed beryliosis yang disebut juga dengan beriliosis kronis. Efek tertunda ini bisa berselang 5 tahun setelah berhenti menghirup udara yang tercemar oleh debu logam tersebut. Jadi lima tahun setelah pekerja tersebut tidak lagi berada di lingkungan yang mengandung debu logam tersebut, penyakit beriliosis mungkin saja timbul. Penyakit ini ditandai dengan gejala mudah lelah, berat badan yang menurun dan sesak napas. Oleh karena itu pemeriksaan kesehatan secara berkala bagi pekerja-pekerja yang terlibat dengan pekerja yang menggunakan logam tersebut perlu dilaksanakan terus – menerus. Tindakan preventinya bagi pekerja yang bekerja pada lingkungan yang mengandung debu logam berilium adalah sebagai berikut:

- Sistem cyclon
- Sistem ventilasi baik hisap maupun dorong
- Conopy yaitu mengendapkan debu Be dengan membuat hujan buatan
- Elektrostitic precipitator

### Siderosis

Penyakit akibat kerja siderosis disebabkan oleh debu yang mengandung  $Fe_2O_3$  atau debu yang mengandung persenyawaan besi. Penyakit ini tidak begitu berbahaya dan tidak progresif. Siderosis terdapat pada pekerja-pekerja yang menghirup debu dari pengolahan bijih besi. Biasanya pada siderosis murni tidak terjadi fibrosis atau emphysema, sehingga tidak ada pula cacat paru-paru. Namun demikian, bila juga disertai silicosis, penyakit tersebut susah



dibedakan dari silicosis murni. Siderosis murni biasanya tidak merupakan predisposisi untuk TBC

### Stanosis

Penyakit akibat kerja stanosis disebabkan oleh karena debu biji timah putih ( $\text{SnO}_2$ ). Pekerja-pekerja yang terlalu banyak menghirup debu timah putih menderita pneumoconiosis yang tidak begitu berbahaya, yaitu stannosis. Penyakit ini terdapat pada pekerjaan yang berhubungan dengan pengolahan bijih timah atau indetri-industri yang menggunakan timah putih.

Pada stannosis biasanya tidak terdapat fibrosa yang massif, tidak ada tanda-tanda cacat paru-paru, dan jarang terjadi komplikasi. Pada keadaan sakit tingkat permulaan, gambaran Ro paru-paru menunjukkan penambahan corakan dan pelebaran hilus. Kemudian menampak noduli di daerah antar iga ketiga, mula-mula di paru kanan, lalu di paru kiri. Lebih lanjut, penambahan corakan hilang, sedangkan noduli semakin jelas dan opak.

### Bagassosis

Penyakit akibat kerja bagassosis disebabkan oleh karena debu tebu, dan biasanya banyak dialami pekerja pada petani tebu atau pekerja pada pabrik gula.

Sebenarnya penyakit paru pada petani dibedakan menjadi dua macam, yaitu: farmers' lung disease dan bagassosis. Farmers' Lung disease adalah suatu penyakit paru pada petani padi dan gandum, akibat paparan debu jerami. Penyebabnya adalah jamur "Thermophilic actinomycetes vulgaris" yang terdapat pada jerami yang sedang membusuk. Bagassosis adalah suatu penyakit paru yang dialami oleh para petani, pekerja pabrik tebu, atau pabrik kertas yang terpapar sisa atau debu batang tebu (bagasse). Penyebabnya adalah jamur "Thermophilic actinomycetes sacchari" yang hidup subur pada alas batang tebu. Kedua penyakit ini termasuk "pneumonitis hipersensitif" akibat menghirup debu organis seperti jerami padi, gandum, serta sisa-sisa batang tebu. Gejala muncul 4-8 jam setelah terpapar, timbul gejala seperti infeksi paru akut. Antara lain batuk, sesak nafas tanpa mengi, demam menggigil, berkeringat, mual, sakit kepala.

Upaya mengatasi paling utama adalah melakukan pencegahan agar tidak terjadi penghirupan debu tersebut, antara lain:

- Mula-mula penanggulangan pada sumbernya. Penanggulangan pada sumbernya, terutama bagi tenaga kerja perusahaan, agar debu di udara ambien tidak tinggi.
- Bagi petani atau tenaga kerja di lapangan, diusahakan sewaktu bekerja tidak melawan arah angin, sehingga cemaran yang diterima tidak terlalu tinggi.
- Menggunakan masker sewaktu bekerja. Sebaiknya berupa masker standar, bukan hanya sekedar saputangan atau kain seadanya.
- Pemeriksaan kesehatan sewaktu baru mulai bekerja dan pemeriksaan kesehatan secara berkala, di samping sewaktu sakit, perlu dilakukan, terutama pekerja di perusahaan.
- Sedangkan bagi pekerja yang telah menderita gejala-gejala yang mengarah pada penyakit tersebut, segeralah memeriksa ke dokter, agar proses penyakit tidak berkembang ke arah makin memburuk.

Untuk mencegah agar terhindar dari penyakit pneumokoniosis, diharapkan pekerja menggunakan alat pelindung diri jenis masker. Kegunaan masker untuk menahan partikel debu yang akan dihisap melalui hidung.



Gambar 6.5 Masker

## 2. Uap

Uap adalah bentuk dari zat-zat yang berupa gas, dimana dalam keadaan biasa dalam bentuk padat atau cair. Sifat uap pada umumnya tidak kelihatan dan berdifusi mengisi seluruh ruangan.

Uap apapun dapat menyebabkan metal fume fever, dermatitis (kelainan kulit) dan keracunan.

Metal fume fever adalah sakit yang disebabkan oleh pemaparan/hirupan terhadap fume. Nama lain metal fume fever adalah :

- \* Brass founder ague
- \* Brass shake
- \* Zinc shake
- \* Galvie flu
- \* Metal dust fever
- \* Monday morning fever

Para pekerja di dunia kesehatan kerja , bisa menghirup fume dari kimia semacam Zinc oxide ( ZnO ), atau Magnesium oxide ( MgO), yang bisa terbentuk karena pemanasan atau welding logam, terutama Galvanized steel.

#### GEJALA METAL FUME FEVER

Gejala metal fume fever bersifat non spesifik seperti flu yaitu :

- \* Demam
- \* Menggigil
- \* Mual
- \* Sakit kepala
- \* Lemah
- \* Sakit otot
- \* Sakit sendi
- \* Sesak napas
- \* Nyeri dada
- \* Batuk

Rasa manis atau rasa logam di mulut juga pernah dilaporkan dengan gejala lain nyeri tenggorokan hingga suara serak.

Gejala yang lebih berat karena keracunan logam ini bisa berupa :

- \* Badan rasa terbakar
- \* Syok
- \* Urine output tidak ada
- \* Tidak sadar
- \*Kejang
- \* Sesak napas
- \* Mata kuning dan kulit kuning
- \* Muntah dan diare

Flu like syndrome ini akan menghilang dalam 1 sampai 2 hari. Perlu 4 hari untuk sembuh seperti sediakala.

#### PENYEBAB METAL FUME FEVER

Metal fume fever disebabkan karena menghirup debu logam dan paling banyak fume logam. Pemaparan biasanya karena pekerjaan hot metal working seperti :

- \* smelting dan casting zinc alloy
- \* welding galvanized metal
- \* cold sanding process
- \* electroplated surfaces
- \* metal rich anti corrosion paint seperti: cadmium passivated steel atau zinc chromate

#### PENGOBATAN METAL FUME FEVER

Pengobatan penyakit ini adalah :

- \* bed rest
- \* simptomatik seperti aspirin untuk sakit kepala

#### PENCEGAHAN METAL FUME FEVER

Pencegahan yang dapat dilakukan adalah:

- \* Menghindari fume
- \* Pakai exhaust ventilation system
- \* PPE respirator

### 3. Gas

Kelompok gas yang dihasilkan dibelahan bumi yang kita pijak banyak jenisnya, dan bahaya yang ditimbulkan terhadap tubuh manusia berlainan. Dan jika terhirup dalam jumlah yang sangat besar akan menimbulkan kematian. Diantara racun-racun gas yang terpenting adalah asam sianida, asam sulfide, karbon monoksida, serta derivate-derivatnya. Selain itu, gas-gas seperti ozon dan CO<sub>2</sub> kadang-kadang menyebabkan keracunan pula. Asam sianida atau yang disebut pula asam biru digunakan untuk fumigasi tikus dan untuk sintesa bahan-bahan kimia. Asam ini terdapat di alam, juga sebagai racun singkong. Mula-mula merangsang pernafasan bertambah hebat sebagai akibat pengaruhnya kepada badan carotid dan pusat pernafasan, yang kemudian pernafasan akan dilumpuhkan. Asam sulfide dibebaskan ke udara pada proses dekomposisi

persenyawaan yang mengandung sulfur dan biasanya terdapat di tempat pengolahan minyak bumi, penyamakan kulit, di pertambangan dan pabrik-pabrik rayon. Asam sulfida menyebabkan anoksia dan kerusakan pada sel saraf pusat. Pengaruh dari zat ini sangat tergantung dengan jumlah kadar zat tersebut di udara

Kadar asam sulfida di udara	Pengaruh bagi tubuh
1 bds	Tidak menyebabkan bau yang terasa.
50 bds	Menyebabkan bau yang tidak enak, tetapi berangsur-angsur akan hilang baunya.
> 50 bds	Konjungtivitis, pusing, mual, batuk, mabuk, sempoyongan dan busung paru-paru.
> 500 bds	Mengakibatkan tak sadar diri, nafas sangat dangkal dan lambat, dan dalam waktu 30-50 menit, akan menyebabkan kematian.

Jika tubuh menghirup udara pernafasan yang mengandung uap karbondisulfida dengan kadar 100-1000 bds, maka akan mengakibatkan gelisah rangsangan pada selaput lendir, pandangan kabur, mual dan muntah, sempoyongan dan lumpuh pada alat pernafasan. Merkaptans dibebaskan ke udara biasanya pada proses pengolahan minyak bumi. Merkaptans dengan kadar tinggi akan menyebabkan sianosis, kejang-kejang koma dan demam. Bila terjadi keracunan, pertolongan harus cepat diberikan. Bau yang ditimbulkan tidak boleh dijadikan pedoman untuk petunjuk besarnya bahaya, karena hilangnya pembau sangat cepat. Harus diadakan tukar kerja secara berkala antara mereka yang menghadapi bahaya dan yang tidak. Masker muka dengan udara bertekanan tinggi diwajibkan apabila terjadi pengotoran udara oleh gas-gas tersebut yang cukup besar jumlahnya.

Karbonmonoksida (CO) merupakan hasil pembakaran tidak sempurna bahan-bahan karbon ataupun bahan-bahan yang mengandung karbon. Pembakaran ataupun ledakan, sebenarnya cenderung untuk menghasilkan CO. Pembakaran gas alam atau minyak

bumi menghasilkan hingga 5 % dari padanya menjadi CO. Saluran gas ke rumah-rumah yang terbuka sebentar saja dapat menyebabkan pengotoran kamar yang ruangnya kecil dalam beberapa menit saja. Kadar CO diantar 4000 bds dapat menyebabkan kematian yang sangat cepat. CO dengan Hb darah akan membentuk karboksihemoglobin, yang tidak dapat lagi mengikat oksigen untuk keperluan sel-sel dari jaringan. Afinitas CO dibanding oksigen untuk bersenyawa dengan Hb sebesar 300 kali. Gejala utama dari keracunan CO adalah sesak nafas, selaput-selaput lendir berwarna merah terang, serta tak sadarkan diri. Biasanya keracunan CO hanya pada tahap akut saja, sedangkan keracunan kronis terjadi karena akumulasi kerusakan-kerusakan oleh CO dengan kadar rendah yang dihirup secara terus-menerus. Bila orang terpapar gas Carbon monoksida dalam jumlah yang besar akan langsung menimbulkan kematian. Begitu juga dengan gas H<sub>2</sub>S, gas metan, dll

Untuk mencegah terhirupnya gas ke dalam tubuh, alat pelindung diri adalah masker yang dilengkapi dengan absorben. Oleh karenanya setiap masker untuk gas berlainan jenis absorbennya.

#### 4. Larutan

Larutan-larutan kimia sasaran bagi keselamatan dan kesehatan kerja yaitu pada kulit yang menyebabkan dermatitis (kelainan kulit).

#### 5. Awan/Kabut

Awan atau kabut tidak semuanya tak berbahaya, ada juga awan dan kabut yang membahayakan dalam orang bekerja, contohnya: racun serangga (pestisida), bila disemprotkan maka akan terbentuk kabut diudara dan membahayakan kesehatan bila orang menghirupnya.

### **C. Faktor Biologis**

Faktor biologis disini ikut mempengaruhi keselamatan dan kesehatan pada pekerja, yang termasuk factor biologis adalah: virus, kuman, jamur dll. Akibat kurang bersihnya pekerja maka sangat rentan sekali terjadi penularan antar pekerja. Kebersihan lingkungan kerja (higene perusahaan) akan mempengaruhi juga penyebaran penyakit yang diakibatkan oleh kuman atau bakteri.

Bahkan sering dijumpai oleh dokter perusahaan penyakit akibat kerja, misalnya penularan terhadap syphilis. Olehnya kebersihan personal dan higene perusahaan perlu dijaga. Gambaran faktor biologis yang dapat

mempengaruhi keselamatan dan kesehatan para pekerja dapat dilihat pada penjelasan dibawah ini:

#### 1. Virus

Virus merupakan partikel hidup yang paling kecil yang berdiameter antara 0,025-0,25 mikron dan merupakan parasit yang menginfeksi manusia, hewan, tumbuhan, dan bakteri Hepatitis pada petugas laboratorium. dan Hepatitis B dan hepatitis C dimana virus ini menyerang organ hepar/liver/hati, dan masuk kedalam tubuh melalui: tranfusi darah yang tercemar, tertusuk/teriris jarum/pisau yang terkontaminasi, hubungan seksual, luka jalan lahir waktu melahirkan, placenta dan ASI. Human immunodeficiency virus (HIV) dimana menyebabkan penurunan daya kekebalan tubuh, ditularkan melalui: tranfusi darah yang tercemar, tertusuk/teriris jarum/pisau yang terkontaminasi, hubungan seksual, luka jalan lahir waktu melahirkan Pekerja yang beresiko tertular virur tersebut antara lain: pekerja rumah sakit, pekerja industri yang sering ganti-ganti pasangan, dan lain-lain.

#### 2. Bakteri

Bakteri adalah Organisme bersel tunggal berdiameter 1-2 mikron. Beberapa bakteri menyebabkan penyakit seperti tetanus, yang lain berguna sebagai sumber antibiotika seperti: antraks, pada tenaga kerja yang berhubungan dengan wol, tetanus pada tenaga kerja pertanian. Bakteri tuberculosis menyeang paru, anthrax menyerang kulit & paru. Brucellosis menyebabkan sakit kepala, arthralgia dan endokardit. leptospirosis menyebabkan demam, sakit kepala, mual, gangguan hati.

#### 3. Jamur

Jamur dapat berupa sel tunggal/koloni seperti infeksi jamur kulit pada pekerja sektor peternakan, tetapi bisa juga terjangkit pada pekerja bengkel, industri jika tidak menjaga kebersihan individualnya, seperti menjaga kebersihan pakaian kerjanya.

#### 4. Parasit

Beberapa macam parasit: protozoa dan cacing banyak di temukan di tempat kerja seperti: malaria pada tenaga kerja kehutanan, cacing tibang pada tenaga kerja pertanian. Beberapa contoh parasite yang menyebabkan penyakit: malaria yang disebabkan oleh gigitan nyamuk anopheles. anxylostomiosis menyebabkan anemia kronis dan jamur menyebabkan gatal-gatal dikulit.

Penanggulangan bahaya biologi:

Menengenal bahaya–bahaya biologi yang ada di tempat Menghindari kontak langsung dengan sumber

Melakukan tindakan aseptis

Menjaga kebersihan diri

Menggunakan alat pelindung diri yang sesuai

Pemeriksaan kesehatan pada pekerja

Pemeriksaan awal: medis, fisik,rotgen foto, uji serologis, mikrobiologis.

Kesehatan berkala: sama seperti awal

#### **D. Faktor Psikologis**

Faktor psikologis adalah factor-factor yang mempengaruhi keselamatan dan kesehatan pekerja melalui pikiran, misalnya psikosomatis (dermatitis, hipertensi, sesak nafas, dll), stress, dll. Akibat beban psikologis akan menimbulkan gangguan pikiran sehingga bisa menimbulkan kecelakaan kerja yang diakibatkan tidak konsentrasinya pekerja terhadap pekerjaanya.

#### **E. Faktor Fisiologis**

Faktor fisiologis adalah factor yang terkait dengan tubuh manusia, dimana factor ini juga ikut mempengaruhi keselamatan dan kesehatan dalam orang bekerja. Faktor fisiologis sering diartikan juga dengan faktor ergonomi. Contoh factor fisiologis yaitu ketidaksesuaian peralatan kerja dengan tubuh manusia, seperti kursi yang terlalu tinggi menyebabkan kaki menggantung dan akhirnya akan menimbulkan varices. Oleh karenanya peralatan yang ada di industry harus disesuaikan dengan kondisi pekerja, jika kondisi ini tidak dipenuhi maka otomatis akan terjadi ketidakefisien pada pekerjaan yang akhirnya berpengaruh terhadap produktivitas.

#### **Rangkuman**

Faktor-faktor fisik, kimai, biologis, psikologis dan fisiologis sangat berbahaya sekali dalam diri manusia, karena faktor ini bisa menjadi



beban tambahan bagi manusia. Jika faktor tersebut tidak dieliminir maka akan menimbulkan kesehatan bagi manusia.

### **Tes Formatif**

1. Berikan contoh-contoh dan penjelasan faktor fisik, faktor kimia, faktor biologi, faktor psikologis dan faktor fisiologis yang dapat mengancam keselamatan dan kesehatan dalam bekerja
2. Bagaimana tindakan preventif agar terhindar dari bahaya yang ditimbulkan oleh ke lima faktor diatas

### **Tindak Lanjut**

Mahasiswa diharapkan dapat mengetahui dan memahami tentang faktor-faktor yang mengancam keselamatan dan kesehatan dalam bekerja atau tuntas dalam materi bab VI untuk keberhasilan dalam proses belajar mengajar, karena materi ini erat kaitannya dengan materi bab VII

## **BAB VII**

### **KESELAMATAN KERJA BIDANG KEBAKARAN**

#### **Pendahuluan**

Kebakaran adalah sesuatu yang paling tidak disukai oleh manusia di belahan dunia manapun atau paling dibenci oleh karena akibat yang ditimbulkan. Akibat kebakaran banyak sekali kerugian-kerugian yang diderita oleh manusia, kerugian jiwa dan harta benda, kebakaran dapat mempengaruhi ketertiban umum keamanan, hasil produksi serta pelaksanaan pembangunan. Oleh karenanya lebih baik mencegah daripada memadamkan kebakaran. Karena dampak yang ditimbulkan sangat besar akibat kebakaran maka kebakaran harus ditiadakan.

Kebakaran terjadi akibat tiga unsur yang bersama-sama, yaitu: 1)Oksigen, 2)Bahan yang mudah terbakar, 3)Panas. Jika salah satu dari ketiga unsur dihilangkan maka tidak mungkin akan terjadi kebakaran. Khususnya dalam ilmu kebakaran, kita dapat mengemukakan beberapa masalah, bagaimana terjadinya api, alat-alat apa sajakah yang dapat dipergunakan untuk mengatasi bahaya kebakaran. Untuk itu kita harus tahu dulu media pemadaman serta penanggulangan kebakaran.

Dan setelah mempelajari bagian ini, diharapkan mahasiswa dapat:

1. Mengetahui bahaya kebakaran
2. Mengetahui zat-zat yang mudah terbakar
3. Mengetahui bahan-bahan yang dapat meledak
4. Mengetahui bagaimana mencegah dan menaggulangi kebakaran

#### **A. Teori Terjadi Api Atau Kebakaran**

Api merupakan suatu reaksi kimia (reaksi oksidasi) yang bersifat eksotermis dan diikuti pengeluaran cahaya dan panas serta dapat menghasilkan nyala, asap, dan bara. Untuk memulainya suatu proses terjadinya api harus terdapat tiga unsur yaitu bahan bakar, oksigen dan sumber panas. Bilamana ketiga unsur tersebut berada dalam suatu konsentrasi yang memenuhi syarat, timbullah reaksi oksidasi atau dikenal sebagai proses pembakaran. Kehadiran ketiga unsur tadi (yang berada dalam suatu konsentrasi seimbang), maka akan timbul reaksi-reaksi kimi sebagai proses pembakaran untuk terjadinya api awal. Sebagian panas akan diserap oleh bahan bakar yang kemudian melepaskan uap dan gas yang dapat menyala berganti-ganti bercampur dengan oksigen (diudara).

Nyala ini akan terus berlangsung selama ketiga unsur itu berada dalam konsentrasi yang seimbang.

Jadi proses terjadinya api ada tiga unsur, yaitu: 1)Benda/bahan bakar (*Fuel*) yang harus menjadi uap, 2)Sumber panas (*Heat/Energi*) yang cukup untuk menentukan titik nyala, dan 3)Oksigen ( $O_2$ ) sebagai alat oksidasi. Olehnya kebakaran terjadi akibat tiga unsur yang bersamasama, yaitu: 1)Oksigen, 2)Benda/bahan bakar, 3)Sumber panas. Jika salah satu dari ketiga unsur dihilangkan maka tidak mungkin akan terjadi kebakaran, misalnya oksigen atau udara ditiadakan maka tidak mungkin terjadi kebakaran.

Bilamana keadaan suhu telah sampai pada titik nyala suatu bahan bakar, maka ketiga unsur tersebut akan memproduksi api, yang tergabung membentuk segitiga yang dikenal dengan SEGI TIGA API (*Fire Triangel of Combustion*).



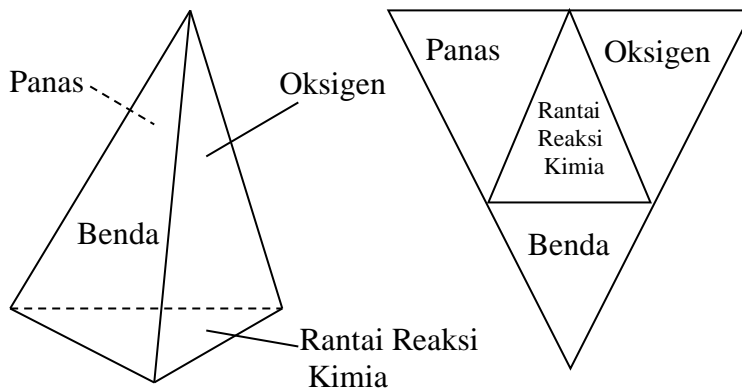
Gambar 7.1 Segitiga Api

Sekali proses pembakaran dimulai dan bahan bakar serta oksigen tersebut dalam jumlah yang besar, maka panas yang timbul akan lebih besar lagi. Dengan adanya penambahan panas akan meningkatkan jumlah bahan bakar sekaligus kebutuhan oksigen pun meningkat. Selanjutnya karena adanya oksigen, panas pembakaran lebih meningkat lagi dan melibatkan lebih banyak lagi bahan bakar. Pada saat oksidasi dipercepat terhadap pembakaran, proses lain yang membantu pembakaran terjadi.

Materi yang terbakar mengalami Pyrolysis, sehingga materi tersebut akan menimbulkan uap dan gas yang pada suhu tertentu akan membentuk campuran dengan udara yang sudah menyala (Flameable). Dan kemudian apabila suhu sudah mencapai titik nyala, akan timbul lagi proses pembakaran, demikian seterusnya.

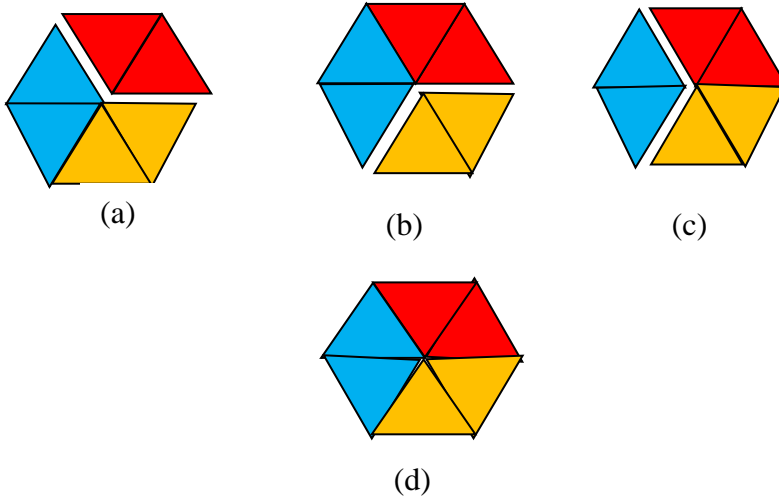
Reaksi ini terus berlangsung hingga semua bahan bakar habis, dan panas telah terbuang semua atau oksigen terpakai habis, sehingga suhu bakar berkurang dibawah titik nyalanya dan proses pembakaran akan berangsur-angsur terhenti. Untuk mempertahankan agar api tersebut tetap berlangsung ada unsur lain yang cukup penting yang tidak dapat dipisahkan dari ketiganya, ini merupakan unsur yang keempat yang dikenal sebagai **rantai reaksi kimia**.

Pada saat proses pembakaran dari gabungan ketiga unsur tadi terjadi, akan menimbulkan hasil-hasil tambahan antara lain CO, CO<sub>2</sub>, dan SO<sub>2</sub> serta juga gas-gas seperti H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, HCN, C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>O (dan lain-lain sesuai dengan materi yang terbakar) yang beberapa diantaranya beracun. Hasil tambahan yang penting adalah atom bebas O dan H yang dikenal atom-atom radikal. Keduanya membentuk hidroksida radikal (OH). Dua molekul OH bisa pecah menjadi H<sub>2</sub>O + O. Atom radikal O ini akan memberikan umpan terhadap rantai reaksi kimia dan membentuk api menjadi lebih besar lagi. Dengan demikian karena adanya tambahan unsur keempat, maka segitiga terjadinya api (*The Fire of Combustion*) dikembangkan lebih sempurna lagi menjadi empat unsur yang kini disebut dengan empat bidang terjadinya api (*The Fire Tetrahedron of Combustion*) dan digambarkan seperti piramid



Gambar 7.2 Empat Bidang Terjadinya Api

Untuk lebih jelas dapat dilihat dalam gambar dibawah ini:



Gambar 7.3 Proses Terjadinya Kebakaran

Gambar (a) menunjukkan bahwa tidak adanya kejadian kebakaran karena oksigen (warna merah) tidak bersama-sama dengan kedua unsur yang lain. Gambar (b) juga menunjukkan tidak akan terjadinya kebakaran karena bahan yang mudah terbakar (warna kuning) tidak bersama-sama dengan kedua unsur yang lain. Begitu juga pada gambar (c) tidak akan terjadinya kebakaran dikarenakan unsur panas (warna biru) tidak bersama-sama dengan kedua unsur lainnya. Sedangkan gambar (d) terjadinya suatu kebakaran karena ketiga unsur bergabung menjadi satu (oksigen, bahan yang mudah terbakar dan panas).

Setelah memahami tentang terjadinya api atau kebakaran, sebaiknya kita ketahui lebih mendalam lagi tentang unsur-unsur yang ada pada api, seperti panas, oksigen, benda/bahan, dan berat uap.

#### Panas atau Energi (Heat)

Pembahasan panas yang akan dijelaskan pada materi ini adalah sumber panas yang dapat menimbulkan api dan perpindahan panas (*Heat Transfer*).

Sumber-sumber panas yang dapat menimbulkan api terbagi menjadi enam bagian, yaitu:

1. Api terbuka (*Open Flame*)
2. Sinar matahari (*Sun Light*)

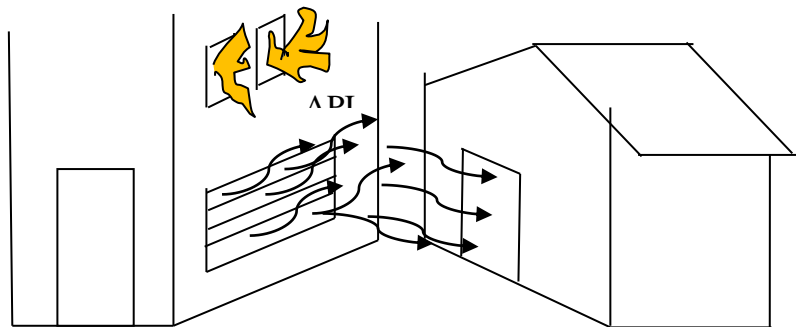
- Benda-benda yang suhu penyalannya rendah dapat terbakar karena panasnya sinar matahari
3. Energi mekanik  
Misalnya gesekan (*Friction*) dan benturan antara dua benda dapat menimbulkan panas dan bahkan bunga api.
  4. Kompresi (*Compresion*)  
Misalnya pemampatan udara dan gas seperti pada pompa sepeda, motor bakar, kompresor dan lain-lain. Juga pada penyempitan benda-benda padat seperti pada timbunan-timbunan sampah, tembakau, kopra dan lain-lain.
  5. Listrik (*Electric*)  
Muatan yang berlebihan pada kabel listrik dapat menimbulkan panas. Panas yang terdapat pada alat-alat listrik, seperti, kompor listrik, setrika listrik, las listrik dan lain-lain
  6. Proses kimia  
Proses kimia yang bisa menimbulkan api, sepeti kapur sirih dengan air, asam sulfat bercampur air, karbit bercampur air, dan lain-lai.

### Perpindahan Panas (*Heat Transfer*)

Dalam teori perpindahan panas bisa terjadi dari tiga kejadian, yaitu perpindahan panas secara radiasi, perpindahan panas secara konduksi, perpindahan panas secara konveksi. Olehnya jika kita membahas tentang api sehingga menimbulkan kebakaran, maka panas yang dihasilkan dari sumber panas bisa berpindah dengan cara radiasi, konduksi dan konveksi.

#### 1. Radiasi

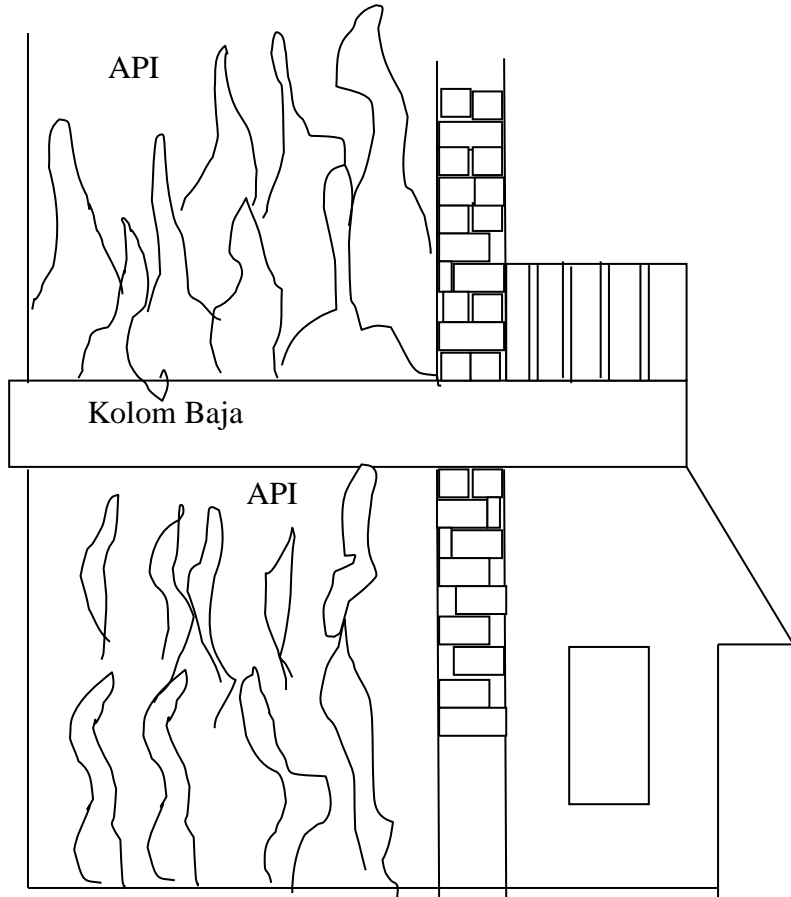
Radiasi adalah panas yang berpindah dengan cara dipancarkan atau memancar melalui udara keseluruhan arah.



Gambar 7.4 Kebakaran Dengan Perpindahan Panas Radiasi

#### 2. Konduksi

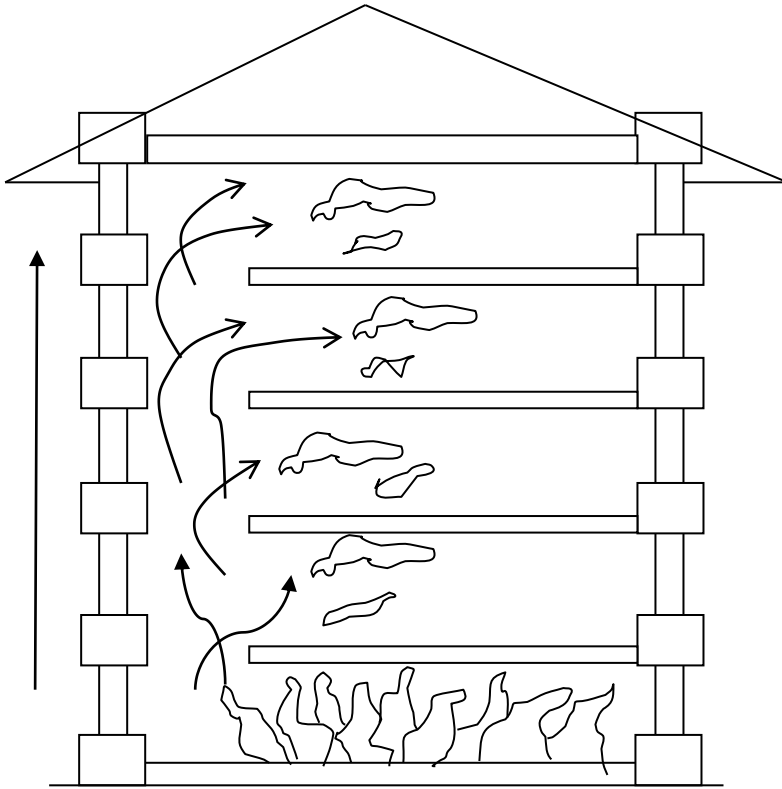
Perpindahan panas secara konduksi adalah perpindahan panas dari satu tempat ke tempat lainnya dengan cara menjalar atau melalui benda (logam, kayu, batu merah, dll) ke semua arah. Contoh kebakaran akibat perpindahan panas secara konduksi.



Gambar 7.5 Kebakaran Dengan Perpindahan Panas Konduksi

### 3. Konveksi

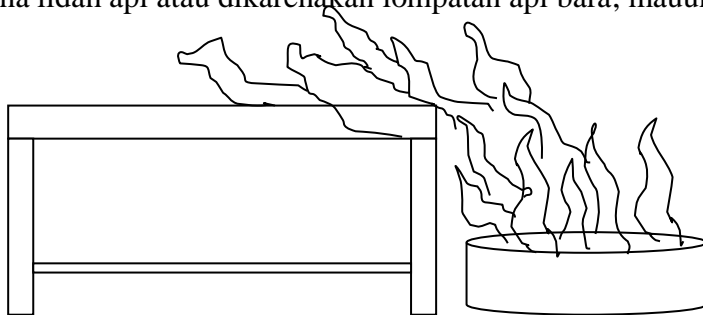
Perpindahan panas secara konveksi yaitu perpindahan panas dari satu tempat ke tempat lainnya dengan cara mengalir melalui/pada udara atau cairan. Gambaran perpindahan panas secara konveksi dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 7.5 Kebakaran Dengan Perpindahan Panas Konveksi

4. Pembakaran Langsung (Direct Flame Contact)

Pembakaran langsung (Direct Flame Contact) yaitu panas yang berpindah dari suatu tempat ke tempat lainnya secara langsung terkena lidah api atau dikarenakan lompatan api bara, mauun nyala.



Gambar 7.6 Kebakaran Dengan Pembakaran Langsung



### Oksigen (O<sub>2</sub>)

Oksigen adalah suatu unsur atau zat yang sangat dibutuhkan bagi kehidupan manusia, binatang, dan tumbuh-tumbuhan. Demikian pula api, tanpa oksigen tidak akan terjadi api. Oksigen yang dibutuhkan itu terdapat diman-amana, antara lain:

1. Terdapat bebas diudara  
Berdasarkan penyelidikan, didalam udara terkandung 20% kadar oksigen, 79% kadar nitrogen (N<sub>2</sub>) dan 1% campuran dari neon, xenon, argon, krypton, H, H<sub>2</sub>O dan lain-lain.
2. Terdapat sebagai ikatan-ikatan dengan unsur-unsur lain seperti pada asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), pasir (SiO<sub>2</sub>), air (H<sub>2</sub>O), natrium hidroksida dan lain-lain.
3. Oksigen juga dapat dibuat manusia dari bahan-bahan yang ada seperti di laboratorium-laboratorium

Dalam pembakaran oksigen adalah sebagai alat oksidasi.

### Bahan/Benda

Sifat-sifat benda yang mudah terbakar sangat dipengaruhi oleh:

- Titik nyala (*Flash Point*)
- Suhu penyalan sendiri (*Auto Ignition Temperature*)
- Daerah bisa terbakar (*Flame Able Range*)

Berdasarkan bentuknya benda yang dapat terbakar dibagi menjadi 3 golongan, yaitu:

- Benda padat, contohnya: kayu, kertas, kain, plastik dan lain-lain
- Benda cair, contohnya: minyak tanah, bensin, solar, spritus, dan lain-lain
- Gas, contohnya: acetylene (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>), hydrogen (H<sub>2</sub>), LPG, dan lain-lain

Sedangkan berdasarkan suhu penyalannya, benda dapat dibagi menjadi 2 kelompok besar, yaitu:

- Benda mudah terbakar, yaitu benda-benda yang mempunyai suhu penyalan rendah
- Benda yang sulit terbakar, yaitu benda-benda yang mempunyai suhu penyalan tinggi

## **B. Bahaya Kebakaran**

Bahaya –bahaya kebakaran yang umum terjadi biasanya disebabkan dari”

- Merokok
- Zat cair yang mudah terbakar
- Nyala api terbuka
- Tata rumah tangga yang buruk
- Mesin-mesin yang tak terawatt dan menjadi panas
- Kabel-kabel listrik
- Kelistrikan statis
- Alat-alat Las.

Peristiwa-peristiwa yang mengakibatkan terjadinya kebakaran adalah sebagai berikut:

### 1. Nyala Api dan Bahan-Bahan Yang Pijar

Jika suatu benda padat ditempatkan dalam nyala api suhunya akan naik, mulai terbakar dan berynala terus sampai habis. Kemungkinan terbakar atau tidak tergantung dari:

- a. Sifat benda padat tersebut yang mungkin sangat mudah terbakar, agak mudah terbakar dan sukar terbakar
- b. Besarnya zat padat tersebut, jika sedikit tak cukup timbul panas untuk terjadinya kebakaran
- c. Keadaan zat padat, seperti mudahnya terbakar (kertas atau kayu-kayu lempengan tipis oleh karena relative luasnya permukaan yang bersinggungan dengan oksigen)
- d. Cara menyalakan zat padat, misalnya diatas atau sejajar dengan nyala api

### 2. Penyinaran

Terbakarnya suatu bahan yang mudah terbakar oleh benda pijar atau nyala api tidak perlu atas dasar persentuhan. Semua sumber panas memancarkan gelombang-gelombang elektromagnetis yaitu sinar inframerah. Jika gelombang ini mengenai benda maka pada benda tersebut dilepaskan energy yang berubah menjadi panas. Benda tersebut menjadi panas dan jika suhunya terus naik, maka pada akhirnya benda tersebut akan menyala. Kayu yang diletakkan disekitar tungkuyang pijar akhirnya akan menyala sekalipun tidak dikenai api.

### 3. Peledakan Uap atau Gas

Setiap campuran gas atau uap yang mudah terbakar dengan udara akan menyala jika terkena benda pijar atau nyala api dan pembakaran yang akan terjadi akan meluas dengan cepat, manakala kadar gas atau uap atau nyala api dan pembakaran yang akan terjadi akan meluas dengan cepat, manakala kadar gas atau uap berada dalam batas untuk menyala atau meledak. Batas-batas kadar ini tergantung kepada bahan

yang bersangkutan. Cepatnya api menjalar tergantung kepada sifat zat, suhu dan tekanan udara dan berkisar diantara 1 sampai 2000 m/detik. Kecepatan ini menentukan besarnya kerusakan yang diakibatkan oleh peledakannya.

#### 4. Peledakan Debu atau Noktah-Noktah Zat Cair

Debu-debu dari zat-zat yang mudah terbakar atau noktah-noktah cair yang berupa suspensi di udara bertingkah seperti campuran gas dan udara atau uap dalam udara dan dapat meledak

#### 5. Percikan Api

Percikan api yang bertemperatur cukup tinggi menjadi sebab terbakarnya campuran gas, uap atau debu dan udara yang dapat menyala. Biasanya percikan api tak dapat menyebabkan terbakarnya benda padat oleh karena tidak cukupnya energy dan panas yang ditimbulkan akan menghilang didalam benda padat

#### 6. Terbakar Sendiri

Kebakaran sendiri dapat terjadi pada ongkongan bahan bakar mineral yang padat atau zat-zat organis, apabila peredaran udara cukup besar untuk terjadinya proses oksidasi, tetapi tidak cukup untuk mengeluarkan panas yang terjadi dan peristiwa-peristiwa ini dipercepat oleh tingkat kelembaban. Dalam hal mineral zat tertentu seperti besi mungkin bertindak sebagai katalisator bagi proses, sedangkan untuk bahan-bahan organis, peranan bakteri adalah penting.

Kebanyakan minyak mudah teroksidasi terutama minyak tumbuh-tumbuhan. Banyaknya panas yang terjadi ditentukan oleh luas permukaan pemanasan yang bersinggungan dengan udara. Permukaan ini akan diperluas jika minyak dihisap oleh permukaan-permukaan seperti debu atau sampah-sampah halus. Panas yang timbul akan berkumpul, oleh karena bahan-bahan yang menyerap minyak bukan penghantar panas. Akibatnya bahan tersebut akan terbakar dalam waktu yang singkat.

#### 7. Reaksi Kimiawi

Reaksi kimiawi tertentu menghasilkan cukup panas dengan akibat terjadinya kebakaran. Fosfor kuning teroksidasi sangat cepat, bila bersinggungan dengan udara. Bubuk besi yang halus (besi pirofor) pijar dalam udara dan mungkin menimbulkan kebakaran. Kalsium karbida mengurai secara eksotermis, jika terkena air dan membebaskan gas asitilen yang mungkin meledak atau terbakar oleh panas yang terjadi. Natrium dan kalium bereaksi keras dengan air dan membebaskan zat cair yang mungkin terbakar jika suhu naik melebihi 40°C. Asam nitrat yang mengenai bahan-bahan organik akan menyebabkan nyala api. Seluloid

mengurai pada suhu 100°C, mungkin menyala pada suhu 150°C sebagai akibat zat asam yang dikandungnyadan mungkin meledak, bila disimpan dalam wadah tertutup. Zat-zat yang bersifat mengoksidasi seperti hydrogen peroksida, klorat, perklorat, borat, perborat dan lain-lain yang membebaskan oksigen pada pemanasan, dengan aktif meningkatkan proses oksidasi dan menyebabkan terbakarnya bahan-bahan yang dapat dioksidasi. Sekalipun tidak ada panas yang datang dari luar, bahan yang mengoksidasi dapat mengakibatkan terbakarnya zat-zat organik, terutama jika bahan organik terdapat dalam bentuk partikel atau kontak terus-menerus dengan zat yang mengoksidasi tersebut. Zat asam murni, terutama yang dikempa, mungkin menjadi sebab kebakaran atau peledakan, jika bersentuhan dengan bahan-bahan yang dapat terbakar. Maka dari itu, minyak atau gemuk tidak boleh dipakai untuk perawatan silinder oksigen atau katupnya.

#### 8. Peristiwa-Peristiwa Lain

Gesekan antara dua benda menimbulkan panas, yang semakin banyak menurut besarnya koefisien gesekan. Manakala panas yang timbul lebih besar dari kecepatan hilangnya panas ke lingkungan, kebakaran mungkin terjadi seperti pada mesin yang kurang minyak atau gemuk. Penekanan gas secara adiabatic menimbulkan panas, yang mungkin berakibat peledakan dengan terbakarnya minyak pelumas, jika kompresor tak diinginkan atau peledakan silinder-silinder gas yang bertekanan.

### C. Klasifikasi Kebakaran

Yang dimaksud dengan klasifikasi kebakaran ialah penggolongan atau pembagian atas kebakaran berdasarkan pada jenis benda-benda/bahan-bahan yang terbakar. Dengan adanya klasifikasikebakaran tersebut diharapkan akan lebih mudah, lebih cepat, lebih tepat mengadakan pemilihan media pemadam yang akan dipergunakan untuk melakukan pemadaman.

Dalam pengembangannya klasifikasi kebakaran mengalami perubahan-perubahan, sehingga timbul berbagai macam klasifikasi kebakaran, hal ini disebabkan karena:

- Telah banyak ditemukan intersifikasi pemakaian jenis benda/bahan-bahan yang karakteristiknya berbeda-beda
- Telah ditemukan jenis-jenis media pemadam baru yang lebih efektif dan lebih efisien bagi suatu kebakaran dari jenis bahan/benda-benda tertentu

Hingga saat ini terdapat 4 macam klasifikasi kebakaranyang berlaku, sesuai dengan teknologi penanggulangan bahaya kebakaran.

1. Klasifikasi kebakaran sebelum tahun 1970

- Klas A : Api yang berasal dari kebakaran benda-benda pada, seperti kayu, kertas, kain, dan lain-lain
- Klas B : Api yang berasal dari kebakaran benda-benda cair dan padat-lunak (*Grease*)
- Klas C : Kebakaran dimana listrik hidup

Pada tahun 1970, negara-negara Eropa mengakui klasifikasi kebakarn ini, selanjutnya ditambah dengan Amerika Utara, Australia serta Afrika Selatan.

2. Klasifikasi kebakaran sesudah tahu 1970

- Klas A : Api berasal dari benda-benda/bahan-bahan yang bilamana terbakar akan meninggalkan abu dan arang (*Ordinary Fires*) suhu rendah
- Klas B : Api yang berasal dari benda-benda/bahan-bahan cair dan lunak
- Klas C : Api yang berasal dari benda-benda/bahan-bahan gas
- Klas D : Api yang berasal dari kebakaran logam

Klasifikasi kebakaran ini adalah hasil daripada konferensi internasional pada bulan Juni 1970 dan negara-negara Eropa telah mengakui klasifikasi kebakaran tersebut.

3. Klasifikasi kebakaran menurut penjaga laut (*Coast Guard*) Amerika Serikat

- Klas A : Api yang berasal dari benda-benda, bahan-bahan yang bilamana terbakar akan meninggalkan abu dan arang, contohnya: kayu, kertas, plastik, dan lain-lain
- Klas B : Api yang berasal dari benda-benda/bahan-bahan cair yang mempunyai titik nyala lebih kecil dari 170 °F (76,6 °C) dan tidak larut dalam air
- Klas C : Api yang berasal dari benda-benda/bahan-bahan cair yang mempunyai titik nyala lebih kecil dari 170 °F (76,6 °C) dan larut dalam air
- Klas D : Api yang berasal dari benda-benda/bahan-bahan cair yang mempunyai titik nyala sama dengan 170 °F (76,6 °C) atau yang lebih tinggi dan tidak larut dalam air, misalnya: minyak kelapa, minyak ikan paus, minyak trafo, dan lain-lain

- Klas E : Api yang berasal dari benda-benda/bahan-bahan cair yang mempunyai titik nyala sama dengan 170 °F (76,6 °C) atau yang lebih tinggi dan larut dalam air, misalnya: gliserine, etilen, glikol, dan lain-lain
  - Klas F : Api yang berasal dari kebakaran logam, misalnya mangan, aluminium, dan lain-lain
  - Klas G : Api yang berasal dari kebakaran akibat listrik
4. Klasifikasi kebakaran menurut NFPA
- Klasifikasi menurut NFPA (National Fire Protection Association) ini dikenal sebagai klasifikasi Amerika darat
- Klas A : Api yang berasal dari kebakaran benda-benda/bahan-bahan padat kecuali logam yang bilamana yang bilamana terbakar akan meninggalkan arang dan abu
  - Klas B : Api yang berasal dari kebakaran benda-benda/bahan-bahan cair atau gas, misalnya bensin, solar, spirtus, lemak, dan lain-lain
  - Klas C : Api yang berasal dari kebakaran akibat listrik, atau kebakaran dimana listrik hidup terlibat
  - Klas D : Api yang berasal dari kebakaran benda-benda/bahan-bahan logam, misalnya: magnesium, natrium (sodium), kalium (potasium), titanium, lithium, calcium, dan lain-lain

#### **D. Zat-Zat Yang Mudah Terbakar**

Pembicaraan tentang zat-zat yang mudah terbakar dibawah ini dikhususkan terhadap bahan-bahan yang dipergunakan dalam industri dan pembakaran terjadi oleh karena zat asam dalam udara.

Terbakarnya suatu zat padat atau cair merupakan reaksi berantai, atas pengaruh panas zat tersebut mengurai dan menyebabkan terbentuknya uap yang secara terus-menerus terjadi dan terbakar lagi sampai habisnya zat tersebut.

Biasanya risiko bahaya yang disebabkan oleh zat-zat yang mudah terbakar tergantung kepada titik nyala (flash point), suhu menyala sendiri, sifat terbakar oleh karena pemanasan, berat jenis, perbandingan berat uap terhadap udara, sifat bercampur dengan air, dan keadaan fisik.

Titik nyala suatu zat cair yang mudah terbakar adalah suhu terendah, yang pada suhu tersebut zat cair yang bersangkutan menyebabkan cukup uap untuk membentuk campuran yang dapat menyala dengan udara

didekat permukaan cairan atau dalam nyala, makin besar bahaya zat cair tersebut. Banyak zat cair yang dapat terbakar memiliki titik nyala pada atau dibawah suhu-suhu udara biasa dan biasaya ditutup suatu lapis uap yang mungkin terbakar, apabila sumber api berada disekitarnya.

Titik nyala zat-zat cair dapat ditentukan dengan cara bejana tertutup atau cara bejana terbuka, yang untuk keperluan tersebut peralatan tersedia. Titik nyala yang ditentukan dengan cara terdahulu adalah lebih tinggi dari yang ditentukan dengan cara yang disebut kemudian. Umumnya titik nyal zat cair yang nilainya dibawah  $79,4^{\circ}\text{C}$  ditentukan secara tertutup.

Suhu menyala sendiri adalah suhu terendah yang padanya zat padat, zat cair atau gas akan menyala sendiri tanpa adanya bunga api atau nyala api. Suhu menyala sendiri suatu zat padat sangat dipengaruhi oleh keadaan fisik dan cepatnya pemanasan. Uap-uap beberapa zat cair mungki menyala pada pemanasan oleh permukaan dengan suhu  $260^{\circ}\text{C}$  atau dibawahnya. Sebagai contoh uap karbon sidulfida dapat menyala pada suhu  $125^{\circ}\text{C}$ .

Zat-zat tertentu seperti minyak biji-bijian, minyak tumbuh-tumbuhan, lemak-lemak, arang-arang dan logam dalam bentuk bubuk halus mengalami proses pemanasan sendiri dan mungkin menyala dengan zat asam dan udara. Demikian pula, bahan-bahan jerami atau biji-bijian dapat menjadi panas dan terbakar sebagai akibat fermentasi dan oksidasi.

Sifat-sifat lain yang menentukan biasanya adalah berat jenis dan perbandingan berat uap terhadap udara. Kebanyakan zat cair yang mudah terbakar terapung diatas permukaan air, sehingga terus terbakar dan kebakaran meluas ke tempat-tempat lain. Zat-zat lain yang lebih berat dari air akan mengendap dan nyalapun akan berhenti. Sifat ini sangat menentukan pemilihan bahan pemadam kebakaran dan menjadi pertimbangan, apakah penggunaan air untuk mematikan kebakaran zat cair dalam tangki dapat dibenarkan atau tidak. Adapun uap semua zat cair adalah lebih berat dari udara. Hal ini memberikan kejelasan tentang luasnya dan merambatnya kebakaran yang terjadi didekat permukaan. Untuk zat-zat tersebut ventilasi harus mengambil dan mengencerkan lapisan udara yang berada didekat permukaan lantai. Sebaliknya, kebanyakan gas-gas yang mudah terbakar lebih ringan dari udara dan memerlukan ventilasi yang ditujukan kepada daerah dibawah permukaan langit-langit.

Tabel 7.1 Sifat-Sifat Bahaya Kebakaran Sejumlah Bahan Yang Dipakai Dalam Industri

Bahan	Berat Jenis	Perbandingan berat terhadap udara	Titik Nyala (°C)	Batas Untuk Menyala (%)	Suhu Menyala Sendiri (°C)	Nyala atas pemanasan	Campur dengan air
Ammonia	-	0,6	Gas	16-25	651	ya	Tidak
Asetilen	-	0,9	Gas	2,5-81	300	tidak	ya
Aseton	0,79	2,0	-18	2,6-12,8	538	tidak	Ya
Bensin (gasoline)	0,8	3,4	-43	1,4-7,6	371	Tidak	Ya
Benzen	0,88	2,8	-11	1,3-71	562	tidak	Ya
Etil Alkohol	0,79	1,6	13	4,3-19	423	tidak	Ya
Etil Eter	0,71	2,6	-45	1,9-48	180	tidak	Ya
Eter Minyak Bumi	0,6	2,5	-32	1,1-5,9	288	tidak	Tidak
Hidrogen	0,09	0,1	Gas	4,0-5,9	288	Tidak	Sedikit
Kamper	0,99	5,2	66	0,6-3,5	466	tidak	Tidak
Karbon Disulfida	1,26	2,6	-30	1,3-4,4	100	tidak	Tidak
Karbon Monoksida	-	1,0	Gas	12,5-74	609	tidak	Ya
Kloretan	0,9	2,2	-50	3,8-15,4	519	tidak	Tidak
Minyak kastroli	1,0	-	230	-	449	Ya	Tidak
Minyak Linsid	0,9	-	222	-	343	Ya	Tidak
Minyak tanah	1	-	38	0,7-5	229	tidak	Tidak
Parafin	0,9	-	199	-	245	tidak	Tidak

## E. Bahan-Bahan Yang Dapat Meledak

Dalam banyak kejadian, peledakan dan kebakaran adalah dua peristiwa yang bertautan satu dengan lainnya. Peledakan adalah suatu peristiwa sebagai akibat bebasnya energy secara cepat dan tanpa



dikendalikan. Energi demikian mungkin menempatkan diri sebagai panas, sinar, suara dan kejutan mekanis, sekalipun belum tentu semua bentuk energi tersebut terdapat bersama-sama. Sering-sering, sumber tenaga adalah reaksi kimiawi tetapi kadang-kadang peledakan bersumber pada energi mekanis atau tenaga nuklir. Sebagai contoh meledaknya ketel uap atau ledakan tenaga nuklir yang berada dalam keadaan kritis

Setiap debu, uap atau gas yang dapat terbakar dan bercampur dengan udara atau unsur-unsur penunjang lain, pada keadaan-keadaan yang sesuai akan meledak jika dinyalakan. Bahan-bahan demikian adalah:

1. Zat-zat padat termasuk logam yang mudah terbakar, asalkan dalam keadaan halus, seperti bentuk tepung atau debu
2. Uap-uap zat cair yang mudah terbakar
3. Gas-gas yang mudah terbakar

Tiga syarat untuk terjadinya peledakan adalah sebagai berikut:

1. Bahan yang mudah terbakar
2. Udara atau unsure penunjang lain bagi terjadinya pembakaran
3. Sumber terjadinya nyala atau suhu di atas temperature suatu zat terbakar

Atas dasar susunan kimiawinya, zat-zat tertentu bersifat labil dan dapat meledak sebagaimana bahan-bahan peledak yang bisa dipakai, apabila terpukul, tergesek atau dipanaskan. Telah terjadi contoh-contoh seperti peledakan persenyawaan-perseyawaan yodium pada industri-industri potret atau farmasi, perseyawaan azo dan nitroso pada industri cat, dan persenyawaan-persenyawaan peroksida organis, seperti benzoil peroksida untuk bubuk pemutih atau untuk merangsang polimerisasi pada industri plastic

Pada umumnya sisa-sisa peledakan sebagai akibat reaksi kimiawi adalah gas-gas atau campuran-campuran gas dan bahan padat. Ledakan asetilen menghasilkan gas-gas, sedangkan ledakan mesin menimbulkan, baik sisa-sisa padat maupun gas. Pada beberapa peristiwa, seperti halnya peledakan debu magnesium, sisa peledakan hanya berbentuk padat. Produk-produk peledakan yang berbentuk gas bervolume lebih besar daripada bahan asal yang meledak.

Peledakan menimbulkan panas yang menjalar dari tempat terjadinya peledakan ke semua tempat atau benda-benda sekelilingnya. Meningkatnya suhu sekitar berakibat membesarnya tekanan. Hebatnya ledakan dapat dinilai antara lain dari kenaikan suhu yang diakibatkannya.

Untuk zat cair, gas dan debu yang mudah terbakar, terdapat kadar minimum dan maksimum dari uap, gas dan debu dalam udara atau zat

asam yang memungkinkan terbakarnya zat-zat tersebut diudara. Batas kadar ini disebut kadar batas untuk menyala atau kadar batas eksplosif. Nilainya untuk gas atau uap dinyatakan dalam persentasi volume, sedangkan untuk debu dan berat pervolume tertentu dari udara.

Bahan-bahan yang dapat menyebabkan peledakan sebaiknya digolong-golongkan menurut cepatnya kenaikan tekanan yang diakibatkan campuran-campurannya dengan udara selama peledakan. Kecepatan kenaikan tekanan ini adalah factor terpenting dalam pengadaan alat-alat pengendaliannya.

Tabel 7.2 Kalsifikasi Bahan-Bahan Yang Dapat Meledak Menurut Kecepatan Naiknya Tekanan

Bahan-Bahan Klas A (Kenaikan Tekanan Yang Lambat)	
Debu-Debu Logam	Aneka Debu Lainnya
Antimon Besi (tidak murni) Kadmium Tembaga Timah Hitam Tungsten Uap 1,2 – Diskloretan	Antrasit Grafit Karbon Hitam Kokas (sedikit menguap) Kopi Kulit The
Bahan-Bahan Klas B (Kecepatan Menengah)	
Debu atau Tepung Logam	Debu Biji-Bijian, Bumbu dsb
Besi (yang direduksi, karbonit, elektrolitis atau secara hydrogen) Mangan Seng Timah Putih Uap Propilin diklorida	Alfalfa Beras Bumbu Campuran biji-bijian Debu dan tepung biji-bijian Kacang Pati Ragi
Debu-Debu Plastik	Aneka Debu Lainnya
Fenolformaldehid Ftalat anhidrid dan resin-resinnya Metil metaklilat	Arang bitumen Asam Kalsium lignosulfonat Belerang

Polietilen Polistiren Resin urea Resin urea melamin Selulosa asetat Vinil butirat	Dektrin Gabus Kumaron, inden Lignin Lignit Piretrum Sirlak Silikon Tepung kayu Tepung Obat-Obatan
<b>Bahan-Bahan Klas C (Kecepatan Tinggi)</b>	
<b>Debu-Debu Logam</b>	<b>Uap-Uap dan Gas-Gas</b>
Aluminium Beberapa hidrida logam Campuran magnesium-aluminium Magnesium Titanium Zirkon	Asetilen Aseton Alkohol (metil, etil, isopropyl dan butyl) Bensin (Gasolin) Eter Etilen Hidrokarbon Karbon disulfide Metil etil keton Zat air (hydrogen)

## F. Teknik Pemadaman

Telah dikemukakan terdahulu bahwa proses pembakaran untuk menimbulkan api dibutuhkan 3 unsur, yaitu adanya benda/bahan, adanya panas dan adanya oksigen. Dan bila salah satu dari ketiga unsur dihilangkan, maka api tidak akan terjadi. Usaha menghilangkan salah satu dari unsur tersebut akan berakibat berhentinya proses pembakaran, misalnya:

- Bila benda/bahan bakar habis, maka api akan surut
  - Bila panas menurun, maka api akan mati
  - Bila sudah tidak mendapatkan oksigen, api akan melunak dan padam
- Penghilangan/pengurangan salah satu dari ketiga unsur atau faktor, maka api menjadi sirna. Terkait dengan kebakaran, maka sebelum api menjadi

besar harus dipadamkan atau dimatikan. Teknik pemadaman atau sistem pemadaman bisa dilakukan dengan tiga macam cara, yaitu:

1. Dengan Smothering

Smothering adalah teknik pemadaman dengan menutupi atau menyelimuti. Dan cara ini biasa dikenal dengan sistem pemadaman isolasi/lokalisasi, yaitu memutuskan hubungan udara luar dengan benda yang terbakar, agar perbandingan udara (oksigen) dengan bahan bakar berkurang. Contoh teknik pemadaman smothering adalah:

- Menutupi atau menyelimuti benda yang terbakar dengan karung basah
- Menutupi atau menyelimuti benda yang terbakar dengan lumpur, pasir atau tanah
- Pemadaman kebakaran dengan menggunakan alat pemadam api busa

Sekaligus pula dengan teknik pemadaman smothering juga melokalisir atau membatasi areal kebakaran agar tidak meluas/membesar

2. Dengan Cooling

Cooling adalah teknik pemadaman dengan pendinginan, yaitu mengurangi atau menurunkan panas sampai benda yang terbakar mencapai suhu dibawah titik nyalanya (*Flash Point*). Contoh teknik pemadaman cooling adalah:

- Disiram atau disemprot dengan air, karena air mempunyai daya serap yang baik
- Ditimbuni dengan pohon-pohonan yang mengandung air
- Dipadamkan dengan alat pemadam api CO<sub>2</sub>

3. Starvation

Starvation adalah teknik pemadaman dengan cara mengurangi atau mengambil jumlah bahan-bahan yang terbakar menutupi aliran bahan (cairan/gas) yang terbakar. Contoh teknik starvation adalah:

- Memisah-misahkan benda yang terbakar
- Menjauh-jauhkan benda yang belum terbakar
- Menutup kran (kerangan) pada instalasi aliran minyak/gas yang terbakar

#### 4. Memutuskan Rantai Reaksi Pembakaran

Teknik ini dilaksanakan dengan alat pemadam api, dimana dilakukan saat pemadaman berlangsung. Partikel-partikel media pemadam api yang dipakai dapat menyerap/menyikat radikal Hidroksid dari api secara kimiawi ataupun secara mekanis. Contoh dari teknik ini adalah:

- Media pemadam jenis bubuk kimia kering (*Dry Chemical Powder*) yang berbahan baku  $\text{KHCO}_2$  (*Potasium Bicarbonat*) dan  $\text{NH}_4, \text{H}_2\text{PO}_4$  (*Mono Ammonium Phospat*)
- Media pemadam jenis Hallon (Cairan mudah menguap), disamping media pemadamnya dapat menyerap/mengikat radikal hidroksil dari api, juga bekerja memadamkan kebakaran dengan mendesak/mengusir udara, sehingga kadar zat asam berkurang (*Dilution*)

#### 5. Emulsification

Teknik emulsification adalah teknik pemadaman penggumpalan. Contoh teknik emulsification adalah: memadamkan api dari kebakaran plastik dengan menggunakan air.

#### 6. Pelarutan

Teknik pelarutan adalah teknik pemadaman api dari kebakaran alkohol dengan menggunakan air

### **G. Pengenalan dan Penggunaan Peralatan Pemadam Kebakaran**

Salah satu faktor yang sangat menunjang keberhasilan tindakan pemadaman pada saat memadamkan kebakaran adalah ketepatan pemilihan media pemadaman yang dipakai. Dengan mengenal berbagai jenis media pemadaman mempunyai maksud agar dapat memilih jenis media pemadaman yang tepat dari suatu kebakaran tertentu, sehingga akan dapat dicapai pemadaman kebakaran yang efektif dan efisien.

#### 1. Jenis-Jenis Media Pemadaman

Media pemadaman terbagi menjadi 3 golongan, yaitu:

- Media pemadaman jenis padat  
Media pemadaman jenis padat, contohnya: pasir, tanah, lumpur, karung basah, kain basah, selimut api (*Fire Blanket*), tepung kimia (*Dry Chemical Powder*). Khusus tepung kimia terdiri dari: tepung kimia reguler, tepung kimia multipurpose (Tepung Kimia ABC), tepung kering/tepung khusus (Untuk pemadaman kebakaran logam/*Dry Powder*)

- Media pemadaman jenis cair  
Media pemadaman jenis cair, contohnya air, busa (*Foam*), soda, cairan mudah menguap (*Hallon*)
- Media pemadaman jenis gas  
Media pemadaman jenis gas, contohnya gas asam arang ( $\text{CO}_2$ ), gas zat lemas ( $\text{N}_2$ ), gas argon

## 2. Alat Pemadam Api Ringan

Alat pemadam api ringan disingkat dengan APAR adalah alat pemadam api jinjing ringan (*Portable Fire Extinguisher*) atau alat pemadam kebakaran yang dapat dibawa dan digunakan/dioperasikan oleh satu orang dan berdiri sendiri (*Self Contained*).

Berat APAR untuk portable antara 1 lbs sampai 35 lbs atau 0,5 Kg sampai 16 Kg, sedangkan untuk yang semi portable antara 35 lbs sampai 74 lbs atau 16 Kg sampai 36 Kg.

Dengan mempelajari dan mengenal APAR diharapkan dapat mempergunakan dengan teknik yang baik dalam menangani penanggulangan bahaya kebakaran. Mengingat kemampuan daya padam dari portable fire extinguisher sangat terbatas, maka penggunaannya hanya pada tahap awal saja, yaitu pada lima menit pertama terjadinya kebakaran. Namun demikian tindakan pemadaman pada tahap lima menit pertama sangat menentukan.

Mengenai cara penggunaan portable fire extinguisher atau APAR adalah dimulai dari pangkal api yang paling tipis, yaitu dibelakang arah angin atau disamping kiri/kanan api.

Sebagai mana penjelasan tentang media pemadaman, maka jenis media pemadam ada banyak jenisnya, olehnya jenis-jenis media pemadaman dan cara kerjanya akan dijelaskan dibawah ini.

### Tepung Kimia Kering

Tepung kimia kering (*Dry Chemical Powder*) termasuk jenis media pemadaman jenis padat. Berdasarkan klasifikasi kebakaranyang dapat dipadamkan, terbagi menjadi:

- Tepung Kimia Reguler  
Tepung ini sangat efisien untuk memadamkan api dari klas B dan C. Bahan baku tepung kimia reguler adalah:
  - a. Sodium bikarbonat/baking soda ( $\text{NaHCO}_3$ )

- b. Potasium bikarbonat ( $\text{KHCO}_3$ ) lazim dikenal sebagai purple K. Biasanya guna mencegah sifat hidrokopis (menghisap air) dan mengumpulkan serta memberikan daya pengaliran yang baik, maka kepada bahan baku tersebut ditambah logam stearate dan lain-lain
  - c. Potasium Carbonat dikenal sebagai Monex
  - d. Potasium Chlorida ( $\text{KCL}$ ) dikenal dengan super K
- Tepung Kimia Multipurpose
- Tepung kimia multipurpose atau tepung kimia serbaguna adalah media pemadam yang mempunyai kemampuan memadamkan api pada klas kebakaran A, B dan C. Bahan baku tepung kimia multipurpose adalah sebagai berikut:
- b. Kalium sulfat ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ )
  - c. Mono Ammonium Posphat (MAP), Phosporic Acid Bihydrogenete Ammonium/Ammonium Hydrosphat Primer ( $\text{NH}_4\text{HPO}_4$ ). Berbentuk butir-butir kecilyang ukurannya kurang dari 100 mesh.
- Tepung kimia multipurpose dipergunakan untuk pemadaman, karena mempunyai sifat-sifat:
- Dapat menyerap panas sekaligus mendinginkan
  - Dapat menahan radiasi panas
  - Bukan penghantar listrik
  - Mempunyai daya lekat yang baik
  - Menghalangi terjadinya oksidasi pada bahan bakar
- Tepung Kimia Kering/Khusus (Dry Powder)
- Tepung ini khusus untuk memadamkan api dari klas kebakaran D (logam). Bahan baku tepung ini dapat dibedakan sebagai berikut:
- a. Campuran Kalium Chlorida, Barium Chlorida, Magnesium Chlorida, Natrium Chlorida dan Calcium Chlorida.  
Dalam perdagangan tepung kering jenis ini dikenal dengan Foundry Flux, T.E.L
  - b. Bubuk Grafita dengan berbagai campuran lain seperti Organic Phosphat. Dalam perdagangan jenis ini dikenal antara lain Lith-X Powder, Metal Guard Powder, Pyrene G-I Powder

- c. Campuran Sodium Chlorida, trikalsium Phosphat, Metal Stearate dan Thermo plastic. Dalam perdagangan dikenal dengan nama Met-L-X Powder
- d. Campuran Sodium Chlorida, Ammonium Phosphat, Trikalsium Phosphat. Dalam perdagangan jenis ini dikenal dengan Pyromet Powder.

### Cara Kerja Tepung Kimia

Secara umum cara kerja tepung kimia memadamkan api adalah sebagai berikut:

- Secara Fisis  
Secara fisis yaitu memutuskan hubungan udara luar dengan benda yang terbakar (*Smothering*) atau penyalutan bahan bakar, sehingga tidak terjadi penyempurnaan antara oksigen dengan uap bahan bakar (Isolasi). Hampir semua tepung kimia mempunyai cara kerja secara fisis ini.
- Secara Kimiawi  
Secara kimiawi yaitu memutuskan rantai reaksi pembakaran, dimana partikel-partikel tepung kimia tersebut akan menyerap radikal hidroksil dari api. Tepung kimia yang bekerja secara kimiawi adalah terutama yang berbahan baku Potasium Bicarbonat ( $\text{KHCO}_3$ ) dan Mono Ammonium Phosphate ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ )

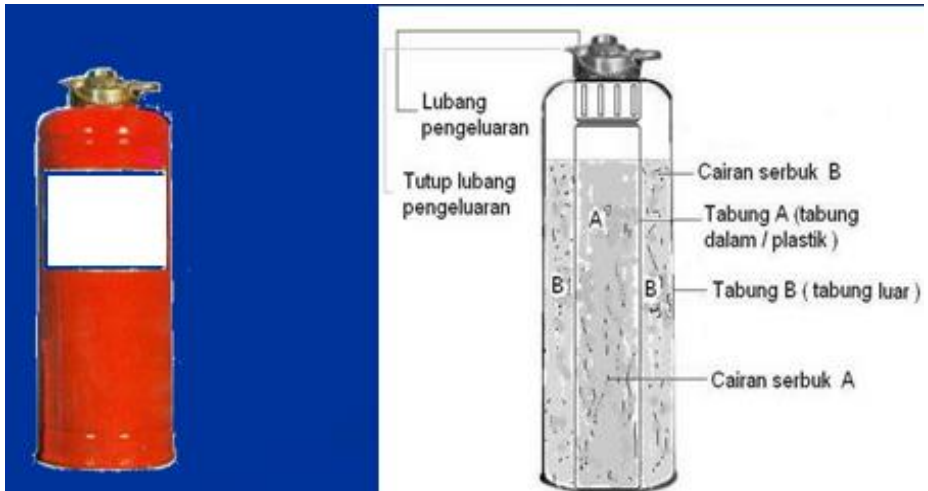
Sebagaimana penjelasan diatas tentang jenis bahan utama APAR ada 5 jenis, yaitu: 1) Dengan menggunakan busa, 2) Dengan menggunakan kimia kering, 3) Dengan menggunakan Gas  $\text{CO}_2$ , 4) Dengan menggunakan cairan mudah menguap atau Hallon, 5) Dengan menggunakan air. Dan gambaran alat pemadam api ringan (APAR) dapat dilihat pada gambar berikut ini:

### APAR Dengan Menggunakan Busa

Busa adalah alat pemadam yang efektif untuk memadamkan kebakaran Kelas A dan B. Bahan yang digunakan adalah campuran Natrium Bicarbonate dengan Aluminium Sulfat, keduanya dilarutkan kedalam air hasilnya suatu busa yang volumenya mencapai 10 x volume campuran. Pemadam api menggunakan busa merupakan sistem isolasi, yaitu mencegah agar oksigen tidak mendapat kesempatan untuk beraksi, karena busa menyelimuti (menutup) permukaan benda yang terbakar.



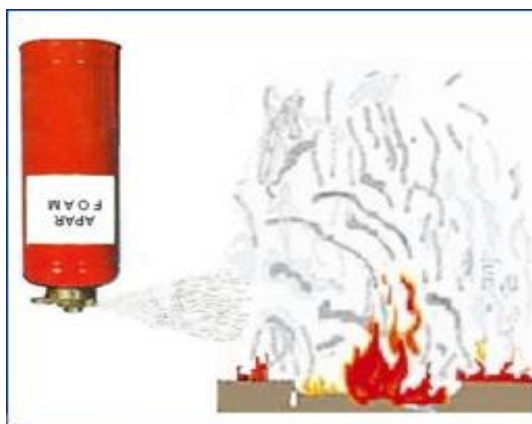
Tipe APAR yang dengan menggunakan busa dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 7.7 APAR Dengan Menggunakan Busa

Cara menggunakan APAR yang dengan menggunakan busa dapat dilihat Sebagai berikut:

- Dengan membalikkan tabung, maka otomatis kedua larutan akan bercampur dan keluar melalui Nozzle.
- Arahkan Nozzle ke benda yang terbakar.
- Jangan melawan arah angin.



Gambar 7.8 Cara Menggunakan APAR Jenis Busa

Keuntungannya :

1. Alat Pemadam Api jenis busa mempunyai tekanan rendah, sehingga lebih efektif untuk memadamkan kebakaran benda cair.
2. Cara penggunaannya lebih praktis.

Kerugiannya :

1. Alat Pemadam Api jenis busa tidak bisa untuk memadamkan kebakaran listrik, karena berupa cairan.
2. Kotor dan meninggalkan noda pada benda yang terkena cairan busa jika tidak segera dibersihkan.

Catatan :

1. Apabila benda padat yang terbakar, arah semprotan bisa langsung ke benda yang terbakar.
2. Apabila benda cair yg terbakar, arah semprotan pada dinding sebelah dalam tempat benda cair terbakar.
3. Nozzle harus bebas dari hambatan/sumbatan (biasanya debu dan serangga).

Sifat-Sifat Alat Pemedam Api Busa

1. Penyelimutan (smothering)
2. Mencegah penguapan bahan bakar
3. Pendinginan (cooling)
4. Melokalisir benda yang terbakar
5. Tidak boleh untuk memadamkan kebakaran listrik

APAR Dengan Menggunakan CO<sub>2</sub>

Alat pemadam api dengan bahan CO<sub>2</sub> atau Carbon Dioxide digunakan untuk memadamkan kebakaran yang terjadi pada peralatan – peralatan mesin atau listrik. Tabung – tabung yang digunakan berisi gas CO<sub>2</sub> yang berbentuk cair, bila dipancarkan CO<sub>2</sub> tersebut mengembang menjadi gas. Cairan CO<sub>2</sub> didalam tabung temperaturnya rendah sekali dan berbahaya apabila mengenai tubuh manusia.

Cara penggunaannya :

1. Angkat Tabung dari tempatnya
2. Pastikan bahwa tabung tersebut siap pakai
3. Letakan tabung disamping tubuh dengan posisi kuda-kuda
4. Lepas pen pengaman.
5. Pegang corong pada gagang yg mempunyai penyekat agar tangan tidak luka karena suhu dingin.

6. Arahkan corong ke atas
7. Tekan tangkai penekannya
8. Setelah yakin bahwa alat tersebut siap pakai.
9. Bawalah alat tersebut ketempat terjadinya kebakaran.
10. Arahkan corong/Nozzle ke nyala api dan tekan tangkai penekannya.
11. Gerakkan corong kekanan dan kekiri secara menyapu sampai kebakaran padam.
12. Jangan melawan arah angin.

Keuntungannya :

1. Merupakan gas yang tidak dapat mengalirkan arus listrik dan tidak menyebabkan karat
2. Dapat disimpan didalam tabung-tabung yang terbuat dari baja, sehingga mudah disiapkan diruangan sempit.
3. Carbondioksida yang disimpan didalam tabung dapat digunakan berulang kali, (tidak sekali pakai)
4. Dapat digunakan untuk memadamkan api secara otomatis (pada instalasi tetap).

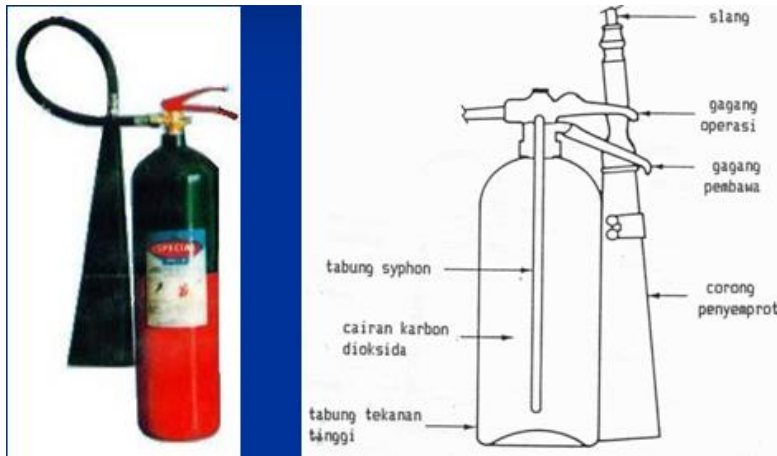
Kerugiannya :

1. Pada konsentrasi tertentu gas CO<sub>2</sub> dapat membahayakan manusia oleh karena itu, pemadam api didalam ruangan petugas harus memakai masker dan alat bantu pernafasan;
2. Kurang efektif digunakan diruangan terbuka; Pada waktu menggunakan CO<sub>2</sub> diruangan tertutup harus diyakinkan dulu bahwa tidak ada orang atau korban yang masih berada didalam ruangan.

Berdasarkan kemasan CO<sub>2</sub> terdiri dari :

1. Jenis membran
2. Jenis pengatup

Alat Pemadam Api jenis CO<sub>2</sub> bisa untuk memadamkan kebakaran kelas A, B dan C. Gambaran alat pemadam api ringan yang menggunakan CO<sub>2</sub> dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 7.7 APAR Dengan Menggunakan CO<sub>2</sub>

### APAR Dengan Menggunakan Powder

Serbuk Kimia kering (Dry Chemical Powder) adalah bahan pemadam serbaguna yang dapat memadamkan api atau kebakaran kelas A, B dan C

Cara penggunaannya :

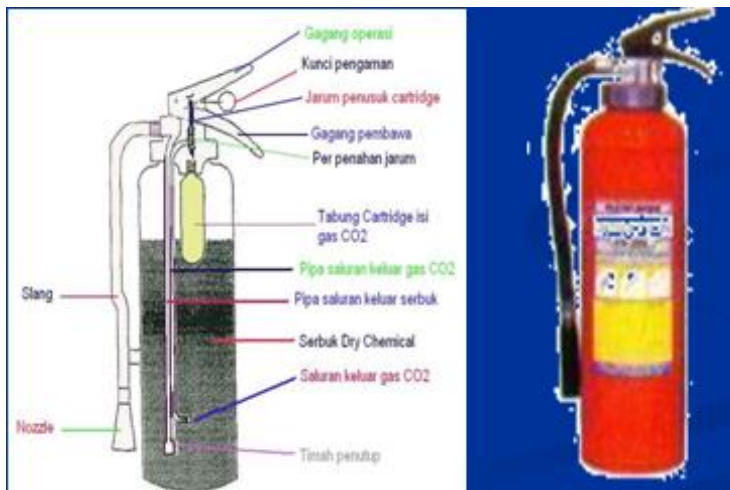
1. Angkat Tabung dari tempatnya
2. Pastikan bahwa tabung tersebut siap pakai
3. Letakan tabung disamping tubuh dengan posisi kuda-kuda
4. Lepas pen pengaman.
5. Pegang corong/Nozzle arahkan corong ke atas
6. Tekan tangkai penekannya
7. Setelah yakin bahwa alat tersebut siap pakai.
8. Bawalah alat tersebut ketempat terjadinya kebakaran.
9. Arahkan corong/Nozzle ke nyala api dan tekan tangkai penekannya.
10. Gerakkan corong kekanan dan kekiri secara menyapu sampai kebakaran padam.
11. Jangan melawan arah angin.

Keuntungannya :

1. Serbuk kimia kering tidak berbahaya bagi manusia;
2. Sebagai pemisah oksigen dan api;
3. Bukan penghantar listrik;
4. Efektif dipergunakan diruang terbuka (jika angin tidak kencang);

5. Dapat menyerap panas sekaligus dapat Kerugiannya :
1. Jika dipakai berbentuk debu, akan mengganggu pernafasan dan penglihatan;
  2. Sekali pakai habis;
  3. Meninggalkan kotor berupa serbuk.

Gambaran alat pemadam api ringan dengan menggunakan powder dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 7.8 APAR Dengan Menggunakan Powder

### APAR Dengan Menggunakan Hallon

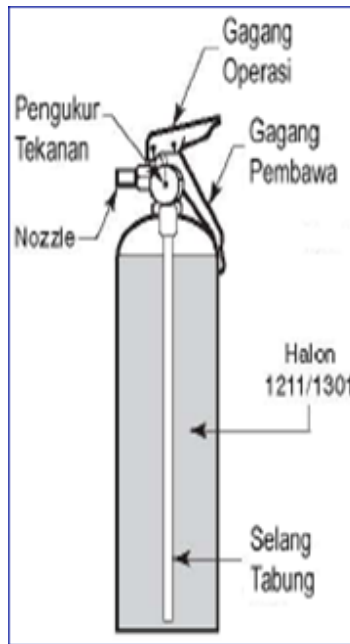
Pemadam Hallon adalah bahan yang terdiri dari beberapa unsur kimia yang dibedakan macam-macamnya dengan menggunakan kode angka misalnya :

- Hallon 104 - Carbon Tetra Chlor
- Hallon 1001 – Metyl Bromide
- Hallon 1211 – Bromo Chloro di Fluoro Methane
- Hallon 1301 – Bromo Teifuoro Methane

Alat Pemadam jenis Hallon dapat digunakan untuk memadamkan kebakaran Kelas A, B dan C.

Alat Pemadam ini bila dikeluarkan isinya berbentuk gas, tapi tidak bercampur dengan oksigen dan akan keatas, sehingga bisa merusak

lapisan ozon. Gambaran alat pemadam api ringan yang menggunakan halon dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 7.9 APAR Dengan Menggunakan Hallon

### APAR Dengan Menggunakan Air

Air termasuk adalah media yang hanya dapat memadamkan api dari klas A. Dikarenakan air dapat berfungsi sebagai penghantar listrik, maka air sangat berbahaya untuk memadamkan api dari jenis kebakaran klas C (listrik), demikian pula terhadap klas pembakaran tipe B (tidak efisien bahkan sering memperbesar kebakaran).

Dalam pemadaman, air bekerja secara fisi, yaitu:

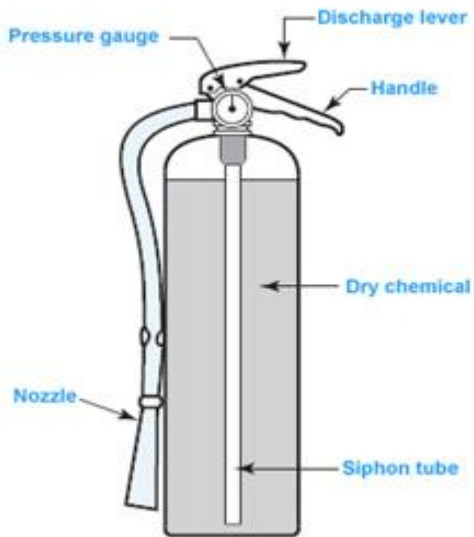
1. Pendinginan (*Colling*)

Dalam hal ini air mempunyai daya penyerapan sebagai berikut: panas yang diserap dari 15 °C sampai 100 °C ( 84,4 Kcal/Kg atau 152 BTU/Lb)

2. Penyelimutan

Air yang terkena panas akan berubah menjadi uap, dan uap tersebutlah yang kemudian menyelimuti bahan yang terbakar. Dalam penyelimutan ini air cukup efektif, karena dari 1 liter air akan berubah menjadi 1670 liter uap air.

Alat pemadam api ringan yang menggunakan air ada 2 jenis, yaitu: APAR air bertekanan (*Stored Pressure*) dan APAR bertekanan dengan gas cartridge. Gambaran alat pemadam api ringan yang menggunakan air dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 7.10 APAR Dengan Menggunakan Air Bertekanan

Alat Pemadam jenis ini mencampur antara media dengan gas pendorongnya. Pada tabung jenis ini tidak akan melihat adanya *Cartridge* yang berisi gas, dan antara gas pendorong dan media dijadikan satu ke dalam tabung. Sistem kerja pada tabung pemadam ini ialah dengan menggunakan katup (buka / tutup), ketika kita menekan *Handle* maka katup akan terbuka dan akan memberi jalan bagi media untuk keluar dari selang. Karena menggunakan sistem katup, *Stored Pressure System* menonjolkan kemampuannya untuk dapat kita kontrol penggunaannya, seperti tekanan yang dikeluarkan dapat kita tentukan besar kecilnya melalui *Handle*. Selain itu, keunggulan lain menggunakan tabung pemadam jenis ini ialah dapat digunakan berkali-kali sehingga dapat lebih ekonomis dan tidak mubazir saat kita telah gunakan.

Demi memastikan apakah tabung berisi tekanan atau tidak, biasanya sistem ini dilengkapi oleh alat pengukur tekanan. Agar bisa digunakan dengan baik, sering-seringlah mengecek pengukurannya agar selalu berada di

warna hijau. Walaupun menawarkan berbagai kelebihan, tabung pemadam api *Stored System* juga memiliki kelemahan, seperti : Anda tidak bisa melakukan pengisian ulang di pemadam berjenis ini. Selain itu, jika Anda membeli *Stored Pressure* yang tidak menggunakan gas pendorong Nitrogen Kering (N<sub>2</sub>) maka tabung pemadamnya harus dibolak-balik setiap 1 bulan sekali. Hal ini terpaksa dilakukan agar tidak terjadi penggumpalan terhadap media di dalam tabung.



Gambar 7.11 APAR Dengan Menggunakan Air Bertekanan Dengan Gas Cartridge

Cartridge system adalah tabung pemadam api yang tekanannya dimasukkan pada tempat yang berbeda (cartridge) dengan media pemadamnya, atau dengan kata lain cartridge terletak diluar tabung (lihat gambar 7.11). Anda bisa melihat bahwa Gas Cartridge-nya (biasanya Carbon Dioksida CO<sub>2</sub>) berada ditempat yang berbeda dengan media pemadamnya yang berupa bahan kimia kering (*Dry Chemical*). Walaupun ditempatkan yang berbeda, tetap Gas Cartridge atau gas pendorongnya menempel pada bagian atas (head) tabung pemadamnya.



Cara kerja dari Cartridge System ini ialah dengan merobek membran cartridge sehingga gas bisa mengalir masuk ke dalam tabung pemadam. Karena adanya gas yang terlepas dan masuk ke tabung pemadam, menyebabkan media kimia (*Dry Chemical*) tertekan menuju selang agar bisa digunakan untuk memadamkan api.

Jika Anda memilih untuk membeli tabung berjenis Cartridge System ini maka berbagai manfaat bisa Anda dapatkan. Anda dapat dengan mudah mengisi ulang. Selain itu, karena gas pendorong dan media-nya tidak ditempatkan dalam satu tabung sehingga penggumpalan media tidak akan terjadi.

Walaupun memberikan kemudahan terhadap mengisi ulang Cartridge System, tabung pemadam api jenis ini memiliki beberapa kelemahan, diantaranya tekanan dalam tabung tidak bisa dipastikan karena tidak adanya alat pengukur tekanan. Jadi berhati-hatilah saat menggunakan jangan sampai tersentak. Namun masih ada cara untuk mengecek isi tekanan yaitu dengan mengeluarkan cartridge dan menimbanginya.

Selain itu, menggunakan Tabung Pemadam Api bersistem cartridge ini juga kurang ekonomis. Karena hanya dapat digunakan 1 kali tanpa meninggalkan cadangan tekanan jika Anda sudah memakainya.

Dalam keilmuan keselamatan dan kesehatan kerja bidang kebakaran atau K3 kebakaran, diatur tanda tempat APAR dan persyaratan teknis APAR. Dan lebih jelasnya dapat dilihat penjelasan berikut ini:

#### Tanda Tempat Penempatan APAR

##### a. Pada Dinding

Tanda tempat berbentuk segitiga sama sisi warna merah, ukuran sisinya 35 Cm, tinggi tanda pada 7,5 Cm warna merah dan ruang tulisan tinggi 3 Cm warna merah.

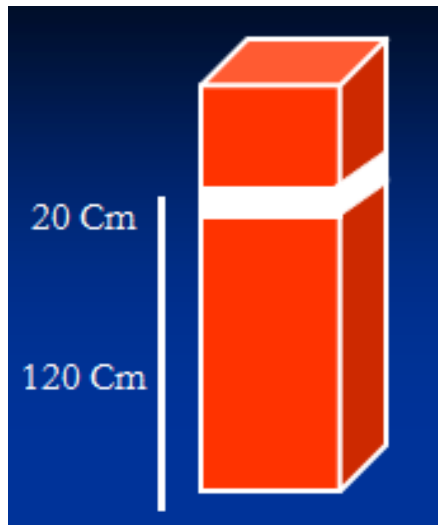
Gambaran tanda tempat penempatan alat pemadam api ringan dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 7.12 Tanda Penempatan APAR Pada Dinding

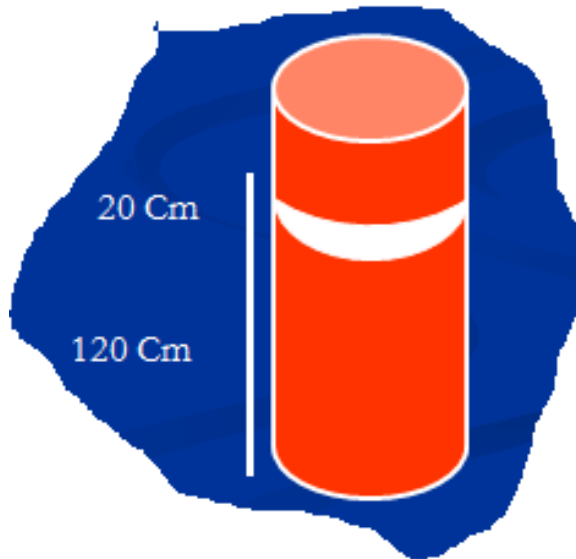
b. Pada Tiang Berbentuk Kotak

Pada tiang berbentuk kotak, tanda pemasangannya diberi tanda merah. Gambaran penempatan APAR dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 7.13 Tanda Penempatan APAR Pada Tiang Berbentuk Kotak

- c. Pada Tiang Berbentuk Bulat  
Pada tiang berbentuk bulat, tanda pemasangannya diberi tanda merah.  
Gambaran penempatan APAR dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 7.13 Tanda Penempatan APAR Pada Tiang Berbentuk Bulat

#### Persyaratan Tehnis APAR

Untuk semua jenis APAR yang biasanya dikemas dalam tabung harus memenuhi syarat :

1. Tabung harus dalam keadaan baik ( tidak berkarat )
2. Dilengkapi dengan etiket cara – cara penggunaan yang memuat urutan singkat dan jelas tentang cara penggunaannya
3. Segel harus dalam keadaan baik
4. Tidak ada kebocoran pada membran tabung gas tekanan tinggi (Cartridge )
5. Slang harus dalam keadaan baik dan tahan tekanan tinggi
6. Bagi APAR yang jenis Busa tabung dalam tidak bocor serta lubang pengeluaran (nezsel) harus tidak tersumbat baik.
7. Bahan baku pemadam harus selalu dalam keadaan baik
8. Tutup lubang harus baik dan tertutup rapat
9. Isi tabung gas sesuai dg tekanan yang dipergunakan
10. Belum lewat batas masa berlakunya

11. Warna tabung harus mudah dilihat.

Pemasangan dan penempatan harus memenuhi syarat :

1. Setiap APAR dipasang pada posisi yang mudah dilihat, diambil serta dilengkapi dengan pemberian tanda pemasangan.
2. Pemasangan APAR harus sesuai dengan jenis dan penggolongan kebakaran
3. Setiap APAR harus dipasang menggantung pada dinding dengan sengkang atau dalam lemari kaca
4. Pemasangan dilakukan sedemikian rupa sehingga bagian paling atas pada ketinggian 1,3 meter dari permukaan lantai
5. Tidak boleh dipasang didalam ruangan yang mempunyai suhu lebih dari 49o C
6. Penempatan APAR didasarkan pada kemampuan jangkauan sera jenis bangunannya.

Tabel 7.3 Resume Kelas Kebakaran dan Jenis Bahan APAR yang dapat Digunakan;

No	KELAS KEBAKARAN	SISTEM PEMADAM	AIR	FOAM	CO <sup>2</sup>	POWDER
1.	<b>Kelas A</b>	Pendinginan Penguraian Isolasi	Baik	Boleh	Boleh	Boleh
2.	<b>Kelas B</b>	Isolasi	Bahaya	Baik	Boleh	Baik
3.	<b>Kelas C</b>	Isolasi	Bahaya	Bahaya	Baik	Boleh
4.	<b>Kelas D</b>	Isolasi Pendinginan	Bahaya	Bahaya	Boleh	Baik

## H. Pencegahan dan Penanggulangan Kebakaran

Pencegahan dan penanggulangan kebakaran adalah semua tindakan yang berhubungan dengan pencegahan, pengamatan dan pemadaman

kebakaran dan meliputi perlindungan jiwa keselamatan manusia serta perlindungan harta kekayaan. Dengan meningkatnya penggunaan bahan-bahan yang mudah terbakar, pengintensifan pencegahan dan penanggulangan terhadap kebakaran harus ditingkatkan, agar kerugian-kerugian menjadi sekecil mungkin. Pencegahan kebakaran lebih ditekankan kepada usaha-usaha yang memindahkan atau mengurangi terjadinya kebakaran. Penanggulangan lebih ditekankan kepada tindakan-tindakan terhadap kejadian-kejadian kebakaran agar korban menjadi sedikit mungkin.

Pencegahan kebakaran dan pengurangan korban kebakaran tergantung dari lima prinsip pokok sebagai berikut:

1. Pencegahan kecelakaan sebagai akibat kecelakaan atau keadaan panic
2. Pembuatan bangunan tahan api
3. Pengawasan yang teratur dan berkala
4. Penemuan kebakaran pada tingkat awal dan pemadamannya
5. Pengendalian kerusakan untuk membatasi kerusakan sebagai akibat kebakaran dan tindakan pemadamannya.

Berdasarkan pengamatan, pengalaman, penyelidikan dan analisa dari setiap peristiwa kebakaran, dapat disimpulkan bahwa faktor-faktor penyebab terjadinya kebakaran adalah karena unsur **manusia, penyalaan sendiri, reaksi kimia dan gerakan alam**. Untuk lebih jelasnya penyebab terjadinya kecelakaan dapat dilihat dari uraian materi berikut:

#### Faktor Manusia

Penyebab terjadinya kebakaran karena unsur manusia terdiri dari 3 unsur, yaitu: kurangnya pengertian terhadap penanggulangan bahaya kebakaran, kelalaian dan disengaja.

- Kurangnya pengertian terhadap penanggulangan bahaya kebakaran  
Dalam hal ini orang yang bersangkutan sama sekali belum mengerti atau hanya sedikit sekali mengetahui tentang cara-cara penanggulangan bahaya kebakaran, misalnya:
  - a. Mendekatkan-dekatkan benda yang mudah terbakar ke sumber panas atau api, seperti: meletakkan kompor yang sedang menyala di dekat dinding yang mudah terbakar (triplek, papan, dan lainnya), meletakkan lap-lap (majun) yang telah mengandung bahan bakar diatas mesin (generator) yang sedang bekerja, menempatkan lampu atau obat nyamuk atau pedupaan yang

sedang menyala ditempat yang mudah terbakar, menyimpan bahan bakar di dekat sumber panas/api

- b. Memadamkan api (kebakaran) yang sedang terjadi dengan menggunakan peralatan pemadam/media pemadam yang bukan pada tempatnya atau fungsinya, seperti: memadamkan api (kebakaran) yang berasal dari benda cair (bensin, solar, minyak tanah dan lainnya) dengan menggunakan air, memadamkan kebakaran karbid dengan air atau alat pemadam jenis busa

- Kelalaian

Dalam hal ini yang bersangkutan termasuk keadaan orang yang sudah memahami/mengerti tentang cara penanggulangan bahaya kebakaran, hanya saja ia malas/lalai untuk menjalaninya, seperti:

- a. Tidak pernah memperhatikan/meneliti atau mengadakan pengontrolan/pemeriksaan secara rutin terhadap alat-alat yang akan atau sedang dipakai (kompor, generator, instalasi listrik, alat-alat listrik dan lainnya)
- b. Tidak pernah mengadakan pengamatan terhadap lingkungan atau situasi setempat sewaktu akan meninggalkan ruangan kerja dan tempat tinggal
- c. Membiarkan anak-anak bermain api
- d. Tidak pernah mengadakan pengontrolan terhadap peralatan pemadam kebakaran
- e. Tidak pernah mau mematuhi larangan-larangan yang terdapat pada suatu tempat (tempat-tempat berbahaya biasanya terdapat tanda-tanda peringatan, seperti Dilarang Merokok, Matikan Mesin Sewaktu Mengisi Bahan Bakar, dan lainnya)
- f. Merokok sambil bermalas-malasan ditempat tidur
- g. Dan masih banyak lainnya

- Disengaja

Yaitu kebakaran yang benar-benar disengaja dilakukan seseorang dengan tujuan untuk maksud-maksud tertentu. Misalnya:

- a. Dilakukan oleh orang-orang yang tidak bertanggung jawab guna mencari keuntungan pribadi (persaingan), untuk kepuasan batin (balas dendam), menutupi/menghilangkan jejak kejahatan
- b. Pada masa peperangan, seperti dijatuhkan bom-bom bakar (napalm, molotov), adanya politik bumi hangus, sabotase
- c. Kejadian huru hara dan lainnya.

### Penyalaan Sendiri

Penyebab terjadinya kebakaran karena penyalaan sendiri dikarenakan adanya timbunan-timbunan atau penyimpanan-penyimpanan yang bisa menimbulkan pembakaran. Contoh penyebab terjadinya kebakaran akibat penyalaan sendiri, seperti

- Pada penyimpanan-penyimpanan tembakau, gapek dan lainnya digudang-gudang
- Pada timbunan sampah
- Pada penyimpanan-penyimpanan film yang terutama sekali mengandung colluloid, termasuk jenis plastik yang mengandung Nitro Colulose atau Collulose Nitrat yang mempunyai suhu penyalaan  $54,5^{\circ}\text{C}$ , sehingga sejak tahun 1950 film-film ini diganti dengan film yang mengandung Collulose Acetat untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kebakaran. Namun demikian guna pengamanan lebih lanjut, film-film dibatasi peredarannya, bilamana peredarannya telah selesai film tersebut harus segera dimusnakan (dibakar)

### Reaksi Kimia

Penyebab terjadinya kebakar akibat reaksi kimia adalah pencampuran dua atau lebih zat kimia yang bisa menimbulkan kebakaran, contohnya: Kalium permanganat dengan glyserine, Natrium dengan air, Phospor (putih) dengan udara, dan lain-lain.

### Gerakan Alam

Penyebab terjadinya kebakaran karena alam disebabkan karena kejadian alam, seperti:

- Gunung meletus dengan menimbulkan awan pijar, batu-batuan pijar, lahar panas, gas-gas panas, gempa bumi, dan lain-lain
- Kilatan Petir memiliki arus listrik yang sangat besar sekali sehingga sulit diperkirakan, jika kilatan ini menyambar suatu benda yang dilalui dan mudah terbakar, maka akan menimbulkan kebakaran. Olehnya bangunan tinggi harus dilengkapi dengan penangkal petir agar terhindar dari kebakaran yang disebabkan lompatan listrik petir. Jenis penangkal petir antara lain: Convensionil Lighting Protection, Convensinnil Radio Active (mempunyai radius 100 meter)
- Sinar matahari
- Dan lainnya

Setelah kita mengetahui penyebab terjadinya kebakaran, selanjutnya bagaimana usaha yang dilakukan dalam penanggulangan bahaya kebakaran. Seperti penjelasan sebelumnya, bahwa akibat dari timbulnya bahaya kebakaran adalah kerugian yang sangat besar. Mengingat akibat-akibat dari peristiwa terjadinya suatu kebakaran berbagai macam usaha dilakukan untuk menanggulangi bahaya kebakaran. Adapun usaha-usaha penanggulangan bahaya kebakaran dapat dibagi menjadi tiga kelompok besar, yaitu:

#### 1. Tindakan Preventive

Tindakan preventive adalah usaha-usaha pencegahan yang dilakukan sebelum terjadi kebakaran dengan maksud menekan atau mengurangi faktor-faktor yang dapat menyebabkan timbulnya kebakaran, antara lain:

- Mengadakan penyuluhan
- Pengawasan terhadap bahan-bahan bangunan
- Pengawasan terhadap penyimpanan dan penggunaan barang-barang
- Pengawasan peralatan yang dapat menimbulkan api
- Pengadaan sarana pemadam kebakaran
- Pengadaan sarana penyelamatan dan evakuasi
- Pengadaan sarana pengindra kebakaran
- Mempersiapkan petunjuk pelaksanaan (Juklak) atau prosedur pelaksana
- Mengadakan latihan berkala
- Dan lainnya

#### 2. Tindakan Repressive

Tindakan repressive adalah usaha-usaha yang dilakukan pada saat terjadinya kebakaran dengan maksud untuk mengurangi/memperkecil kerugian-kerugian yang timbul sebagai akibat kebakaran. Dalam hal ini faktor utama yang dihadapi tidak hanya api saja, akan tetapi juga jiwa manusia dan harta benda. Oleh karena itu usaha-usaha repressive dibagi menjadi dua kelompok, yaitu:

- Usaha-usaha pemadaman kebakaran
  - a. Pemberitahuan kepada yang berwajib
  - b. Pemberitahuan kepada para penghuni
  - c. Penggunaan peralatan pemadam kebakaran
  - d. Mencegah meluasnya kebakaran



- e. Penggunaan alat-alat penunjang
  - f. Dan lainnya
- Pertolongan/Penyelamatan jiwa manusia dan harta benda
    - a. Pengamanan/Melokalisir daerah kebakaran dan daerah bahaya kebakaran
    - b. Pelaksanaan evakuasi
    - c. Mempersiapkan tempat berhimpun ditempat/daerah yang aman

Usaha-usaha pemadaman dapat dilakukan sebelum atau sesudah usaha-usaha pertolongan/penyelamatan, atau dapat dilaksanakan secara bersama. Guna keberhasilan usaha-usaha pemadaman dan penyelamatan perlu sekali ditunjang dengan adanya tindakan pencarian, yaitu mencari sumber api yang akan dipadamkan serta mencari orang-orang yang terjebak dan mencari harta benda untuk diselamatkan.

Setelah semua dilakukan perlu lagi dilakukan tindakan rehabilitative yaitu usaha-usaha yang dilakukan setelah terjadi kebakaran dengan maksud evakuasi dan menganalisa peristiwa kebakaran tersebut untuk mengambil langkah-langkah berikutnya, antara lain:

- Membuat pendataan
- Menganalisa tindakan-tindakan yang telah dilakukan (kegagalan-kegagalan)
- Menyelidiki faktor-faktor penyebab kebakaran sebagai bahan pengusutan
- Dan lainnya

Mengingat bahwa sebagai akibat dari peristiwa kebakaran akan timbul suatu kerugian yang tidak dapat diduga sebelumnya baik jiwa manusia maupun kerugian harta benda, maka usaha penanggulangan kebakaran yang paling baik adalah tindakan preventive. Adapun maksud dari tindakan-tindakan penanggulangan bahaya kebakaran tersebut secara umum adalah berusaha memperkecil/menekan frekwensi kebakaran.

## **Rangkuman**

Keselamatan kerja bidang kebakaran adalah materi yang sangat penting pada bidang K3 teknik mesin, dikarenakan sebagai tindakan preventive sebelum terjadinya kebakaran ditempat kerja. Jenis peralatan untuk pemadaman kebakara sangat bervariasi sesuai dengan jenis klas

pembakaran. APAR sebagai alat pemadam terdiri dari APAR dengan menggunakan air, APAR dengan menggunakan busa, APAR dengan menggunakan foam, dan APAR dengan menggunakan hallon. Olehnya cara pencegahan kebakaran harus mengetahui cara kerja dari APAR yang tersedia. Dengan mengetahui keselamatan kerja pada bidang kebakaran, maka kecelakaan kerja dapat dieliminir.

### **Tes Formatif**

1. Jelaskan perbedaan perpindahan panas konduksi, konveksi dan radiasi
2. Dari keseluruhan APAR yang anda ketahui, mana yang lebih baik digunakan untuk pemadaman.

### **Tindak Lanjut**

Mahasiswa diharapkan dapat mengetahui dan memahami tentang keselamatan dan kesehatan kerja (K3) bidang kebakaran atau tuntas dalam materi bab VII untuk keberhasilan dalam proses belajar mengajar, karena materi ini erat kaitannya dengan materi bab VIII

## **BAB VIII**

### **KESELAMATAN PERALATAN BERBAHAYA DI INDUSTRI**

#### **Pendahuluan**

Menurut Undang-Undang No.1 Tahun 1970 tentang keselamatan dan kesehatan kerja, bahwa segala bentuk kegiatan apapun yang dikerjakan di industri harus berorientasi terhadap keselamatan dan kesehatan kerja. Olehnya bukan hanya lingkungan kerja yang perlu dilakukan penyelamatan, akan tetapi peralatanpun perlu dilakukan penyelamatan. Olehnya peralatan yang ada di industri harus benar-benar aman jika digunakan. Sehingga ketika pekerja menggunakan alat tersebut tidak merasa kuatir akan resiko bahaya. Ketika peralatan tidak memberikan keamanan, maka kerugian besar bagi industri tersebut, sebagai contoh ketika ketel uap atau boiler tidak dilengkapi dengan asesoris ketel, maka kita tidak pernah akan tahu ketel tersebut aman saat digunakan? Jika ada tekanan uap lebih, maka kita tidak pernah akan tahu atau uap tersebut tidak bisa dibuang secara otomatis. Dengan adanya tekanan uap lebih yang tidak terdeteksi, maka akan menimbulkan peledakan kete uap. Ketika terjadi peledakan, maka akan timbul kerugian bagi pekerja dan pengusaha dan pemerintah. Olehnya keselamatan peralatan menjadi bagian yang terpenting pada bahasan K3 bidang teknik mesin. Dan penjelasan keselamatan peralatan pada bab ini difokuskan pada peralatan yang digunakan pada bidang teknik mesin.

Karena begitu banyaknya peralatan yang digunakan pada bidang teknik mesin, maka pembahasan ini dibatasi pada peralatan yang sering digunakan pada bidang teknik mesin.

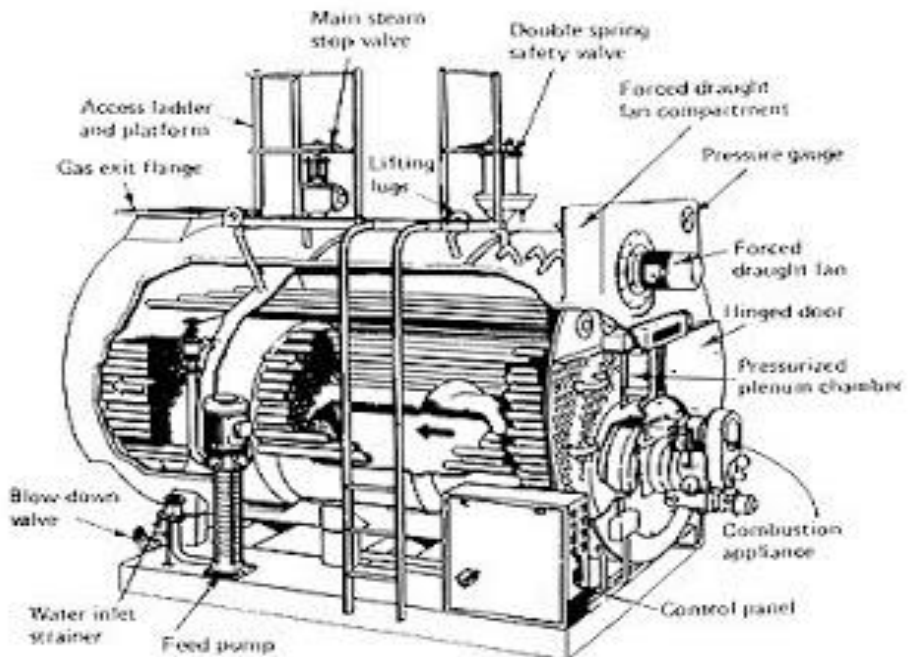
Dan setelah mempelajari bagian ini, diharapkan mahasiswa dapat mengetahui keselamatan peralatan yang digunakan yaitu:

1. Mengetahui keselamatan peralatan ketel uap
2. Mengetahui keselamatan peralatan asetilen
3. Mengetahui keselamatan peralatan mesin bubut
4. Mengetahui keselamatan peralatan mesin gerinda
- 5.
5. Mengetahui bagaimana mencegah dan menaggulangi kebakaran

## A. Pesawat Ketel Uap

Berdasarkan Undang-Undang Uap Tahun 1930 pasal 12, pesawat uap harus dilengkapi dengan alat pengaman yang disesuaikan dengan penggolongan ketel uapnya. Dengan adanya alat pengaman, maka pesawat ketel uap yang dioperasikan akan aman bagi operator maupun lingkungannya.

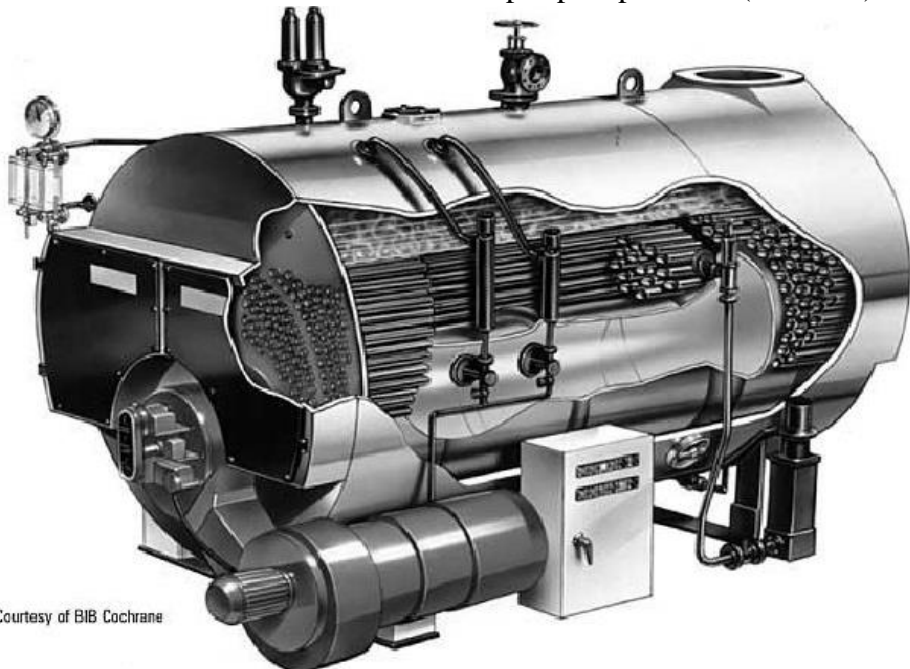
Peralatan ketel uap adalah termasuk peralatan berbahaya yang ada di industry, dikatakan peralatan berbahaya dikarena ketel uap mempunyai tekanan yang tinggi dalam proses kerjanya. Ketel uap adalah suatu pesawat atau peralatan yang digunakan untuk mengubah air menjadi uap dengan jalan dipanaskan, yang panas tersebut dihasilkan dari pembakaran bahan bakar. Ketel uap dibagi menjadi dua bagian yaitu: 1) Ketel uap pipa api (fire tube boiler) dan 2) Ketel uap pipa air (water tube boiler).



Gambar 8.1 Potongan Ketel Uap Pipa Api



Gambar 8.2 Ketel Uap Pipa Api 1 Pass (1 Laluan)



Courtesy of BIB Cochrane

Gambar 8.3 Ketel Uap Pipa Api 3 Pass (3 Laluan)

Produksi uap yang dihasilkan ketel uap pipa api jenisnya uap kenyang (saturated steam), uap jenis ini biasanya hanya untuk proses pemanasan. Karena fungsinya sebagai pemanasan ketel uap pipa api banyak digunakan di industry, perhotelan, rumah sakit dan lain-lain, misalnya pada pembuatan minyak goreng, pembuatan sabun, pembuatan busa (foam), pengolahan ikan kaleng, mandi, cuci, dan lain-lain. Tekanan uap yang dihasilkan ketel uap pipa api lebih kecil dari tekanan uap yang dihasilkan ketel uap pipa air.

Keuntungan dan kerugian Ketel Pipa api, dibandingkan ketel uap pipa air adalah sebagai berikut:

Keuntungan.

1. Kontruksi ketel sederhana.
2. Biaya awal murah
3. Baik untuk kapasitas uap yang besar
4. Tidak bermasalah terhadap terhadap fluktuasi beban karena kapasitas uap cukup besar dan jumlah air didalam tangki banyak.
5. Tidak memerlukan air pengisi yang begitu bersih.

Kerugian

1. Membutuhkan waktu start yang cukup lama untuk mendapatkan kwalitas uap yang diinginkan.
2. Hanya dapat dipakai efisien untuk keperluan dengan kapasitas dan tekanan uap yang rendah.

Sedangkan ketel uap pipa air menghasilkan uap jenis uap kering (superheated steam), dan ketel ini merupakan gabungan yang kompleks dari pipa-pipa penguapan (evaporator), pemanas lanjut (superheater), pemanas air (ekonomiser) dan pemanas udara (air heater). Pipa-pipa penguapan (evapurator) dan pemanas lanjut (superheater) mendapat kalor langsung dari proses pembakaran bahan bakar, sedangkan pemanas air (economiser) dan pemanas udara (air heater) mendapat kalor dari sisa gas hasil pembakaran sebelum dibuang ke atmosfer.

Evaporator adalah sebuah alat yang berfungsi untuk memanaskan air hingga berubah menjadi uap jenuh, evaporator terdiri atas pipa-pipa air yang disusun dengan jarak sempit agar penyerapan kalor setinggi mungkin. Pipa-pipa tersebut adalah pipa evaporator yang berfungsi sebagai pipa penguapan yaitu merubah air menjadi uap, pipa evaporator terletak disepanjang dinding ketel mengelilingi alat pembakar (Furnace). Air masuk ketel melewati pipa pengatur turun (down corner) kemudian

mengisi pipa evaporator dan mengalami pemanasan oleh pembakaran bahan bakar dan air akan mendidih lalu menuju Drum ketel oleh separator dilakukan proses pemisahan antara uap dan air. Air yang tersisa akan disirkulasikan kembali ke pipa evaporator untuk dipanaskan kembali. Selanjutnya uap tersebut akan dialirkan ke superheater untuk dipanaskan lebih lanjut.

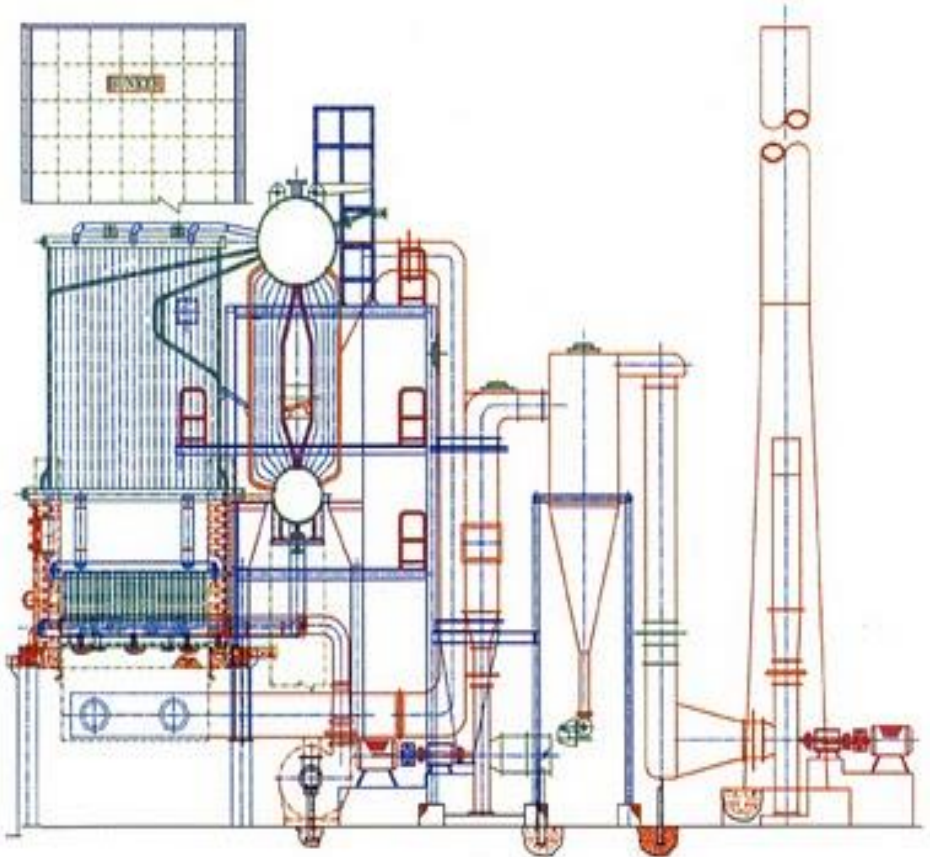
Pemanas lanjut atau superheater (super = lebih, heater = pemanas) ialah alat untuk memanaskan uap basah dari boiler menjadi uap yang dipanaskan lanjut. Uap yang dipanaskan lanjut bila digunakan untuk melakukan kerja dengan jalan ekspansi di dalam turbin tidak akan segera mengembun, sehingga mengurangi kemungkinan timbulnya bahaya yang disebabkan terjadinya pukulan balik atau back stroke yang diakibatkan mengembunnya uap sebelum pada waktunya sehingga menimbulkan vakum di tempat yang tidak semestinya pada daerah ekspansi. Superheater terdiri atas 3 tingkat yaitu Superheater I, Superheater IB dan Superheater II, kontrol temperatur menggunakan feed water spraying (Attamperator), Attamperator I diletakkan diantara Superheater I dan Superheater IB, Attamperator II diletakkan diantara Superheater IB dan Superheater II.

Gas buang setelah meninggalkan superheater, temperaturnya masih cukup tinggi sehingga akan merupakan kerugian panas yang besar bila gas tersebut langsung dibuang lewat cerobong. Gas buang yang masih panas ini dapat dimanfaatkan untuk memanasi air terlebih dahulu sebelum dimasukkan ke dalam drum ketel, sehingga air dalam keadaan panas. Air yang dalam keadaan panas pada saat masuk kedalam drum, dinding drum ketel tidak mengerut sehingga drum ketel dapat lebih awet. Keuntungan lainnya adalah dengan air yang telah dalam keadaan panas masuk ke dalam drum ketel tersebut untuk menguapkannya di dalam furnace hanya sedikit saja dibutuhkan panas. Sehingga dengan demikian untuk menguapkan air di dalam furnace hanya dibutuhkan sedikit bahan bakar, sehingga pemakaian bahan bakar menjadi lebih hemat atau dengan kata lain biaya operasi menjadi lebih ekonomis.

Air heater adalah pemanas udara pendahuluan sebelum dimasukkan kedalam ruang bakar, sebagai pemanas digunakan gas-gas sisa hasil pembakaran sebelum dibuang ke atmosfer. Pemanasan udara pendahuluan sebelum dimasukkan ke ruang bakar berarti mengurangi kebutuhan untuk menaikkan temperatur udara di dalam ruang bakar, manfaat lain dengan memanaskan udara pembakaran terlebih dahulu

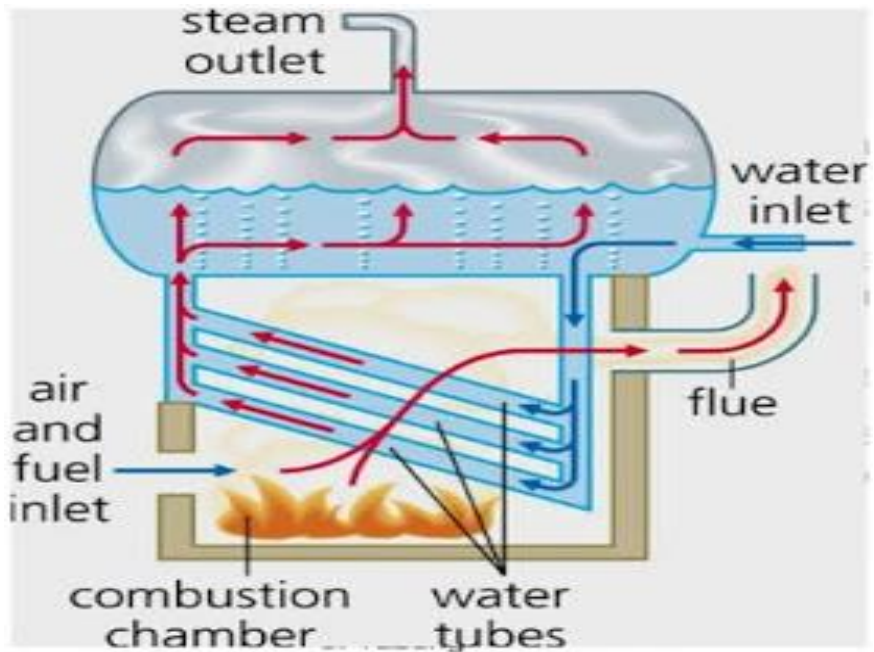
adalah agar dapat mempercepat penguapan air yang terkandung dalam bahan bakar.

Ketel uap pipa air ini biasanya banyak digunakan pada pembangkit-pembangkit listrik yang menggunakan tenaga uap. Fungsinya ketel uap pipa air digunakan untuk menggerakkan turbin uap dan turbin uap menggerakkan generator. Dengan bergeraknya generator maka dihasilkan listrik. Akan tetapi ketel uap pipa air ada juga yang digunakan di industry-industri juga, walaupun keberadaannya tidak terlalu banyak. Konstruksi ketel uap pipa air biasanya lebih besar dari ketel uap pipa api.



Gambar 8.4 Ketel Uap Pipa Api





Gambar 8.5 Siklus Air Ketel Uap Pipa Air

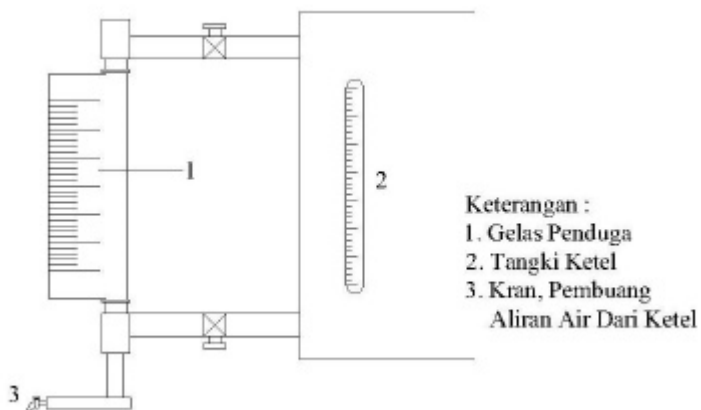
Bahaya besar yang ditimbulkan pada ketel ini adalah peledakan ketel yang diakibatkan tekanan uap yang berlebihan. Jika peledakan ini terjadi yang pasti akan menimbulkan korban, dan korban ini bukan hanya manusia melainkan gedungpun akan rusak berantakan. Olehnya yang paling penting tindakan pencegahan harus dilakukan pada waktu ketel uap memproduksi.

Karena sifatnya yang membahayakan, maka pesawat ketel uap dipasang asesoris keamanan pada waktu produksi, dan asesoris ini dinamakan Apendase Ketel. Apendase ketel berfungsi mengontrol secara otomatis ketika pesawat ketel uap beroperasi agar tidak sampai menimbulkan bahaya peledakan maupun bahaya lainnya. Apendase ketel ini juga sebagai langkah pencegahan daripada ketel uap, karena fungsinya memberikan suatu tanda jika akan terjadi peledakan ketel. Jenis apendase pesawat ketel uap adalah sebagai berikut:

#### 1. Gelas Penduga

Tiap ketel / boiler dengan luas pemanasan lebih dari  $5 \text{ m}^2$  harus dilengkapi dengan alat – alat penduga untuk dapat melihat tinggi permukaan air didalam ketel. Alat penduga terdiri dari bagian atas dengan kran uap, bagian bawah dengan bagian untuk mengeluarkan air dan kran peniup dan sebuah gelas diantara bagian ini, gelas ini diameter luarnya adalah kira – kira 20 mm dan panjang rata – rata 40 cm. prinsip kerjanya alat ini sesuai dengan hukum benjana berhubungan.

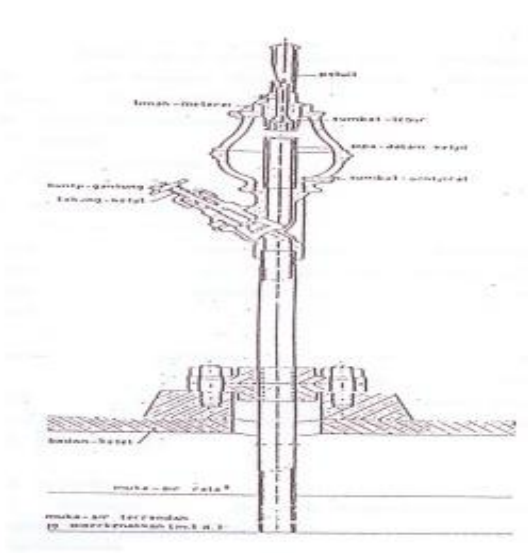
Gelas penduga adalah peralatan yang dipasangkan pada ketel uap yang berfungsi untuk mengetahui tinggi permukaan air didalam pesawat ketel uap secara dilihat (visual). Mengapa keberadaan air didalam ketel uap perlu dipantau, karena jika permukaan air ini turun maka peralatan yang ada didalam ketel uap tidak terendam dengan air, yang akibatnya cepat menjadi rusak, dan efek ini yang biasanya menimbulkan peledakan ketel. Pemasangan gelas penduga pada pesawat ketel uap sekurang-kurangnya 2 buah dan tentang pemasangannya dengan ketinggian maksimum 100 mm dibawah garis api



Gambar 8.6 Gelas Penduga

## 2. Peluit Bahaya

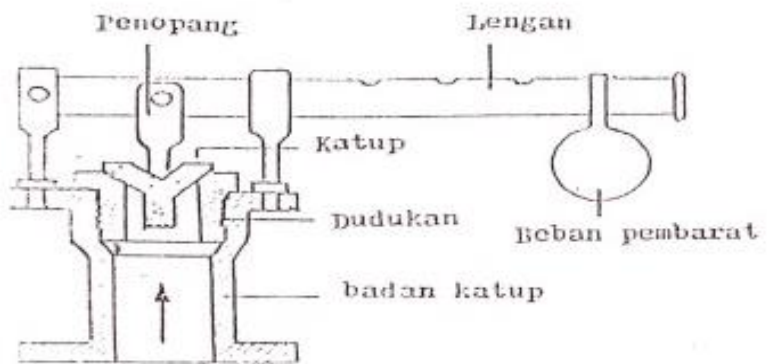
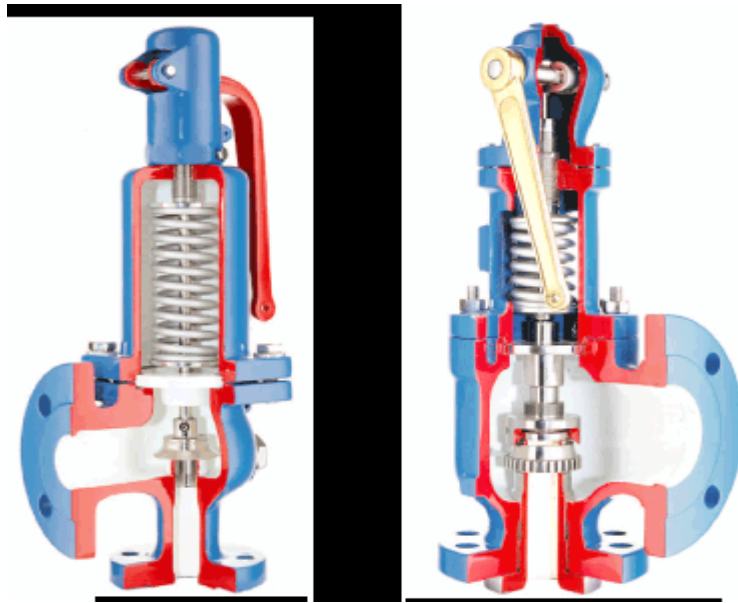
Peluit bahaya fungsinya sama dengan gelas penduga hanya perbedaannya peluit bahaya memantau tinggi permukaan air dengan cara didengar (audio). Jika permukaan air turun dalam ketel uap, maka peluit bahaya akan mengeluarkan suara sehingga terdengar oleh operator yang menjaganya.



Gambar 8.7 Peluit Bahaya

## 3. Katup Bahaya

Katup bahaya atau katup pengaman berfungsi sebagai pembuang tekanan uap yang berlebihan secara otomatis, jika dalam produksi ketel uap menghasilkan tekanan uap yang berlebihan maka secara otomatis uap tersebut akan terbang sehingga kembali normal sesuai dengan tekanan kerja ketel. Jika tekanan uap yang berlebihan tidak terbang, maka tekanan uap melebihi tekanan kerja ketel sehingga ketel uap tidak mampu menahan tekanan ini yang akibatnya ketel akan meledak. Kejadian ini yang banyak dialami industry yang menggunakan pesawat ketel uap.



Gambar 8.8 Katup Bahaya

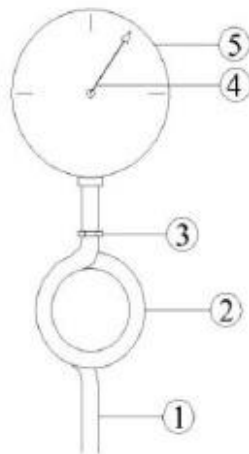
4. Pompa Ketel Uap

Pompa berfungsi untuk mengirimkan air dari sumber air (sumur, air sungai dll) ke dalam pesawat ketel uap. Dan jika air sudah sampai pada posisi tinggi permukaan, maka secara otomatis pompa akan

berhenti bekerja. Apabila tinggi permukaan air menurun maka secara otomatis pompa akan bekerja kembali.

#### 5. Manometer

Manometer fungsinya untuk mengetahui berapa tekanan uap yang ada didalam ketel secara visual. Jika tekanan uap terbaca naik pada manometer dan tidak pernah turun maka operasi ketel uap harus dihentikan agar tidak menimbulkan ledakan. Dengan kondisi seperti ini, maka operator ketel uap langsung dapat menduga bahwa katup pengaman tidak berfungsi dengan baik



Keterangan :

1. Pipa Uap Baru
2. Pipa Lengkung Berisi Air
3. Kran Cerat Tiga Silang
4. Jarum Penunjuk
5. Rumah Manometer



Gambar 8.9 Manometer

Itulah peralatan apendase ketel dan masih ada lagi apendase yang lainnya akan tetapi yang paling penting adalah kelima jenis peralatan apendase yang dijelaskan diatas., Oleh karenanya seorang operator ketel uap harus mencatat secara kontinyu kejadian-kejadian yang dialami ketel saat beroperasi. Kelalaian dalam pengontrolan akan menimbulkan bahaya

kecelakaan yang besar. Tindakan preventif yang harus dilakukan pada pesawat uap hanya mengontrol peralatan appendase ketel dan pembersihan ketel secara keseluruhan (overhaul) secara periodic.

Jika operator ketel uap rajin melakukan pemeriksaan maka kemungkinan terjadinya peledakan ketel uap sangat kecil sekali. Oleh karenanya operator ketel uap harus yang paham benar tentang ketel uap, dan harusnya juga mempunyai ijazah bidang teknik mesin, seperti, diploma dan sarjana. Dan yang paling baik jika seorang operator ketel uap berijazah bidang teknik mesin dan juga telah mengikuti sertifikasi operator boiler tingkat I dan II (biasanya dilaksanakan oleh DEPNAKER)

## B. Pesawat Asetilen

Pesawat asetilen adalah pesawat pembuat gas asetilen dari kalsium karbida (karbid dan air). Karbid ( $\text{CaC}_2$ ) adalah susunan kimia dari kalium dan karbon, sifat-sifatnya adalah keras, berupa Kristal, berwarna abu-abu gelap atau coklat. Karbid dibuat dari pembakaran kapur an kokas dengan reaksi endotermis sebagai berikut:



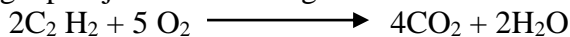
Karbid dipasaran mengandung 65 – 80%  $\text{CaC}_2$

Air bereaksi dengan karbid secara eksotermis sebagai berikut:



Dari 1 Kg karbit, dihasilkan kira-kira 3725 liter asetilen

Asetilen digunakan untuk pengelasan gas dan asetilen adalah gas yang tidak berwarna, berbau tajam atau memuakkan tergantung dari susunannya. Berat jenis terhadap udara 0,9056. Pada pembakaran lengkap terjadi reaksi sebagai berikut:



Disini terlihat bahwa 2 volume asetilen memerlukan 5 volume oksigen.

Pesawat asetilen dapat dibeda-bedakan dalam kapasitasnya, pelayanannya, proses pengendaliannya dan tekanan asetilennya. Kapasitas asetilen berbeda seperti 0,8; 1,25; 2; 3,2; 5; 10; 40; 80 dan 150  $\text{m}^3$  per jam

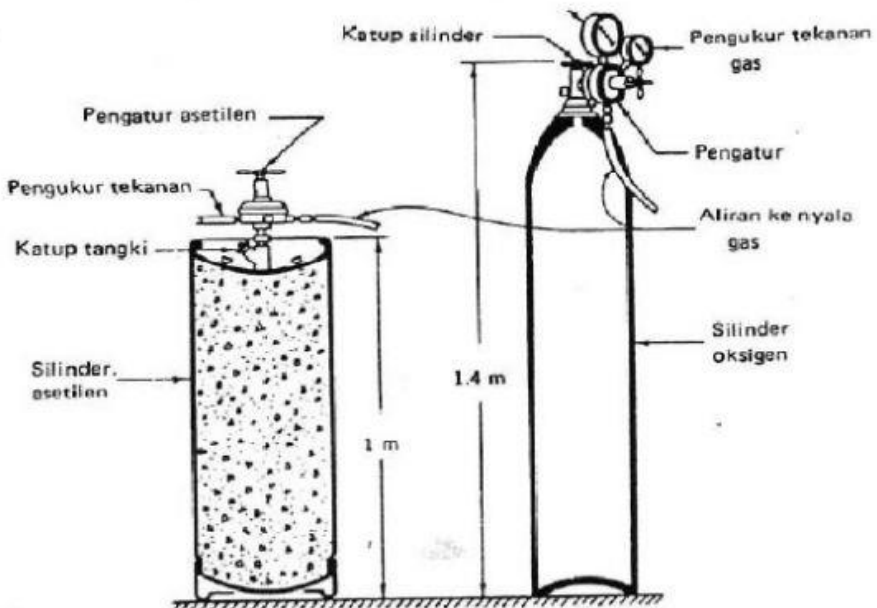
Menurut pelayanannya, ada yang dapat dipindah dan ada yang bertempat tetap. Kapasitas dari yang dapat dipindah biasanya sampai 3,2  $\text{m}^3$  perjam. Terdapat dua macam pengendalian, yaitu secara kwantitatif dan pengendalian waktu. Pengendalian kwantitatif dilakukan dengan:

1. Sistem takaran jatuh, yaitu jumlah karbid diatur dijatuhkan pada air yang tetap banyaknya
2. Sistem laci, yaitu banyaknya air yang dijatuhkan ke karbid diatur
3. Kombinasi dari kedua sistem tersebut pada point 1 dan 2

Pengontrolan waktu dilakukan oleh pesawat yang mengatur reaksi karbid dan air dalam waktu tertentu. Sistemnya adalah celup atau kontak. Menurut tekanannya dapat dibedakan sebagai berikut:

1. Tekanan rendah, yaitu sampai  $0,1 \text{ kg/cm}^2$
2. Tekanan menengah, yaitu diantara  $0,1 - 0,5 \text{ kg/cm}^2$
3. Tekanan tinggi, yaitu lebih dari  $0,5 \text{ kg/cm}^2$

Api berbalik (flash back) adalah berbaliknya api kearah yang bertentangan dengan arah campuran oksigen-asetilen dengan akibat api masuk melalui slang ke pesawat asetilen. Sebabnya adalah tidak tepatnya penyetulan diantara oksigen dan asetilen.



Gambar 8.10 Tabung Asetilen dan Oksigen Untuk Pengelasan Oksiasetilen

## 1. Bahaya Asetilen

Bahaya yang disebabkan asetilen dapat menyebabkan peledakan, dan macamnya peledakan antara lain:.

### a. Peledakan Asetilen Murni

Peledakan asetilen murni tergantung dari tekanan dan suhu dan peledakan ini juga tergantung pula dai tingkat kemurnian, kelembaban, adanya katalisator, sumber panas, ukuran dan bentuk penyimpanan, sifat hantaran panas dan lain-lain.

Peledakan didahului dengan peristiwa polimerisasi, peristiwa ini berlangsung pada suhu diatas 200 – 300°C dan molekul-molekul asetilen berpolimerisasi menyusun molekul-molekul seperti benzin (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), stiren (C<sub>8</sub>H<sub>8</sub>), uap naftalen (C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>), toluene (C<sub>7</sub>H<sub>8</sub>) dan sebagainya.

Proses polimerisasi adalah eksotermis, maka dari itu polimerisasi berlangsung dan meningkat sepadan dengan kenaikan suhu gas dan proses ini berakhir dengan peledakan.

Pada suhu 540<sup>0</sup>C dan dibawahnya dengan tekanan kurang dari 3 atm (gauge) berpengaruh pada proses polimerisasi. Peledakan mungkin terjadi pada tekanan 1,5 atm (gauge) dan diatas 580<sup>0</sup>C. Jelas pula bahwa penambahan tekanan harus disertai penurunan suhu agar peledakan dapat dihindarkan.

Uap air dalam asetilen perlu dicek, oleh karena kadarnya dapat menyebabkan atau menghambat peledakan. Campuran 1,15 volume asetilen dan 1 volume uap air tidak akan meledak.

Beberapa bahan merupakan katalisator bagi polimerisasi dan terjadinya peledakan. Menurut percobaan terdapat suhu terendah bagi bahan tersebut untuk berlaku sebagai katalisator bagi peledakan asetilen.

Tabel 5.1 Jenis Zat dan Suhu Terendah Untuk Berlaku Sebagai Katalisator

Jenis Bahan	Suhu (°C)
Besi	520
Loyang	500 – 520
Karbit	500
Aluminium Oksida	490
Tembaga	460
Karbon Aktif	400
Karat (Hidroksida Besi)	280 – 300



Oksida Besi	280
Oksida tembaga	240

Dengan tekanan, suhu dan waktu yang cukup, asetilen dapat bereaksi dengan logam-logam berat, seperti tembaga dan perak, dan membentuk persenyawaan yang mudah meledak. Persenyawaan tembaga asetilen terbentuk dengan cukup, jika asetilen lembab cukup waktu untuk bersentuhan dengan tembaga murni.

b. Peledakan Campuran Asetilen Dengan Gas-Gas Lain

Oksigen yang terbawa ke dalam asetilen memperbesar kemungkinan peledakan. Campuran asetilen dan udara atau asetilen dan oksigen murni dapat meledak dibawah tekanan udara luar pada suhu dibawah nyala sendiri. Titik nyala campuran oksigen dan asetilen berada diantara 305°C dan 407°C. Batas peledakan campuran asetilen dengan udara menurut volume adalah 2,2 asetilen dan 81,0 udara. Dan campuran setilen dengan oksigen adalah 2,8 dan 93,0. Mempertinggi tekanan berrarti menurunkan titik nyala dan campuran menjadi lebih mudah meledak.

Campuran udara dan asetilen yang mengandung 7 sampai 13% asetilen dan campuran oksigen dan asetilen yang berisi 30% asetilen adalah yang paling mudah meledak. Peledakan campuran oksigen dan asetilen dengan perbandingan volume 1 terhadap 1 menyebabkan pukulan gelombang 3000 m/detik dengan tekanan mencapai 350 – 600 atm (gauge)

Bila pada asetilen ditambahkan gas-gas yang tak bereaksi dengan asetilen, seperti nitrogen, karbon monoksida, metan, hydrogen dan sebagainya, bahaya peledakannya dapat dikurangi. Demikian pula asetilen dalam cairan. Campuran 45% asetilen dan 55% metan atau 18% asetilen dan 85% hydrogen meledak dibawah tekanan 20 atm. Asetilen dalam aseton meledak diatas 10 atm. Peledakan ini dihambat oleh penambahan karbon monoksida.

Penambahan gas pada asetilen dan melarutkannya pada air atau aseton mengurangi bahaya peledakannya, sehingga dapat diamankan pembuatan, penyimpanan dan pemakaiannya dengan tekanan 15 sampai 25 atm

## 2. Keselamatan Pesawat Asetilen

Untuk keselamatan pesawat asetilen perlu perhatian sebagai berikut:

- a. Pesawat yang baik adalah yang dilengkapi cara pengendalian, baik kwantitatif ataupun menurut waktu. Dengan pengendalian yang baik, tekanan dan suhu dapat diatur agar tidak terjadi peledakan.
- b. Pipa-pipa dan sambungan-sambunan tidak dibuat dari paduan-paduan logam yang tembaganya lebih dari 70%
- c. Selalu berhati-hati, agar jangan terjadi kebocoran-kebocoran yang berakibat peledakan dari campuran asetilen dan oksigen
- d. Penggunaan kunci air yang memenuhi persyaratan, agar dicegah terjadinya api balik dan pengaliran kembali oksigen dan pembakaran melalui slang gas masuk kedalam pesawat asetilen
- e. Kewaspadaan dan pengawasan yang terus-menerus diperlukan, manakala dipergunakan karbit kecil dan hancur. Karbit demikian akan menyebabkan reaksi serentak dan berakibat pemanasan sampai 400°C atau lebih tinggi. Hal ini dapat berakibat peledakan.

Kunci air sangat penting bagi pengamanan pesawat karbid, persyaratan kunci air sebagai berikut:

- a. Dapat dipercaya sebagai pencegahan api balik dan melepaskan peledakan yang terjadi ke udara
- b. Kontruksinya cukup kuat terhadap peledakan yang terjadi
- c. Cairan merupakan penghambat jalannya gas
- d. Menghindarkan ikut sertanya air bersama gas
- e. Mudah ditutup, diberhentikan, dibersihkan dan diperbaiki

Terdapat dua jenis kunci air sebagai berikut:

- a. Kunci air tekanan rendah, gunanya adalah untuk pencegahan terjadinya vakum ataupun pemasukan udara dari luar ke dalam pesawat. Sifat kunci terbuka
- b. Kunci air tekanan tinggi, tujuannya untuk mencegah gas asetilen yang bertekanan tinggi keluar dari pesawat karbit. Sifat kunci tertutup

Cara pengujian kunci air tekanan tinggi adalah: 1) Diuji pada tekanan 22 atm dan b) Diuji pada tekanan 32 atm

Tekanan kerja kunci air ada dua macam, yaitu: 1)  $P = 0,7$  atm, dan 2)  $P = 1,5$  atm. Perhitungan terhadap kunci air tekanan tinggi diperhitungkan 13 kali tekanan kerja, yaitu:

- a.  $P = (1 + 0,7) \times 13 - 1 = 22,1$  atm
- b.  $P = (1 + 1,5) \times 13 - 1 = 31,5$  atm

Selain itu terdapat penjamin keamanan kering (*dry safety seats*), dan kontruksi penjamin keamanan kering adalah sebagai berikut:

- a. Badan dari baja
- b. Silinder yang mengandung bahan berpori dengan ukuran  $p = 52$  mm,  $h = 22$  mm, yang terbuat dari campuran bahan tertentu dengan gelas
- c. Penyaring
- d. Tutup dengan penyambung slang
- e. Bola karet
- f. Pelat patah

### C. Peralatan Las

Pembahasan peralatan las adalah keseluruhan dari kegiatan pengelasan. Sebagaimana tujuan K3 yaitu mencegah pekerja dari kecelakaan kerja dan terhindar dari bahaya yang mengancam kesehatan. Olehnya pembahasan ini dikonsentrasikan bukan hanya pada peralatan lasnya saja tetapi sampai pada pengerjaan pengelasan, sehingga pembahasan menjadi sangat lengkap.

Las didefinisikan sebagai ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dihasilkan dari pemanasan pada suhu tertentu atau temperatur yang sesuai (*Suitable Temperature*), dengan atau tanpa penggunaan tekanan, dan dengan atau tanpa pemakaian logam pengisi (*Filler Metal*). Istilah pengelasan (*Welding*) meliputi berbagai proses di industri misalnya pembrasingan (*Brazing*), penyolderan (*Soldering*), las busur listrik (*Electrical Arc Welding*), las karbid (*Oxy-Acetylene Welding*) dan pemotongan (*Cutting*). Cara pengelasan melibatkan berbagai bahan dan peralatan yang berbeda dan memerlukan energi panas yang tinggi untuk mencairkan atau melebur logam. Sejalan dengan kemajuan ilmu dan teknologi berbagai cara pengelasan baru telah dikembangkan seperti las busur dengan pelindung gas lembam (*Inert Gas Shielded Metal Arc Welding*), las busur dengan elektroda karbon atau grafit (*Carbon Arc Welding*), las gesek (*Friction Welding*), las ultrasonik (*Ultrasonic Welding*), las sinar laser (*Laser Welding*) dan lainnya.

Lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam kontruksi sangat luas, meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, pipa pesat, pipa saluran dan sebagainya. Disamping untuk pembuatan, proses las dapat juga dipergunakan untuk reparasi misalnya untuk mengisi lubang-lubang pada coran. Membuat lapisan las pada perkakas mempertebal bagian-bagian yang sudah aus dan macam-macam reparasi lainnya.

Pengelasan bukan tujuan utama dari konstruksi, tetapi hanya merupakan sarana untuk mencapai ekonomi pembuatan yang lebih baik. Karena itu rancangan las dan cara pengelasan harus betul-betul memperhatikan dan memperlihatkan kesesuaian antara sifat-sifat las dengan kegunaan konstruksi serta kegunaan disekitarnya. Prosedur pengelasan kelihatannya sangat sederhana, tetapi sebenarnya di dalamnya banyak masalah-masalah yang harus diatasi dimana pemecahannya memerlukan bermacam-macam pengetahuan. Karena itu di dalam pengelasan, pengetahuan harus turut serta mendampingi praktek, secara lebih terperinci dapat dikatakan bahwa perancangan konstruksi bangunan dan mesin dengan sambungan las, harus direncanakan pula tentang cara-cara pengelasan. Cara ini pemeriksaan, bahan las dan jenis las yang akan digunakan, berdasarkan fungsi dari bagian-bagian bangunan atau mesin yang dirancang.

### Jenis Las Listrik Dan Cara Penggunaan Las Listrik

Mesin las ada dua macam, yaitu:

1. Mesin las A.C (alternating current – mesin las arus bolak-balik)

Mesin las arus bolak balik memperoleh busur nyala dari transformator, dimana dalam pesawat las ini arus dari jaring-jaring listrik dirubah menjadi arus bolak-balik oleh transformator yang sesuai dengan arus yang digunakan untuk mengelas, sehingga mesin las ini disebut juga mesin las transformator. Karena langsung menggunakan arus listrik AC dari PLN yang memiliki tegangan yang cukup tinggi dibandingkan kebutuhan pengelasan yang hanya membutuhkan tegangan berkisar 55 Volt sampai dengan 85 Volt maka mesin las ini menggunakan transformator (Trafo) step-down, yaitu trafo yang berfungsi menurunkan tegangan. Transformator yang digunakan pada peralatan las mempunyai daya yang cukup besar. Untuk mencairkan sebagian logam induk dan elektroda dibutuhkan energi yang besar, karena tegangan pada bagian terminal kumparan sekunder hanya kecil, maka untuk menghasilkan daya yang besar perlu arus besar. Arus yang digunakan untuk peralatan las sekitar 10 ampere sampai 500 ampere. Besarnya arus listrik dapat diatur sesuai dengan keperluan las. Untuk keperluan daya besar diperlukan arus

yang lebih besar pula, dan sebaliknya. Arus pada transformator dapat disetel sesuai kebutuhan dengan memutar ulir penyetel arus. Pada transformator las AC, terdapat dua kabel yaitu kabel busur dan kabel masa, dimana jika kedua kabel tersebut tertukar, tidak akan mempengaruhi perubahan temperature yang timbul. Kelebihan dari mesin las arus searah (AC), yaitu: a)Perlengkapan dan perawatan lebih murah, b)Kabel massa dan kabel elektroda dapat ditukar untuk mempengaruhi yang dihasilkan, c)Nyala busur kecil sehingga mengurangi timbulnya keropos pada rigi-rigi las. Kekurangan dari mesin las arus searah AC, yaitu: a)Tidak dapat dipergunakan untuk semua jenis elektroda, b)Tidak dapat digunakan untuk mengelas semua jenis logam



Gambar 8.11 Mesin Las AC

2. Mesin las D.C (direct current – mesin las arus searah)  
 Arus listrik yang digunakan untuk memperoleh nyala busur listrik adalah arus searah. Arus searah ini berasal dari mesin berupa dynamo motor listrik searah. Dinamo dapat digerakkan oleh motor listrik, motor bensin, motor diesel, atau alat penggerak yang lain. Mesin arus yang menggunakan motor listrik sebagai penggerak mulanya memerlukan peralatan yang berfungsi sebagai penyearah arus.

Penyearah arus atau rectifier berfungsi untuk mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC). Arus bolak-balik diubah menjadi arus searah pada proses pengelasan mempunyai beberapa keuntungan, antara lain:

- Nyala busur listrik yang dihasilkan lebih stabil
- Setiap jenis elektroda dapat digunakan pada mesin las DC
- Tingkat kebisingan lebih rendah
- Mesin las lebih fleksibel, karena dapat diubah ke arus bolak-balik atau arus searah
- Dapat dipergunakan untuk mengelas plat yang tipis

Mesin las DC ada 2 macam, yaitu mesin las stasioner atau mesin las portabel. Mesin las stasioner biasanya digunakan pada tempat atau bengkel yang mempunyai jaringan listrik permanen, misal listrik PLN. Adapun mesin las portabel mempunyai bentuk relatif kecil biasanya digunakan untuk proses pengelasan pada tempat-tempat yang tidak terjangkau jaringan listrik. Hal yang perlu diperhatikan dalam pengoperasian mesin las adalah penggunaan yang sesuai dengan prosedur yang dikeluarkan oleh pabrik pembuat mesin, perawatan yang sesuai dengan anjuran. Sering kali gangguan-gangguan timbul pada mesin las, antara lain mesin tidak mengeluarkan arus listrik atau nyala busur listrik lemah. Mesin las DC mempunyai polaritas yang berbeda – beda, tidak seperti mesin las AC yang dapat digunakan dengan kutub sembarang (terbalik – balik). Gambaran mesin las DC dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 8.12 Mesin Las DC

Pemasangan kabel sekunder, pada mesin las D.C dapat diatur / dibuat menjadi DCSP atau DCRP. Bila kabel elektroda dihubungkan ke kutub negative mesin, dan kabel masa dihubungkan ke kutub positif maka disebut hubungan polaritas lurus (D.C.S.P). Pada hubungan D.C.S.P, panas yang timbul, sepertiga memanaskan elektroda dan dua pertiga memanaskan benda kerja. Berarti benda kerja menerima panas lebih banyak dari elektroda. Bila kabel elektroda dihubungkan ke kutub positif mesin, dan kabel masa dihubungkan ke kutub negative maka disebut hubungan polaritas terbalik (D.C.R.P). DCSP dan DCRP adalah sebagai berikut:

DCSP = direct current straight polarity

DCRP = direct current revers polarity

Pada hubungan D.C.R.P, panas yang timbul, dua pertiga memanaskan elektroda dan sepertiga memanaskan benda kerja. Berarti elektroda menerima panas yang lebih banyak dari benda kerja. Jika ada pertanyaan kapan dipergunakan D.C.R.P, tersebut? Ini tergantung pada :

- Bahan benda kerja
- Posisi pengelasan
- Bahan dan salutan elektroda
- Penembusan yang diinginkan

Pada mesin las A.C, kabel masa dan kabel elektroda dapat dipertukarkan tanpa mempengaruhi perubahan panas yang timbul pada busur nyala.

Keuntungan-keuntungan pada mesin D.C antara lain:

- Busur nyala stabil
- Dapat menggunakan elektroda bersalut dan tidak bersalut
- Dapat mengelas pelat tipis dalam hubungan DCRP
- Dapat dipakai untuk mengelas pada tempat-tempat yang lembab dan sempit

Keuntungan-keuntungan pada mesin A.C, antara lain:

- busur nyala kecil, sehingga memperkecil kemungkinan timbunya keropos pada rigi-rigi las
- perlengkapan dan perawatan lebih murah

Besar arus dalam pengelasan dapat diatur dengan alat penyetel, dengan jalan memutar handle menarik atau menekan, tergantung pada konstruksinya. Besar ampere yang dihasilkan mesin dapat dilihat pada skala ampere. Pada mesin las modern, tegangan pengelasan dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Mesin las umumnya mempunyai tegangan 60 – 80 Volt sebelum terjadi busur nyala. Tegangan ini disebut tegangan terbuka atau tegangan atau tegangan pembakar. Bila busur nyala telah terjadi (sedang mengelas) maka tegangan turun menjadi 20 – 40 Volt. Ini dinamakan tegangan kerja. Tegangan kerja disesuaikan dengan diameter elektroda.

Untuk elektroda: 1,5 – 5,5 mm tegangan kerja 20 – 30 Volt.

Untuk elektroda: 4,5 – 6,4 mm tegangan kerja 30 – 40 Volt.

Arus pengelasan ditentukan oleh: diameter elektroda, tebal bahan, jenis elektroda dan posisi pengelasan. Pengaturan arus dilakukan dengan



memutar handel atau knob. Arus pengelasan yang dipakai dapat dilihat/ dibaca pada skala arus, yang terdapat pada mesin las. Perkiraan arus yang dipakai untuk mengelas, dapat dilihat pada table yang tertera pada setiap bungkus elektroda, misalnya sebagai berikut: diameter (mm) x panjang daerah polaritas arus elektroda (A) 2,6 x 350 45 – 95 Ac atau Dc.

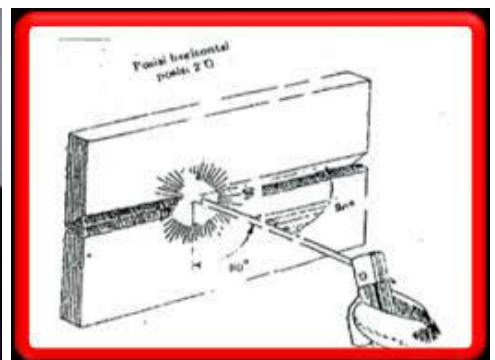
Posisi pengelasan ada empat macam:

1. Posisi dibawah tangan



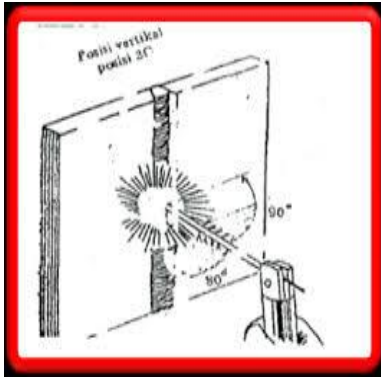
Gambar 8.13 Posisi Pengelasan Dibawah Tangan

2. Posisi mendatar / horizontal



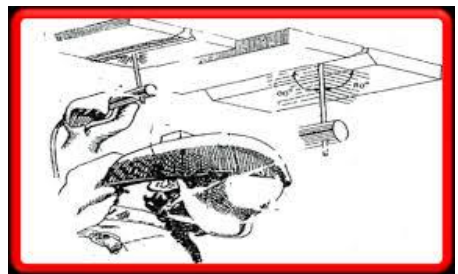
Gambar 8.14 Posisi Pengelasan Mendatar

### 3. Posisi vertical



Gambar 8.15 Posisi Pengelasan Vertikal

### 4. Posisi diatas kepala



Gambar 8.15 Posisi Pengelasan Diatas Kepala

Jarak busur nyala ditinjau dari jenis salutan elektroda digolongkan sebagai berikut:

- a. elektroda bersalut sedang, jarak busur =  $0,7 d$  ( $d$ =diamater kawat elektroda)
- b. elektroda bersalut tipis, jarak busur =  $0,9 d$
- c. elektroda bersalut tebal (elektroda kontak), jarak busur =  $0,8 d$
- d. elektroda bersalut sedang mengandung ferro, jarak busur =  $0,8 d$   
catatan:

Elektroda dapat dinyalakan dengan dua cara, yaitu:

1. cara sentakan
2. cara goresan

Pertama ialah elektroda diturunkan lurus sampai menyentuh benda kerja dan langsung diangkat (cepat) sampai jarak kira-kira  $1x$  diameter elektroda. Kemudian diturunkan sampai terjadi tinggi busur yang diinginkan (kira-kira  $0,8 x$  diameter elektroda). Kedua ialah seperti menggoreskan korek api. Setelah busur terjadi tinggi nyala dipertahankan kira-kira  $0,8$  kali diameter elektroda diatas bidang kerja. Arah penggoresan dapat kekiri maupun kekanan. Pasanglah tameng, sebelum elektroda menyala. Perpendekan elektroda, harus diikuti dengan penurunan tangan, agar sudut elektroda dan tinggi busur tetap dapat dipertahankan

### Bahaya Las

Panas dan energi yang dihasilkan pada proses pengelasan akan menyebabkan reaksi kimia dan fisik. Reaksi-reaksi ini akan menghasilkan beberapa zat kimia yang toksik baik berbentuk fume, debu atau uap dan radiasi elektromagnetik (*Nonionizing Radiation*). Olehnya secara umum bahaya las dapat diklasifikasikan menjadi 2 bagian, yaitu bahaya fisik (*Physical Hazard*) dan bahaya kimia (*Chemical Hazard*)

#### **1. Bahaya Fisik**

Bahaya fisik yang ditimbulkan dari proses pengelasan banyak macamnya, seperti:

#### **Bahaya Elektrical**

Bahaya elektrical adalah bahaya yang ditimbulkan akibat aliran listrik, jenis bahaya yang ditimbulkan dinamakan electrical shock (shok karena aliran listrik). Tingkat berat atau ringannya shock

tergantung faktor tegangan dan ampere (*Voltage and Amperage Factor*). Jantung manusia akan berhenti berdenyut bila terkena aliran listrik pada kuat arus 0,06 ampere. Besarnya tahanan (*Resistance*) pada kulit yang kering dapat mencapai 10.000 ohms, sedangkan pada kulit yang basah kurang lebih 500 ohms. Pada tegangan yang sama kuat arus yang melalui tubuh adalah lebih besar pada kulit yang basah dari pada kulit yang kering. Bisa dibuktikan dengan persamaan (Kuat arus = Tegangan/Tahanan).

Tipe shock yang paling berbahaya yang disebabkan aliran listrik adalah **shock yang melalui rongga jantung dan paru (*Heart and Lung Cavities*)**. Lamanya shock berlangsung (*Duration of Shock*) dapat terjadi dalam waktu yang sangat singkat atau setelah periode waktu tertentu. Dalam hal ini tergantung dari kuatnya aliran listrik. Pada sekitar 0,004 ampere aliran listrik akan menyebabkan rasa sakit dan bila melebihi 0,009 ampere aliran listrik akan menyebabkan kelumpuhan pada syaraf. Pada 0,06 ampere aliran listrik yang melalui jantung akan menyebabkan irama jantung terganggu dan selanjutnya jantung akan berhenti berdenyut yang dikenal dengan ***Ventricular Fibrillation***.

Karena otak merupakan salah satu organ tubuh yang paling peka terhadap defisiensi oksigen dan hanya dapat bertahan selama kurang lebih 4 menit (*Can Only Live for About 4 Minutes Without A Fresh Supply of Oxygen*). **Maka pertolongan yang dilakukan pada pekerja las yang terkena aliran listrik adalah: buat nafas buatan (*Artificial Respiration*) dan pijat jantung (*Heart Massage*), bila jantung penderita berhenti berdenyut.**

### **Bahaya Gelombang Radiasi Elektromagnetik (*Arc Radiation*)**

Suhu yang dihasilkan pada pengelasan busur las listrik dapat mencapai 12.000 °F, dalam keadaan ini dapat menimbulkan radiasi inframerah dan radiasi ultraviolet. Pada proses pengelasan logam dengan busur listrik (*Metal Arc Process*) sebagian radiasi ini akan diserap oleh uap dan asap yang dihasilkan dari pembakaran pembungkus elektroda (*Coating on the Electrode*).

Radiasi inframerah dan radiasi ultraviolet (*Nonionizing Radiation*) tidak dapat dideteksi oleh reseptor dari indera penglihatan manusia, sehingga **kerusakan mata pada pekerja las sering terjadi sebelum pekerja sadar bahwa dirinya telah terpapar oleh radiasi**

**inframerah dan ultraviolet.** Dan efek yang disebabkan oleh radiasi banyak macamnya, seperti:

**Efek Radiasi Ultraviolet Pada mata,** pekerja yang terpapar radiasi ultraviolet dapat menyebabkan peradangan pada selaput lendir atau konjungtiva (*Konjungtivitis*) dan kornea (*Keratitis*). Pada panjang gelombang dibawah 250 nm (Nano Meter) tanda-tanda dan gejala pekerja yang terpapar radiasi adalah mata merah, bengkak, pedih dan lakrimasi, dan ini timbul segera setelah pemaparan dan menghilang setelah kurang lebih 14 jam. Pada panjang gelombang diatas 250 nm gejala kliniknya timbul setelah 9-11 jam pemaparan dan menghilang setelah 24 jam atau lebih.

**Efek Radiasi Ultraviolet Pada Kulit,** pada pekerja yang terpapar radiasi ultraviolet dapat menyebabkan luka bakar (*Skin Burn*), kulit kering dan keriput (*Elastosis*), keratosis, perubahan warna kulit (*Hiperpigmentasi*) dan kanker kulit.

Efek sekunder dari radiasi ultraviolet adalah dapat menyebabkan transisi kimiawi (*Chemical Transition*) melalui fotoionisasi. Pada panjang gelombang 170-220 nm radiasi ultraviolet akan menyebabkan disosiasi (*Dissociation*) pada molekul-molekul oksigen sehingga terbentuk gas ozon. Pada panjang gelombang 130-190 nm radiasi ultraviolet akan menyebabkan putusannya ikatan N-N (Gas Nitrogen) dan membentuk gas-gas NO (Nitric Oxide) dan NO<sub>2</sub> (Nitrogen Dioxide). Dengan cara yang sama zat-zat hidrokarbon yang mengandung unsur klor (Chlorinated Hydrocarbons) dapat mengalami proses degradasi (Thermal Degradation) dan membentuk gas Fosgen/Phosgene (COCL<sub>2</sub>)

**Efek Radiasi Inframerah PadaMata dan Kulit,** pada pekerja yang terpapar radiasi inframerah dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada mata dan kulit. Pada mata radiasi inframerah dapat menyebabkan lensa mata menjadi keruh (*Katarak*) setelah pemaparan 10-15 tahun pada intensitas 0,08-0,4 W/Cm<sup>2</sup>). Katarak lensa mata ini dapat terjadi pada tingkat pemaparan jauh dibawah dosis yang menyebabkan luka bakar pada kulit dan biasanya terjadi pada bagian belakang (*Posterior*) dari lensa mata. Sedangkan pada kulit radiasi inframerah dapat menyebabkan pelebaran pembuluh darah (*Vasodilatasi*). Dan pada pemaparan yang berulang dan menahun, radiasi ini akan menyebabkan perubahan warna kulit dan luka bakar akan terjadi bila suhu kulit mencapai 45<sup>0</sup>C.

### **Bahaya Gelombang Radiasi Mikro (*Microwave Radiation*)**

Kerusakan jaringan akibat radiasi gelombang mikro terutama disebabkan **efek thermisnya**. Panjang gelombang atau frekwensi dari gelombang mikro merupakan salah satu faktor yang menentukan banyaknya radiasi yang akan diserap oleh permukaan jaringan tubuh. Makin rendah frekwensinya atau makin panjang wavelength/panjang gelombangnya daya penetrasi gelombang mikro kedalam tubuh semakin besar.

**Efek Radiasi Gelombang Mikro Pada Mata**, sebagai mana kita ketahui bahaya yang membahayakan dari gelombang mikro adalah efek thermisnya. Mata adalah sangat peka pada efek thermis, karena vaskularisasi pada lensa mata adalah kurang baik, sehingga panas yang diterima oleh lensa tidak dapat disalurkan ke jaringan sekitarnya yang akibatnya suhu lensa akan meningkat. Kenaikan suhu ini akan menyebabkan denaturasi protein lensa dan akhirnya lensa akan menjadi keruh dan berwarna putih (*Opaque White*). Beberapa studi melaporkan bahwa katarak lensa mata umumnya terjadi pada intensitas pemaparan diatas  $MW/Cm^2$ .

**Efek Radiasi Gelombang Mikro Pada Testis atau Buah Zakar**, testis adalah organ tubuh yang sangat rentan terhadap efek thermis radiasi gelombang mikro. Pada intensitas pemaparan yang tinggi, gelombang mikro dapat menyebabkan degenerasi (*Heat Induced Degeration*) sel-sel tubuli seminiferous dan kemandulan yang sifatnya reversible. Pada tingkat pemaparan diatas  $10\text{ mw}/Cm^2$  gelombang mikro dapat menyebabkan gangguan spermatogenesis (*Oligospermia*), perubahan pola haid (*Menstrual Pattern Chance*), dan kelainan cacat bawaan (*Kongenital*) pada bayi. Selain itu pemaparan gelombang mikro yang menahun (10-20 tahun) dapat pula menimbulkan gangguan-gangguan pada sistem syaraf (*Neurologic Effect*), fisiologis dan perilaku dengan tanda-tanda dan gejala-gejala: sakit kepala, mudah tersinggung, nafsu makan berkurang, depresi, tekanan darah menurun, sering berkeringat, denyut nadi lambat (*Bradikardi*) dan kadar histamin pada darah meningkat.

### **Bahaya Cahaya Tampak (*Visible Light*)**

Berbeda dengan ultraviolet, inframerah dan gelombang mikro, maka radiasi visible light dapat dideteksi oleh indera penglihatan. Bilamana pekerja terpapar oleh cahaya yang sangat kuat, secara gerak reflek pupil akan menyempit dan kelopak matan akan tertutup sehingga

pemaparan yang berlebihan terhadap radiasi ini dapat dicegah. Pemaparan terhadap cahaya yang sangat terang (*Intense Visible Light*) dapat menyebabkan kesilauan, dan kesilauan ini dapat dibedakan menjadi discomfort glare dan disability glare. Discomfort glare sering menyebabkan rasa ketidaknyamanan pada mata (*Visual Discomfort*), dan terutama bila keadaan ini berlangsung dalam waktu yang cukup lama. Sedangkan pada disability glare dapat menyebabkan terjadi kebutaan (*Flash Blindness*) yang sifatnya reversible. Flash Blindness ini terjadi karena memutihnya (*Bleaching*) pigmen-pigmen penglihatan sehingga terbentuk scotoma (Daerah kebutaan yang sifatnya reversible) pada medan penglihatan (*Visual Field*)

### **Bahaya Kebakaran (*Fire Hazard*)**

Kebakaran yang sering terjadi pada proses pengelasan disebabkan adanya bahan-bahan yang mudah terbakar, seperti bensin, solar, cat, oli, gas asitilen dan lainnya dan sumber panas berasal dari api, percikan bunga api, logam yang panas, kabel mesin las yang menjadi panas karena hubungan yang kurang baik atau kabel yang tidak sesuai dan lainnya.

### **Bahaya Ledakan (*Explosion Hazard*)**

Bahaya ledakan pada proses pengelasan biasanya terjadi pada pengelasan tangki yang mengandung minyak, gas atau cat yang mudah terbakar.

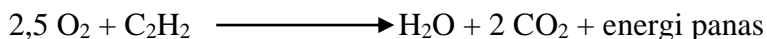
### **Bahaya Radiasi Sinar X atau Gamma**

Sinar X atau sinar Gamma terutama digunakan untuk pemeriksaan hasil las, dan secara langsung tidak berhubungan dengan proses pengelasan. Akan tetapi sinar X atau sinar Gamma bisa berpengaruh pada sel-sel darah. Dan limfosit merupakan sel darah yang paling radiosensitif. Pada dosis rendah pemaparan yang menahunterhadap radiasi ini dapat menyebabkan **katarak lensa mata dan kemandulan.**

## **2. Bahaya Kimia**

Bahaya-bahaya kimia yang dihasilkan dari proses pengelasan banyak penyebabnya, dikarenakan banyak hasil produksi unsur kimia yang dihasilkan dari proses pengelasan. Pada las karbid (*Oxy-Acetylene*

*Welding*) oksigen digunakan untuk membakar asetilen (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) dan reaksi yang terjadi antara oksigen dan asetilen adalah sebagai berikut:



Panas yang dihasilkan oleh reaksi ini digunakan untuk melebur/mencairkan atau memotong logam. Bahaya-bahaya kimia dari proses pengelasan adalah sebagai berikut:

**Bahaya Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>), NAB = 5000 ppm**

Karbon dioksida sinonim dengan gas asam karbonat (*Carbonic Acid Gas*), bentuk fisiknya tidak berwarna dan sifat-sifatnya gas ini tidak mudah terbakar (*Non Flammable Gas*) dan lebih berat dari udara (Vapor Density = 1,53). Dan karbondioksida akan bereaksi dengan uap air dari udara dan membentuk asam karbonat.

Efek yang ditimbulkan dari gas karbon dioksida adalah menyebabkan asfiksia (CO<sub>2</sub> tergolong simple asphyxiant Gas), menyebabkan stimulasi pada pernafasan (*Stimulation of Respiration*) dan menyebabkan sistem syaraf pusat (*Central Nervous System*).

Tanda-tanda atau gejala keracunan karbon dioksida menurut kadar dan lamanya paparan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 8.1 Gejala Keracunan CO<sub>2</sub> Menurut Kadar dan Lamanya Paparan

Kadar (ppm)	Gejala	Lamanya Paparan
20.000 (2%)	Sakit kepala dan sesak nafas pada saat melakukan aktivitas ringan	Beberapa jam
50.000 (5%)	Sesak nafas dan sakit kepala pada beberapa individu	Beberapa jam
70.000-100.000 (7 – 10%)	Sakit kepala, pusing, sesak nafas, mengeluarkan banyak keringat, gelisah, kesemutan dan badan lemah	Beberapa jam
100.000 (10%)	Kehilangan kesadaran (coma) dan mati lemas	Beberapa menit
250.000-300.000 (25 – 30%)	Kejang-Kejang dan kehilangan kesadaran (Coma)	Satu Menit



### **Bahaya Karbon Monoksida (CO), NAB = 100 ppm**

Karbon monoksida merupakan produk lain yang dihasilkan dari proses pengelasan karbid. Gas biasanya dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna (*Incomplete Combustion*) dari asitilen. Sifat umum gas ini tidak berwarna dan tidak berbau dan gas ini mudah terbakar dengan warna api ungu kebiruan dan gas ini lebih ringan dari udara (Vapor Density CO = 0,97).

Jalan masuknya (*Route of Entry*) gas ini ke dalam tubuh pekerja melalui pernafasan (*Inhalasi*) dan sifat racunnya sangat toksik. Efek dari gas karbon dioksida dalam tubuh akan mengikat hemoglobin (Hb) dan membentuk kompleks karboksihemoglobin (HbCO). Daya ikat CO terhadap hemoglobin lebih 210 – 240 kali dari afinitas oksigen terhadap hemoglobin. Tanda-tanda atau gejala keracunan CO dan kadar darah HbCO dalam darah dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 8.2 Hubungan Antara Kadar HbCO Dalam Darah (%) dan Gejala Keracunan CO

Kadar HbCO (%)	Tanda dan Gejala
0-10	Tanpa Keluhan dan gejala
10-20	Rasa berat dikepala, sakit kepala ringan, pelebaran pembuluh darah kulit
20-30	Sakit kepala makin hebat ( <i>Throbbing in the Temples</i> )
30-40	Sakit kepala yang hebat, lemah, pusing ( <i>Dizziness</i> ), penglihatan kabur, mual, muntah dan pingsan ( <i>Collapse</i> )
40-50	Gejala seperti diatas, kemungkinan collapase pada pada tingkat kadar HbCO adalah besar, denyut nadi dan frekwensi pernafasan meningkat
50-60	Pngsan, denyut nadi dan frkwensi pernafasan meningkat, koma dan kejang-kejang
60-70	Koma, kejang, depresi pada jantung dan pernafasan dan kemungkinan pekerja dapat meninggal
70-80	Denyut nadi lemah, nafas pelan, penderita meninggal setelah beberapa jam
80-90	Kematian dapat terjadi dalam waktu kurang dari satu jam
90-100	Penderita meninggal dalam waktu beberapa menit

### **Keracunan Akut**

Perubahan patologik yang terjadi pada keracunan akut selain ditentukan oleh tingkat hipoksia, tetapi juga oleh lamanya hipoksia tersebut berlangsung. Pada keracunan akut batas maksimum lamanya pingsan berlangsung agar tidak menimbulkan cacat neurologik (syaraf) adalah 21 jam untuk penderita yang berusia dibawah 48 tahun, dan 11 jam untuk penderita yang berusia diatas 48 tahun. Bilamana pingsan berlangsung lebih lama dari batas waktu maksimum tersebut, maka akan terjadi kerusakan yang permanen (*Irreversible*) pada sistem syaraf pusat serta gangguan fungsi mental. Faktor-faktor yang mempengaruhi kadar HbCO dalam darah antara lain adalah:

- Kadar CO dalam udara
- Lamanya paparan
- Diffusion rate gas CO melalui paru
- Ventilation rate
- Aktivitas individu
- Metabolic rate
- Tekanan barometrik
- Suhu udara

### **Keracunan Kronik**

Terdapat berbagai pendapat tentang efek kronik karbon monoksida dan sampai saat ini hal tersebut masih diperdebatkan oleh para pakar toksikologi. Selain kadar HbCO dalam darah meningkat, pemaparan yang menahun terhadap karbon monoksida dapat menimbulkan gejala-gejala keracunan yang karakteristik, misalnya:

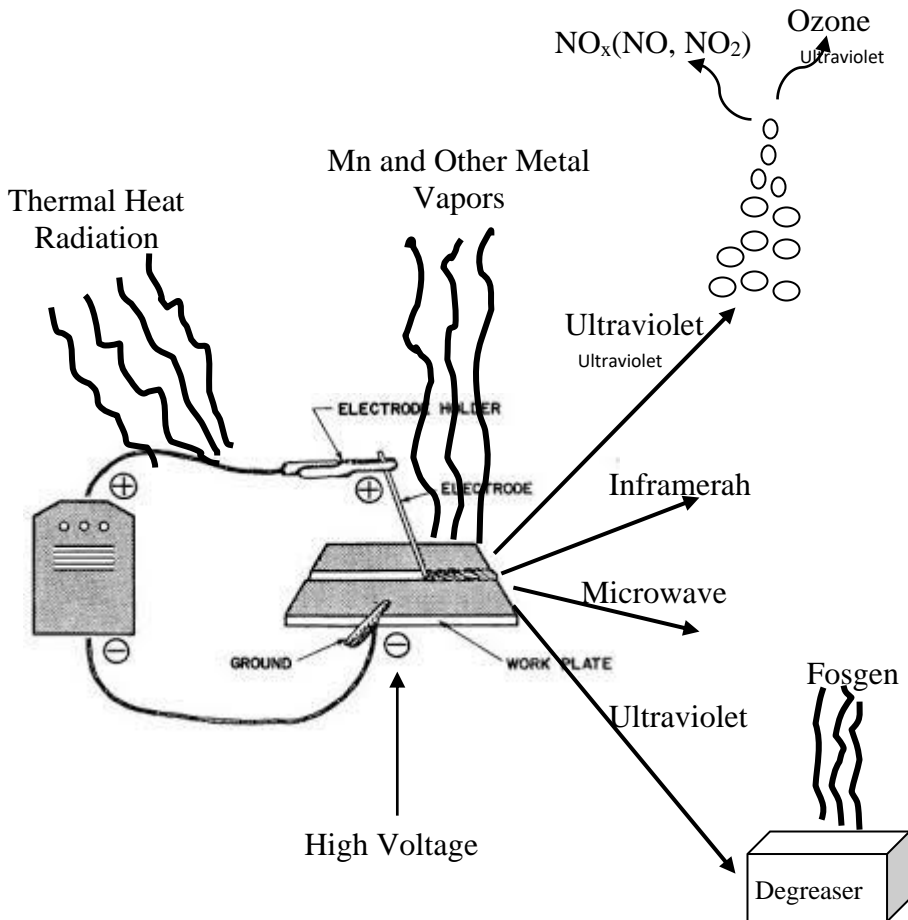
- Berkurang atau menghilangnya kekuatan otot (*Loss of Muscular Strenght*) dan kesiapan mental (*Mental Alertness*)
- Sakit kepala yang berlangsung terus menerus (*Persistent Headache*)
- Sering pusing
- Kerusakan syaraf pendengaran

### **Keracunan Gas Lain**

Sebagai mana penjelasan diatas, bahwa pada proses pengelasan banyak dihasilkan unsur-unsur kimia yang sangat membahayakan bagi kesehatan pekerja. Dan sebagian bahaya dari unsur kimia sudah dijelaskan diatas, dan masih banyak lagi unsur kima hasil produksi

pengelasan yang membahayakan seperti, gas astilen (NAB = 1.000 ppm), gas fosfin/phosphine (NAB = 0,3 ppm), gas arsin/arsine (NAB = 0,05 ppm), gas hidrogen sulfida (NAB = 10 ppm), gas karbon disulfida (NAB = 20 ppm pada skin), gas nitrogen dioksida (NAB = 5ppm) dan lainnya.

Gambaran bahaya las dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 8.16 Bahaya Las

## **Keselamatan Peralatan Las**

Keselamatan peralatan las adalah keselamatan keseluruhan pada proses pengelasan, yang terdiri dari keselamatan peralatan dan keselamatan pekerja. Keselamatan disini adalah suatu prosedur yang harus digunakan dalam pekerjaan pengelasan. Prosedur ini bisa disamakan dengan prosedur keselamatan dan kesehatan kerja (K3) pada bidang pengelasan.

### **Prosedur K3 Bidang Pengelasan**

Sebagai mana penjelasan diatas bahaya pengelasan banyak macamnya, seperti: gas dalam asap las sewaktu proses pengelasan terdapat gas-gas yang berbahaya yang perlu diperhatikan, yaitu: gas karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), gas nitrogen monoksida (NO), gas nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>).

Pencegahannya antara lain :

- Pekerjaan las harus dikerjakan dalam ruang terbuka atau ruang berventilasi. Apabila ventilasi masih belum cukup memadai maka sebaiknya memakai masker hidung. Dan untuk pengerjaan pengelasan dalam tangki perlu tindakan sebagai berikut: menggunakan penghisap gas/debu dan dibutuhkan seorang rekan operator di luar tangki, kemudian lampu penerangan maksimum 12 volt
- Menggunakan helm kepala
- Ruang atau area pengelasan harus bebas dari kain, kertas, kayu, bensin, solar, minyak atau bahan-bahan lain yang mudah terbakar atau meledak, agar tidak terjadi kebakaran waktu mengelas.
- Jauhkan tabung-tabung dan generator dari percikan api las, api gerinda atau panas matahari
- Perbaiki sambungan-sambungan pipa atau selang-selang terutama saluran Asetilin
- Penyediaan alat pemadam kebakaran di tempat kerja
- Kabel yang ada di dekat tempat pengelasan diisolasi dari karet ban
- Untuk operator dianjurkan memakai alat-alat berikut : sarung tangan, apron, sepatu tahan api, topeng las
- Bahaya Sinar Selama proses pengelasan akan menimbulkan cahaya, sinar ultra violet dan sinar infra merah yang berbahaya sehingga diperlukan: pelindung mata atau goegle pelindung mata dan pelindung mata ini harus mampu menurunkan kekuatan cahaya tampak dan harus dapat menyerap atau melindungi mata dari

pancaran sinar ultraviolet dan inframerah, pelindung muka dipakai untuk melindungi seluruh muka terhadap kebakaran kulit sebagai akibat cahaya busur, percikan yang tidak dapat dilindungi dengan hanya memakai pelindung mata saja. Bentuk dari pelindung muka bermacam-macam dapat berupa helmet dan dapat berupa pelindung yang harus dipegang dengan tangan dan masker untuk melindungi dari gas asap beracun.

#### **D. Peralatan Gerinda**

Kemampuan menajamkan alat potong dengan mengasahnya dengan pasir atau batu telah ditemukan oleh manusia primitif sejak beberapa abad yang lalu. Alat pengikis digunakan untuk membuat batu gerinda pertama kali pada zaman besi dan pada perkembangannya dibuat lebih bagus untuk proses penajaman. Di awal tahun 1900-an, penggerindaan mengalami perkembangan yang sangat cepat seiring dengan kemampuan manusia membuat butiran abrasive seperti silikon karbida dan aluminium karbida. Selanjutnya dikembangkan mesin pengasah yang lebih efektif yang disebut mesin gerinda. Mesin ini dapat mengikis permukaan logam dengan cepat dan mempunyai tingkat akurasi yang tinggi sesuai dengan bentuk yang diinginkan.

Mesin gerinda adalah salah satu mesin perkakas yang digunakan untuk mengasah/memotong benda kerja dengan tujuan tertentu. Prinsip kerja mesin gerinda adalah batu gerinda berputar bersentuhan dengan benda kerja sehingga terjadi pengikisan, penajaman, pengasahan, atau pemotongan. Mesin gerinda merupakan proses menghaluskan permukaan yang digunakan pada tahap finishing dengan daerah toleransi yang sangat kecil sehingga mesin ini harus memiliki konstruksi yang sangat kokoh.

##### Jenis-Jenis Mesin Gerinda

Mesin gerinda yang beredar di pasaran yang sering digunakan di industri ada 4 macam jenis, yaitu; mesin gerinda permukaan (*Grinding Machine Surface*), mesin gerinda tangan (*Grinding Hand*), mesin gerinda duduk (*Grinding Machine Stand*), dan mesin gerinda silindris (*Grinding Machine Cylindris*). Gambaran keempat jenis mesin gerinda dapat dilihat pada penjelasan berikut ini:

##### Mesin Gerinda Permukaan (*Grinding Machine Surface*)

Mesin Surface Grinding adalah mesin gerinda yang mengacu pada pembuatan bentuk datar dan permukaan yang rata pada sebuah benda

kerja yang berada di bawah batu gerinda yang berputar. Mesin surface grinding bisa kita jumpai di ATMI pada mesin Brand dan Magerle. Pada umumnya mesin gerinda digunakan untuk penggerindaan permukaan yang meja mesinnya bergerak horizontal bolak-balik. Benda kerja dicekam pada meja magnetik, digerakkan maju mundur di bawah batu gerinda. Meja pada mesin gerinda datar dapat dioperasikan secara manual atau otomatis yang dapat diatur pada bagian tuasnya.



Gambar 8.17 Mesin Gerinda Permukaan

Mesin gerinda permukaan berdasarkan pergerakan meja dan spindlenya dibagi menjadi 4 macam, yaitu:

1. Mesin gerinda datar horizontal dengan gerak meja bolak-balik  
Mesin gerinda ini digunakan untuk menggerinda benda-benda dengan permukaan rata dan menyudut. Mengenai panjang langkah pada meja dan gerakan melintang batu gerinda dapat disetting pada tuas dimeja mesin gerinda sesuai dengan sifat dan karakter benda kerja yang akan dikerjakan.
2. Mesin gerinda datar horizontal dengan gerak meja berputar

Mesin jenis ini dipergunakan untuk menggerinda permukaan rata pada benda kerja silindris. Tepatnya dibagian sisi permukaan rata benda kerja tersebut dengan gerakan berputarnya meja mesin surface grinding.

3. Mesin gerinda datar vertical dengan gerak meja bolak-balik  
Mesin jenis ini digunakan untuk menggerinda benda-benda berpermukaan rata, lebar, dan menyudut. Penggerindaan berlangsung pada sisi samping roda gerinda sehingga ketika proses harus berhati-hati dalam pemakanan (DOC) dengan cara lebih sedikit-sedikit. Cara ini dilakukan agar benda kerja tidak gosong ketika menerima beban dan luas penampang yang terlalu besar pada sisi potong batu gerinda.
4. Mesin gerinda datar vertical dengan gerak meja berputar  
Mesin jenis ini dipergunakan untuk menggerinda permukaan rata poros dan lubang. Bisa juga untuk membuat lubang yang presisi bila memang tidak ada mesin universal grinding dalam bengkel Anda saat diperlukannya penggerindaan lubang dalam seperti gambar dibaliknya.

Berdasarkan prinsip kerjanya mesin gerinda datar dibagi menjadi dua macam, yaitu:

1. Surface grinding semi otomatis, proses pemotongan dapat dilakukan secara manual (tangan) dan otomatis mesin.
2. Surface grinding otomatis, proses pemotongan diatur melalui program (NC/*Numerical Control* dan CNC/*Computer Numerically Control*).

Berdasarkan prinsip pendingin (coolant) mesin gerinda datar dibagi menjadi dua macam, yaitu:

1. Penggerindaan kering  
Sesuai dengan tujuannya, penggerindaan kering dilakukan tanpa menggunakan cairan pendingin. Agar debu yang timbul dari penggerindaan tidak beterbangan dan terhisap oleh orang yang bekerja, maka mesin dilengkapi dengan penyedot debu. Karena apabila tidak disedot, maka debu akan mengendap pada bagian-bagian mesin.
2. Penggerindaan basah  
Pada penggerindaan basah digunakan cairan pendingin untuk mencegah debu yang timbul dari penggerindaan. Hal ini perlu dijaga

agar tidak sampai mengenai operator, dan tidak pula berserakan keluar mesin maupun kena lantai. Untuk itu mesin ini perlu dilengkapi perisai untuk menahan cairan pendingin. Pada penggerindaan basah, kita dapat mempertahankan sifat logam, karena tidak mengalami kenaikan suhu akibat gesekan pada proses pemotongan.

Prinsip kerja utama dari mesin surface grinding adalah gerakan bolak-balik benda kerja, dan gerak rotasi dari *tool*. Dilihat dari prinsip kerja utama mesin tersebut, mesin gerinda datar secara garis besar mempunyai tiga gerakan utama, yaitu:

- 1) Gerak putar batu gerinda.
- 2) Gerak meja memanjang dan melintang.
- 3) Gerak Pemakanan.

#### Mesin Gerinda Tangan (*Grinding Hand Machine*)

Mesin gerinda tangan merupakan mesin yang berfungsi untuk menggerinda benda kerja. Awalnya mesin gerinda hanya ditujukan untuk benda kerja berupa logam yang keras seperti besi dan stainless steel. Menggerinda dapat bertujuan untuk mengasah benda kerja seperti pisau dan pahat, atau dapat juga bertujuan untuk membentuk benda kerja seperti merapikan hasil pemotongan, merapikan hasil las, membentuk lengkungan pada benda kerja yang bersudut, menyiapkan permukaan benda kerja untuk dilas, dan lain-lain.



Gambar 8.18 Mesin Gerinda Tangan

Mesin Gerinda tangan didesain untuk dapat menghasilkan kecepatan sekitar 11000 - 15000 rpm. Dengan kecepatan tersebut batu grinda, yang



merupakan komposisi aluminium oksida dengan kekasaran serta kekerasan yang sesuai, dapat menggerus permukaan logam sehingga menghasilkan bentuk yang diinginkan. Dengan kecepatan tersebut juga, mesin gerinda juga dapat digunakan untuk memotong benda logam dengan menggunakan batu gerinda yang dikhususkan untuk memotong. Untuk mengetahui komposisi kandungan batu gerinda yang sesuai untuk benda kerjanya dapat dilihat pada artikel spesifikasi batu gerinda. Pada umumnya mesin gerinda tangan digunakan untuk menggerinda atau memotong logam, tetapi dengan menggunakan batu atau mata yang sesuai kita juga dapat menggunakan mesin gerinda pada benda kerja lain seperti kayu, beton, keramik, genteng, bata, batu alam, kaca, dan lain-lain. Tetapi sebelum menggunakan mesin gerinda tangan untuk benda kerja yang bukan logam, perlu juga dipastikan agar kita menggunakannya secara benar, karena penggunaan mesin gerinda tangan untuk benda kerja bukan logam umumnya memiliki resiko yang lebih besar. Untuk itu kita perlu menggunakan peralatan keselamatan kerja seperti pelindung mata, pelindung hidung (masker), sarung tangan, dan juga perlu menggunakan handle tangan yang biasanya disediakan oleh mesin gerinda. Tidak semua mesin gerinda tangan menyediakan handle tangan, karena mesin yang tidak menyediakan handle tangan biasanya tidak disarankan untuk digunakan pada benda kerja non-logam. Untuk memotong kayu kita dapat menggunakan mata gergaji circular ukuran 4" seperti yang disediakan oleh merk eye brand dan GMT. Untuk memotong bahan bangunan seperti bata, genteng, beton, keramik, atau batu alam kita dapat menggunakan mata potong seperti yang sesuai. Untuk membentuk atau menggerinda bahan bangunan juga dapat menggunakan mata gerinda beton. Untuk menggerinda kaca kita juga dapat menggunakan batu gerinda yang dikhususkan untuk kaca. Tetapi selain menggunakan batu atau mata yang tepat kita juga harus dapat menggunakan mesin gerinda tangan yang tepat pula. Dari beberapa pilihan merk dan tipe mesin gerinda tangan, mesin gerinda tangan ukuran 4" adalah mesin gerinda yang banyak disediakan di pasaran. Mesin gerinda tangan ukuran ini banyak digunakan untuk hobby dan usaha kecil dan menengah, sedangkan ukuran yang lebih besar biasanya lebih banyak digunakan untuk industri-industri besar. Pada mesin gerinda ukuran 4" memberikan minimal 2 pilihan yaitu yang standard dan yang bertenaga lebih besar. Tipe standard biasanya memiliki daya listrik berkisar antara 500 - 700 watt, sedangkan yang bertenaga lebih besar memiliki daya lebih besar dari 800 watt. Pada

dasarnya semua keperluan cukup menggunakan tipe standar, penggunaan mesin dengan tenaga yang lebih besar diperlukan untuk benda kerja yang lebih keras, seperti stainless steel, logam yang lebih keras, keramik, batu alam atau beton. Mesin tipe standar yang digunakan untuk material-material tersebut umumnya lebih cepat panas dan berumur lebih pendek, karena pada material yang lebih keras, mesin bekerja lebih keras sehingga membutuhkan torsi yang lebih besar dan ketahanan panas yang lebih tinggi. Khusus untuk benda kerja berupa kaca, karena sifat materialnya, kita membutuhkan mesin gerinda dengan kecepatan lebih rendah.. Selain itu, mesin gerinda juga dapat digunakan untuk memoles mobil. Cukup dengan menggunakan piringan karet dan wol poles yang sesuai. Mesin gerinda tangan adalah mesin yang serba guna, dapat digunakan untuk menggerinda atau memotong benda logam, kayu, bahan bangunan, kaca dan juga memoles mobil. Dengan menggunakan mesin dan mata yang tepat maka kita dapat menggunakan mesin gerinda dengan optimal. Tetapi tak lupa kita juga perlu memperhatikan keselamatan kerja.

#### Mesin Gerinda Duduk (*Grinding Stand Machine*)

Fungsi utama gerinda duduk adalah untuk mengasah mata bor, tetapi dapat juga digunakan untuk mengasah pisau lainnya, seperti mengasah pisau dapur, golok, kampak, arit, mata bajak, dan perkakas pisau lainnya.



Gambar 8.19 Mesin Gerinda Duduk

Selain untuk mengasah, gerinda duduk dapat juga untuk membentuk atau membuat perkakas baru, seperti membuat pisau khusus untuk meraut

bambu, membuat sukucadang mesin jahit, membuat obeng, atau alat bantu lainnya untuk reparasi turbin dan mesin lainnya.

### Mesin Gerinda Silindris (*Grinding Machine Cylindris*)

Mesin gerinda silindris adalah alat pemesinan yang berfungsi untuk membuat bentuk-bentuk silindris, silindris bertingkat, dan sebagainya.



Gambar 8.20 Mesin Gerinda Silindris

Berdasarkan konstruksinya, mesin gerinda silindris dibedakan menjadi empat macam:

1. Gerinda silindris luar  
Mesin gerinda silindris luar berfungsi untuk menggerinda diameter luar benda kerja yang berbentuk silindris dan tirus.
2. Mesin gerinda silindris dalam  
Mesin gerinda silindris jenis ini berfungsi untuk menggerinda benda-benda dengan diameter dalam yang berbentuk silindris dan tirus.
3. Mesin gerinda silinder luar tanpa center (centreless)

Mesin gerinda silindris jenis ini digunakan untuk menggerinda diameter luar dalam jumlah yang banyak/massal baik panjang maupun pendek

4. Mesin gerinda silindris universal

Sesuai namanya, mesin gerinda jenis ini mampu untuk menggerinda benda kerja dengan diameter luar dan dalam baik bentuk silinder

Bagian-bagian Mesin Gerinda (*Grinding Machine*)

Bagian badan mesin yang biasanya terbuat dari besi tuang yang memiliki sifat sebagai peredam getaran yang baik. Fungsinya adalah untuk menopang meja kerja dan menopang kepala rumah spindel. Bagian poros spindel merupakan bagian yang kritis karena harus berputar dengan kecepatan tinggi juga dibebani gaya pemotongan pada batu gerindanya dalam berbagai arah. Bagian meja juga merupakan bagian yang dapat mempengaruhi hasil kerja proses gerinda karena diatas meja inilah benda kerja diletakkan melalui suatu ragam ataupun magnetic chuck yang dikencangkan pada meja ini. Bagian lain dari mesin gerinda yang aman penting adalah sebagai berikut:

Power Transmission

Power Transmission grinda dilindungi oleh pelindung tetap sebagai peredam getaran. Power Transmission grinda berupa spindle.

Point Of Operation

Point Of Operation grinda ini merupakan bagian mesin yang dirancang untuk mengasah atau mengikis benda kerja.

Pelindung yang Dapat Diatur

Pelindung ini adalah safety glass, di mana dirancang untuk melindungi bagian atas badan pekerja seperti bagian wajah dari percikan api.

Heavy wheel guard

Heavy wheel guard bertujuan untuk melindungi geindapada saat berputar dan merupakan pelindung tetap.

Meja Benda

Meja benda bertujuan untuk mengontrol benda pada saat penggerindaan dan mempengaruhi hasil dari penggerindaan.

Bahaya-Bahaya yang biasanya terjadi ketika menggunakan mesin gerinda sebagai berikut:

- Putaran grinda yang sangat cepat
- Terbentur oleh barang-barang yang terlempar keluar dari mesin.
- Percikan api yang keluar pada saat penggerindaan.
- Tersangkutnya bagian tubuh pada bagian mesin yang bergerak.

### Keselamatan Peralatan Mesin Gerinda

Keselamatan peralatan pada mesin gerinda adalah bagaimana pekerja menggunakan peralatan tersebut tidak menimbulkan kecelakaan saat bekerja dengan mesin gerinda. Adapun langkah-langkah keselamatan dengan menggunakan peralatan mesin gerinda sebagai berikut:

- Gunakan kacamata kerja setiap saat, meskipun sudah tersedia penutup kaca pada roda gerindanya.
- Selalu periksa kondisi roda gerinda dari keretakan. Ketuk roda gerinda dengan tangkai obeng, bila suaranya nyaring berarti baik, dan sember berarti ada keretakan
- Jaga kecepatan roda gerinda sesuai ketentuan tabel kecepatan pada mesin tersebut
- Pastikan benda kerja, kepala lepas, pencekam dan peralatan yang lain sudah pada posisi yang benar
- Gunakan roda gerinda sesuai dengan jenis kerja dan benda kerjanya
- Jangan memakamkan (to feed) terlalu cepat, benda kerja antara dua senter kemungkinan akan tertekan dan dapat merusakkan benda kerja dan roda gerindanya
- Stop seluruh motor penggerak sebelum mengatur atau menyetel mesin gerinda
- Ketika mengasah roda gerinda (dressing / truing) pastikan intan pengasah terletak pada posisi yang kuat dan benar
- Jangan memeriksa dimensi (pengukuran) selama benda kerja sedang digerinda
- Ketika memasang atau menempatkan benda kerja, pastikan roda gerinda diundurkan atau dijauhkan agar tidak mengganggu pemasangan.
- Jangan gunakan pakaian kerja yang panjang dan terjurai, kalung, dan perhiasan lainnya yang memungkinkan jatuh atau tersangkut selama kerja gerinda

- Jangan tinggalkan mesin gerinda dalam keadaan hidup, pastikan mesin mati pada saat meninggalkan.

Yang perlu diingat, pemuaian akibat pendingin yang kurang baik menyebabkan permukaan benda kerja menggeliat di beberapa bagian, sehingga pada saat benda kerja dingin, permukaannya tidak rata.

## **E. Peralatan Mesin Frais**

Mesin frais (*milling machine*) adalah mesin perkakas yang dalam proses kerja pemotongannya dengan menyayat atau memakan benda kerja menggunakan alat potong bermata banyak yang berputar (*multipoint cutter*). Pisau frais dipasang pada sumbu atau arbor mesin yang didukung dengan alat pendukung arbor. Pisau tersebut akan terus berputar apabila arbor mesin diputar oleh motor listrik, agar sesuai dengan kebutuhan, gerakan dan banyaknya putaran arbor dapat diatur oleh operator mesin frais. Mesin frais mempunyai beberapa hasil bentuk yang berbeda, dikarenakan cara pengerjaannya. Berikut ini bentuk-bentuk pengfraisan yang bisa dihasilkan oleh mesin frais.

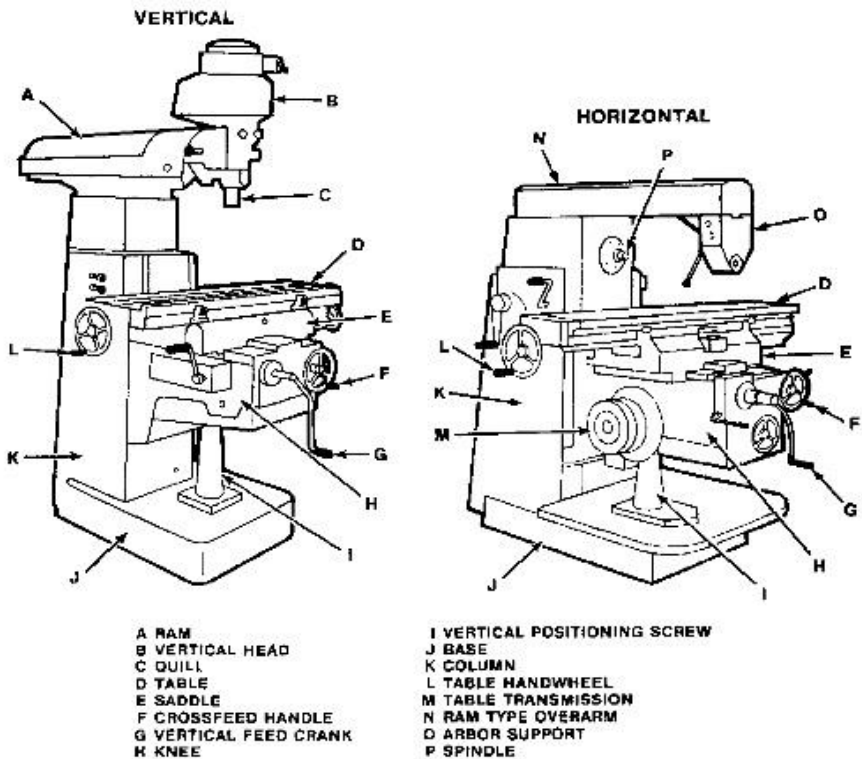
1. Bidang rata datar
2. Bidang rata miring menyudut
3. Bidang siku
4. Bidang sejajar
5. Alur lurus atau melingkar
6. Segi beraturan atau tidak beraturan
7. Pengeboran lubang atau memperbesar lubang
8. Roda gigi lurus, helik, payung, cacing
9. Nok/eksentrik, dll.

### Jenis-Jenis Mesin Frais

Jenis-jenisnya terdiri dari mesin frais tiang dan lutut (*column-and-knee*), mesin frais hobbing (*hobbing machines*), mesin frais penggulir (*thread machines*), mesin pengalur (*spline machines*) dan mesin pembuat pasak (*key milling machines*). Untuk produksi massal biasanya dipergunakan jenis mesin frais banyak sumbu (*multi spindles planer type*) dan meja yang bekerja secara berputar terus-menerus (*continuous action-rotary table*) serta jenis mesin frais drum (*drum type milling machines*).

Berikut ini ada macam-macam mesin frais:

- mesin frais horizontal atau bisa disebut dengan mesin frais mendatar dapat digunakan untuk mengerjakan pekerjaan sebagai berikut ini antara lain:
  - Mengfrais rata.
  - Mengfrais ulur.
  - Mengfrais roda gigi lurus.
  - Mengfrais bentuk.
  - Membelah atau memotong.



Gambar 8.21 Mesin Frais Horizontal Dan Vertikal

- Mesin frais *vertical* atau bisa disebut dengan mesin frais tegak dapat digunakan untuk mengerjakan pekerjaan sebagai berikut:
  - mengfrais rata.
  - mengfrais ulur.

- mengfrais bentuk.
- membelah atau memotong.
- mengebor.



Gambar 8.22 Mesin Frais Vertikal

Keselamatan peralatan pada mesin frais yaitu:

- Pastikan kabel aliran listrik ke mesin frais dalam keadaan aman
- Berdasarkan fungsinya mesin frais menghilangkan sebagian benda kerja sesuai dengan yang diinginkan ( membuat rata, membuat bentuk, membuat alu dan lainnya), maka hasil serut yang berupa tatal (besi panas) akan bertaburan dilantai. Keselamatannya adalah dengan menggunakan sepatu anti panas. Kemudian gunakan kaca mata pelindung untuk menjaga lompatan tatal yang tidak diinginkan. Dan



- juga menggunakan masker, karena bau gesekan antara paht dan benda kerja menimbulkan bau yang membahayakan jika dihirup.
- Penguasaan mesin, cara menggunakan, memilih speed dan feed

## **F. Peralatan Mesin Bubut**

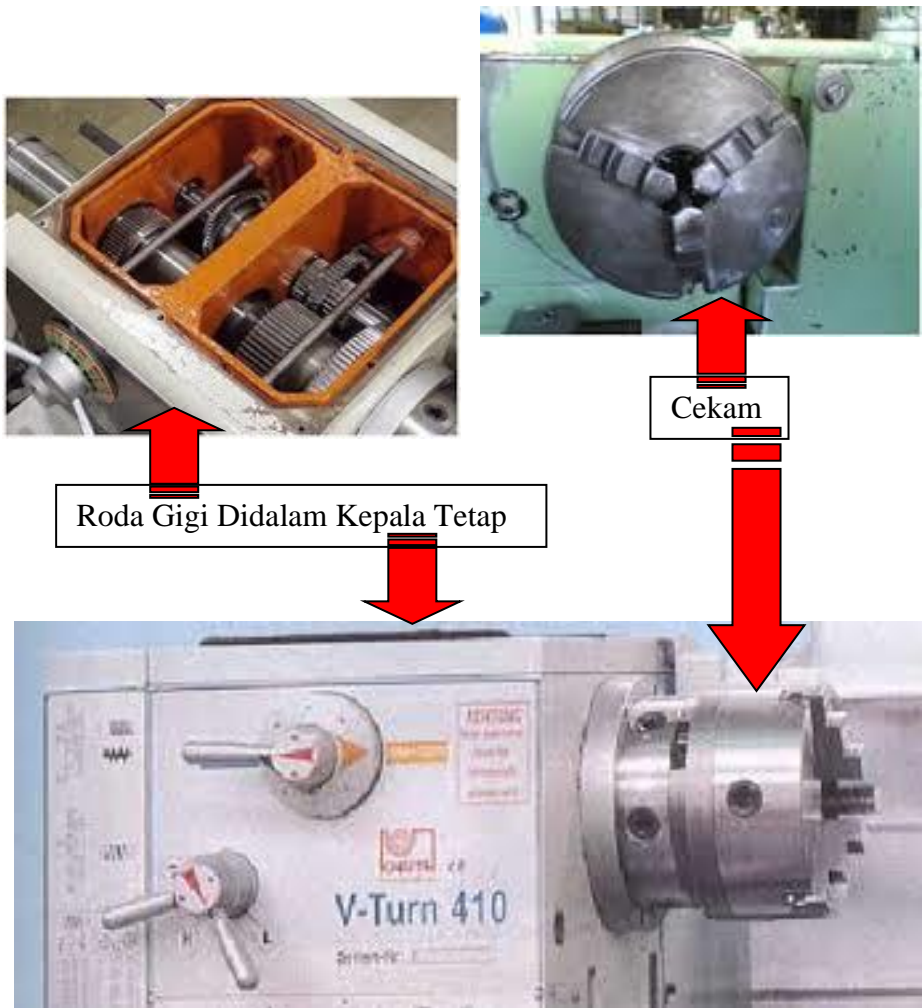
Mesin Bubut adalah suatu Mesin perkakas yang digunakan untuk memotong benda yang diputar. Bubut sendiri merupakan suatu proses pemakanan benda kerja yang sayatannya dilakukan dengan cara memutar benda kerja kemudian dikenakan pada pahat yang digerakkan secara translasi sejajar dengan sumbu putar dari benda kerja. Gerakan putar dari benda kerja disebut gerak potong relatif dan gerakkan translasi dari pahat disebut gerak umpan. Dengan mengatur perbandingan kecepatan rotasi benda kerja dan kecepatan translasi pahat maka akan diperoleh berbagai macam ulir dengan ukuran kisar yang berbeda. Hal ini dapat dilakukan dengan jalan menukar roda gigi translasi yang menghubungkan poros spindel dengan poros ulir. Roda gigi penukar disediakan secara khusus untuk memenuhi keperluan pembuatan ulir. Jumlah gigi pada masing-masing roda gigi penukar bervariasi besarnya mulai dari jumlah 15 sampai dengan jumlah gigi maksimum 127. Roda gigi penukar dengan jumlah 127 mempunyai kekhususan karena digunakan untuk konversi dari ulir metrik ke ulir inci.

Bagian-bagian mesin bubut yang utama adalah kepala lepas, kepala tetap, alas mesin, eretan (eretan atas dan eretan lintang). Setiap bagian utama mesin bubut memiliki fungsi masing-masing dan saling melengkapi satu dengan lainnya. Fungsi-fungsi bagian utama mesin bubut dapat dilihat pada penjelasan berikut:

### Kepala Tetap (*Head Stock*)

Kepala tetap adalah bagian dari mesin bubut yang letaknya disebelah kiri mesin, dan bagian inilah yang memutar benda kerja yang didalamnya terdapat transmisi roda gigi. Pada Kepala tetap ini ditempatkan berbagai bagian mesin yang memudahkan kita melakukan pekerjaan. beberapa bagian yang ada di kepala tetap adalah Plat mesin; engkol pengatur pasangan roda gigi; cakra bertingkat; motor penggerak mesin. Pada kepala tetap ini pula kita memasang alat pemegang benda kerja sehingga aman pada saat dikerjakan. Alat pemegang atau penjepit ini disebut Cekam. Cekam ini dibedakan menjadi dua, yaitu Cekam rahang tiga dan cekam rahang empat. Cekam rahang tiga pergerakan rahang penjepitnya adalah serentak sehingga pada saat kita menggerakkan satu kunci penggeraknya,

maka ketiga rahang bergerak serentak. Cekam rahang empat, pada saat kita menggerakkan kunci penggeraknya, maka rahang yang bergerak adalah satu persatu.

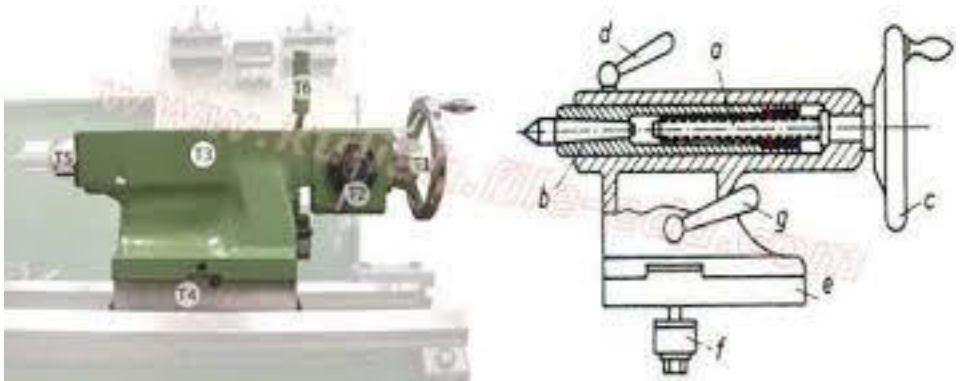


Gambar 8.23 Kepala Tetap

Kepala Lepas (Tail Stock)

Bagian dari mesin bubut yang letaknya disebelah kanan dari mesin bubut, yang berfungsi untuk menopang benda kerja yang panjang. Pada saat

mengerjakan benda berukuran panjang, kemungkinan bengkok sangat besar sehingga harus ditopang pada kedua ujung, yaitu di kepala tetap dan kepala lepas ini. Beberapa bagian yang ada di kepala tetap adalah; Center Putar, untuk memompang benda kerja, agar tidak terjadi gesekan,; Handwill,; Pengunci poros,; Pengunci alas.



a= b poros (center), c= center putar, d= pengunci poros, e= alas kepala lepas, f= g= pengunci alas



Gambar 8.24 Kepala Lepas

Alat Mesin (Bad)

Alas mesin berfungsi untuk tempat kedudukan kepal lepas, tempat kedudukan eretan dan tempat kedudukan penyangga diam



Alas Mesin Bubut

Gambar 8.25 Alas Mesin Bubut

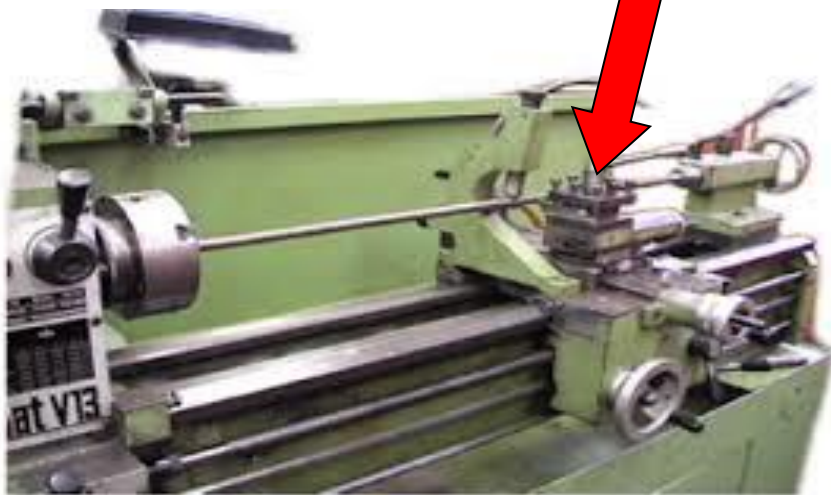
### Eretan (Support)

Eretan adalah alat yang digunakan untuk melakukan proses pemakanan pada benda kerja dengan cara menggerakkan kekiri dan kekanan sepanjang meja. Eretan utama akan bergerak sepanjang meja sambil membawa eretan lintang dan eretan atas dan dudukan pahat. Eretan juga bisa diartikan bagian mesin bubut yang berfungsi sebagai penghantar pahat bubut sepanjang alas mesin. Ada tiga jenis eretan, yaitu:

- c. Eretan bawah, eretan ini berjalan sepanjang alas mesin.
- d. Eretan lintang, eretan ini bergerak tegak lurus terhadap alas mesin.
- e. Eretan atas, eretan ini digunakan untuk menjepit pahat bubut dan dapat diputar ke kanan atau ke kiri sesuai dengan sudut yang diinginkan, khususnya pada saat mengerjakan benda-benda yang berbentuk konis. Eretan ini dapat digerakkan secara manual maupun otomatis.



Eretan



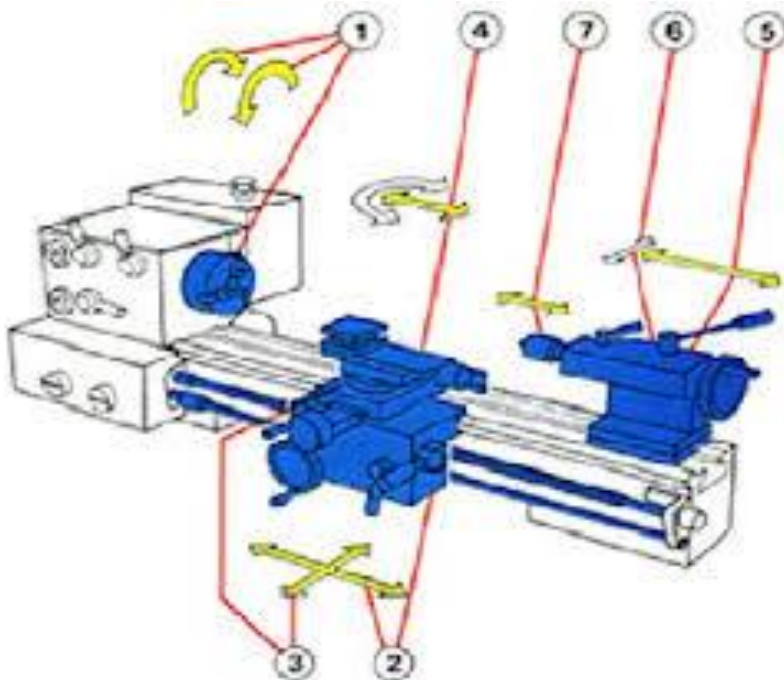
Gambar 8.26 Eretan

Selain keempat bagian utama tersebut, ada bagian-bagian lainnya pada mesin bubut. Berikut ini adalah bagian-bagian lainnya pada mesin bubut:

1. Tuas pengendali kecepatan putaran.
2. Tuas pengatur tebal sayatan dan penguliran, berpasangan.
3. Tuas kecepatan poros kepala tetap.
4. Pen pengaman pada selongsong sambungan.
5. Roda tangan untuk gerakan arah memanjang.

6. Tuas untuk menjalankan gerakan otomatis arah memanjang dan melintang.
7. Sekrup pengunci luncuran.
8. Roda tangan penggerak luncuran melintang.
9. Tuas pengunci rumah pahat (tool-post).
10. Tuas pengunci kedudukan (support).
11. Tuas pengunci kepala lepas.
12. Roda tangan penggerak poros senter kepala lepas.
13. Tuas pengunci kedudukan senter kepala lepas.
14. Sekrup-sekrup pengunci kedudukan kepala lepas.
15. Penunjuk jarak gerakan support pada arah memanjang.
16. Saklar utama (tombol).

Bagian-bagian mesin bubut tersebut saling terintegrasi sehingga dapat memenuhi prinsip kerja mesin bubut. Adapun gambaran keseluruhan dari baian utama mesin bubut dan gerakannya dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 8.27 Bagian Utama Mesin Bubut dan Geraknya

Penjelasan gambar 8.27. yaitu: nomor.1 menunjukkan putaran antara cekam dan roda gigi yang ada didalam kepala tetap (putaran berlawanan). Nomor 2, 3, 4 adalah eretan bawah, eretan lintang dan eretan atas, gerakan eretan bawah hanya kekanan dan kekiri, sedangkan eretan lintang maju-mundur dan eretan atas bisa berputar. Dan nomor 5, 6, 7 adalah kepala tetap yang gerakannya hanya maju mundur sesuai arahnya.

Proses pembubutan adalah salah satu proses pemesinan yang menggunakan pahat dengan satu mata potong untuk membuang material dari permukaan benda kerja yang berputar. Pahat bergerak pada arah linier sejajar dengan sumbu putar benda kerja seperti yang terlihat pada gambar. Dengan mekanisme kerja seperti ini, maka Proses bubut memiliki kekhususan untuk membuat benda kerja yang berbentuk silinder. Benda kerja di cekan dengan poros spindel dengan bantuan chuck yang memiliki rahang pada salah satu ujungnya. Poros spindel akan memutar benda kerja melalui piringan pembawa sehingga memutar roda gigi pada poros spindel. Melalui roda gigi penghubung, putaran akan disampaikan ke roda gigi poros ulir. Oleh klem berulir, putaran poros ulir tersebut diubah menjadi gerak translasi pada eretan yang membawa pahat. Akibatnya pada benda kerja akan terjadi sayatan yang berbentuk ulir.

#### Jenis-Jenis Pembubutan

Jenis pembubutan banyak ragamnya tergantung apa yang akan dibuat, olehnya mesin bubut adalah mesin yang paling banyak fungsinya untuk mengolah benda kerja. Jenis-jenis pembubutan adalah sebagai berikut:

##### Pembubutan tepi (*facing*)

Pengerjaan benda kerja terhadap tepi penampangnya atau tegak lurus terhadap sumbu benda kerja.

##### Pembubutan silindris (*turning*)

Pengerjaan benda kerja dilakukan sepanjang garis sumbunya. Baik pengerjaan tepi maupun pengerjaan silindris posisi dari sisi potong pahatnya harus terletak senter terhadap garis sumbu dan ini berlaku untuk semua proses pemotongan pada mesin bubut.

##### Pembubutan alur (*grooving*)

Pembubutan yang di lakukan di antara dua permukaan.

### Pembubutan tirus (*chamfering*)

Adapun caranya sebagai berikut:

- Dengan memutar compound rest
- Dengan menggeser sumbu tail stock
- Dengan menggunakan taper attachment.

### Pembubutan ulir (*threading*)

Bentuk ulir didapat dengan cara menggerinda pahat menjadi bentuk yang sesuai dengan menggunakan referensi mal ulir (thread gauge). Atau bisa juga menggunakan pahat tertentu ukurannya yang sudah di jual di pasaran, biasanya untuk ulir-ulir standar.

### *Drilling*

Membuat lubang awal pada benda kerja

### *Boring*

Memperbesar lubang pada benda kerja.

### Kartel (*knurling*)

Membuat profil atau grif pegangan pada benda kerja seperti pada pegangan tang, obeng agar tidak licin.

### *Reaming*

Memperhalus lubang pada benda kerja. Hal ini dilakukan untuk hasil pembubutan dalam atau pengeboran di atas mesin bubut. Pada tingkatan tertentu dibutuhkan kehalusan sesuai ketentuan. Untuk kegiatan tersebut dipergunakan alat Reamer. Benda berlubang yang akan dihaluskan dikepit pada cekam kepala tetap, sementara reamer dipasang pada hower dan dijepit di senter kepala lepas. Pada saat proses penghalusan, posisi kepala lepas didekatkan sehingga reamer dapat masuk ke lubang benda kerja. Selanjutnya, mesin dinyalakan dan putaran reamer digerakkan memasuki lubang sehingga geriginya bergesek dengan dinding lubang. Pada saat itulah terjadi proses penghalusan dinding lubang.

Jenis mesin bubut pada garis besarnya diklasifikasikan dalam empat kelompok, yaitu:



### Mesin bubut ringan

Mesin bubut ini dimaksudkan untuk latihan dan pekerjaan ringan. Bentuk peralatannya kecil dan sederhana. Dipergunakan untuk mengerjakan benda-benda kerja yang berukuran kecil. Mesin ini terbagi atas mesin bubut bangku dan model rantai, konstruksinya merupakan gambaran mesin bubut bangku dan model rantai, konstruksinya merupakan gambaran mesin bubut yang besar dan berat.



Gambar 8.28 Mesin Bubut Ringan

Mesin bubut ringan bisa diletakkan di atas meja, dan mudah untuk dipindahkan sesuai dengan kebutuhan kita, Benda kerjanya berdimensi kecil (mini). Jenis ini umumnya dipergunakan untuk membubut dari bahan dengan ukuran kecil dan biasanya dipergunakan untuk pengrajin kecil atau yang di sebut industri rumah tangga. Panjang mesin bubut jenis ini umumnya tidak lebih dari 1200 mm, dan karena bebannya yang relatif ringan, sehingga dapat diangkat oleh satu orang.

### Mesin bubut sedang (*medium lathe*)

Konstruksi mesin ini lebih cermat dan dilengkapi dengan penggabungan peralatan khusus. Oleh karena itu mesin ini digunakan untuk pekerjaan yang lebih banyak variasinya dan lebih teliti. Fungsi utama adalah untuk menghasilkan atau memperbaiki perkakas secara produksi.



Gambar 8.29 Mesin Bubut Sedang

Jenis mesin bubut ini bisa membubut bahan dengan diameter benda kerja mencapai dengan 200 mm dan panjang mencapai dengan 100 mm cocok untuk industri kecil maupun bengkel-bengkel perawatan dan pembuatan komponen. Umumnya mesin bubut sedang ini digunakan pada dunia pendidikan atau pusat pelatihan, karena harganya terjangkau dan sangat mudah untuk dioperasikan

Mesin bubut standar (Standard Lathe)

Mesin ini dibuat lebih berat, daya kudanya lebih besar daripada yang dikerjakan mesin bubut ringan dan mesin ini merupakan standar dalam pembuatan mesin-mesin bubut pada umumnya.



Gambar 8.30 Mesin Bubut Standar

Jenis mesin bubut ini disebut sebagai mesin bubut standar karena di samping memiliki komponen seperti pada mesin ringan dan sedang juga sudah mempunyai berbagai kelengkapan tambahan yaitu keran pendingin, lampu kerja, bak penampung beram dan sebuah rem untuk menghentikan mesin dalam keadaan darurat atau mendadak

Mesin bubut meja panjang (*long bed lathe*)

Mesin ini termasuk mesin bubut industri yang digunakan untuk mengerjakan pekerjaan-pekerjaan panjang dan besar, bahan roda gigi dan lainnya. Mesin bubut meja panjang adalah mesin bubut yang banyak digunakan di industri untuk mengerjakan pekerjaan dengan menggunakan bahan yang relatif panjang dan besar, bahan roda gigi dan lain sebagainya.



Gambar 8.31 Mesin Bubut Meja Panjang

Secara garis besar alat mesin bubut bisa di bedakan menurut ukurannya, yaitu:

#### Mesin bubut centre lathe

Mesin bubut ini dirancang untuk berbagai macam bentuk dan yang paling umum digunakan, cara kerjanya benda kerja dipegang (dicekam) pada poros spindle dengan bantuan chuck yang memiliki rahang pada salah satu ujungnya, yaitu pada pusat sumbu putarnya, sementara ujung lainnya dapat ditumpu dengan center lain.

#### Mesin Bubut Sabuk

Poros spindle akan memutar benda kerja melalui piringan pembawa sehingga memutar roda gigi yang digerakkan sabuk atau puli pada poros spindle. Melalui roda gigi penghubung, putaran akan disampaikan ke roda gigi poros ulir. Oleh klem berulir, putaran poros ulir tersebut diubah menjadi gerak translasi pada eretan yang membawa pahat. Akibatnya pada benda kerja akan terjadi sayatan yang berbentuk ulir.

#### Mesin bubut vertical turning and boring milling

Mesin ini bekerja secara otomatis, pada pembuatan benda kerja yang dibubut dari tangan, pekerjaan yang tidak dilakukan secara otomatis hanyalah pemasangan batang-batang yang baru dan menyalurkan produk-produk yang telah dikerjakan, oleh sebab itu satu pekerja dapat mengawasi beberapa buah mesin otomatis dengan mudah.

#### Mesin bubut facing lathe

Sebuah mesin bubut terutama digunakan untuk membubut benda kerja berbentuk piringan yang besar. Benda-benda kerjanya dikencangkan dengan cakar-cakar yang dapat disetting pada sebuah pelat penyeting yang besar, tidak terdapat kepala lepas.

#### Mesin Bubut Turret

Mesin bubut turret mempunyai ciri khusus terutama menyesuaikan terhadap produksi. "Ketrampilan pekerja" dibuat pada mesin ini sehingga memungkinkan bagi operator yang tidak berpengalaman untuk memproduksi kembali suku cadang yang identik. Kebalikannya, pembubut mesin memerlukan operator yang sangat terampil dan

mengambil waktu yang lebih lama untuk memproduksi kembali beberapa suku cadang yang dimensinya sama.

Karakteristik utama dari mesin bubut jenis ini adalah bahwa pahat untuk operasi berurutan dapat disetting dalam kesiagaan untuk penggunaan dalam urutan yang sesuai. Meskipun diperlukan keterampilan yang sangat tinggi untuk mengunci dan mengatur pahat dengan tepat tapi satu kali sudah benar maka hanya sedikit keterampilan untuk mengoperasikannya dan banyak suku cadang dapat diproduksi sebelum pensettingan dilakukan atau diperlukan kembali.

#### Mesin bubut Turret Jenis Sadel

Mempunyai turret yang dipasangkan langsung pada sadel yang bergerak maju mundur dengan turret

#### Mesin bubut turret vertikal

Mesin bubut vertikal adalah sebuah mesin yang mirip Freis pengebor vertikal, tetapi memiliki karakteristik pengaturan turret untuk memegang pahat. Terdiri atas pencekam atau meja putar dalam kedudukan horizontal, dengan turret yang dipasangkan diatas rel penyilang sebagai tambahan, terdapat paling tidak satu kepala samping yang dilengkapi dengan turret bujur sangkar untuk memegang pahat.

Semua pahat yang dipasangkan pada turret atau kepala samping mempunyai perangkat penghenti masing-masing, sehingga panjang pemotongan dapat sama dalam daur mesin yang berurutan. Pengaruhnya adalah sama seperti bubut turret yang berdiri pada ujung kepala tetap. Dan mempunyai segala ciri yang diperlukan untuk memudahkan pemuat, pemegang dan pemesinan dari suku cadang yang diameternya besar dan berat. Pada mesin ini hanya dilakukan pekerjaan pencekaman.

#### Keselamatan Peralatan Mesin Bubut

Keselamatan peralatan mesin bubut adalah keselamatan menggunakan mesin bubut ketika melaksanakan pekerjaan agar tidak terjadi kecelakaan kerja atau menimbulkan bahaya bagi kesehatan sewaktu bekerja, baik dari tinjauan aturan (tata-tertib), larangan-larangan, alat pelindung diri (APD) yang harus digunakan, dan lainnya.

### Aturan /Tata Tertib Menggunakan Mesin Bubut

Mengikuti aturan adalah sikap yg baik terhadap keselamatan, olehnya setiap pekerja harus bisa membina tabiat keselamatan (*safety-minded*) dirinya yg baik, sehingga kita bisa terhindar dari kecelakaan adalah kerja. Contoh aturan menggunakan mesin bubut adalah sebagai berikut:

1. Baca dulu instruksi manual sebelum mengoperasikan mesin
2. Upayakan tempat kerja tetap bersih dengan penerangan yang memadai
3. Semua peralatan harus di grounded
4. Gunakan selalu kaca mata pelindung setiap saat bekerja dengan mesin
5. Hindari pengoperasian mesin pada lingkungan yang berbahaya, seperti lingkungan yang banyak mengandung bahan mudah terbakar
6. Yakinkan bahwa switch dalam keadaan OFF sebelum menghubungkan mesin dengan sumber listrik
7. Pertahankan kebersihan tempat kerja, bebas dari kekacauan (clutter), minyak dan sebagainya
8. Tetapkan batas aman untuk pengujung
9. Ketika membersihkan mesin, upayakan mesin dalam keadaan mati, akan lebih baik jika hubungan dengan sumber listrik diputus.
10. Gunakan selalu alat dan perlengkapan yang ditentukan
11. Gunakan selalu alat yang benar.

### Larangan Pada Operasi Mesin Bubut

Larangan pada operasi mesin bubut bertujuan sama dengan tata tertib yaitu menjaga pekerja agar terhindar dari kecelakaan kerja ataupun bahaya yang merugikan kesehatan sewaktu bekerja. Olehnya yang perlu diperhatikan disini adalah kerja manusianya, peralatan dan kontak manusia dengan peralatan. Contoh larangan pada operasi mesin bubut adalah sebagai berikut:

1. Jangan menyentuh/memegang chuck pada saat mesin bubut beroperasi
2. Jangan bersenda gurau pada saat mengoperasikan mesin bubut
3. Jangan melakukan pemeriksaan mesin sebelum memutuskan arus listrik
4. Lindungi lintasan meja dari hubungan langsung dengan listrik
5. Selalu gunakan kaca mata pelindung
6. Jangan menghentikan spindel dengan tangan
7. Jangan biarkan kunci Chuck tetap menempel pada Chuck
8. Jangan memakai cincin atau jam karena sangat berbahaya anda

### Alat Pelindung Diri (APD)

Tujuan dari keselamatan dan kesehatan kerja (K3) adalah melindungi pekerja tidak terjadi kecelakaan kerja dan bahaya yang mengancam kesehatan sewaktu bekerja. Olehnya selain keselamatan peralatan yang diperhatikan, juga keselamatan pekerja juga diperhatikan. Proteksi keselamatan pada pekerja dinamakan alat pelindung diri (APD). APD untuk pembubutan biasanya sebagai berikut:

#### Baju Kerja

Pilihlah baju kerja yang tidak ada bagian-bagiannya yang terjurai/melambai-lambai supaya tidak terlilit putaran sumbu utama.

#### Sepatu

Pilihlah sepatu yang bahan alasnya tidak mudah licin, bisa dipilih dari bahan kulit atau karet. Juga, dipilih model yang tidak berlubang-lubang besar pada penutup bagian atas untuk menghindari masuknya tatal/beram panas mengenai kaki

#### Topi/ikat Kepala.

Apabila rambut operator/juru teknik panjang yang diperkirakan dapat terlilit putaran sumbu utama, pakailah topi atau ikat kepala.

#### Kacamata

Untuk melindungi mata dari percikan tatal/beram benda kerja.

#### Masker Hidung

Masker pelindung digunakan apabila benda kerja yang dikerjakan menimbulkan serbuk/debu, seperti bahan.

### Prosedur Keselamatan Kerja Pada Proses Pembubutan

#### Kelistrikan

Periksa/pastikan kelistrikan pada mesin bubut yang akan digunakan aman, khususnya kotak sekering harus tertutup untuk menghindari kontak dengan tatal yang menggulung panjang-panjang.

### Roda gigi

Pada saat penggantian roda gigi pastikan tidak ada orang lain yang meng – on – kan tuas *on-off* motor utama dan saklar *on-off* pengaman pada rumah transmisi (= *gear box*). Hal ini dapat menyebabkan jari tangan tergilas roda gigi.

### Saat pembubutan

Pada saat akan menghidupkan mesin bubut pastikan

- Kunci cekam/kunci chuck bubut sudah dilepas dari cekam, supaya tidak terpelanting/loncat atau membentur bed mesin bubut saat cekam diputar.
- tidak ada bagian tergerai yang dipakai operator yang dapat terlilit bersama putaran cekam/benda kerja, seperti tangan baju panjang, gelang, kalung, dan rambut.
- Benda kerja yang akan dibubut diperhitungkan agar tidak melenting atau bengkok mengenai kepala operator.

Benda kerja panjang dan mudah melenting dibubut menggunakan penyangga (*steady*).

## Menerapkan Pemakaian Alat-Alat Keselamatan Kerja

### Menggunakan Pakaian Kerja.

Pakailah pakaian kerja, seperti baju kerja, sepatu, topi/ikat kepala, kacamata dan masker hidung sebelum bekerja, Pokoknya pakailah pakaian kerja selengkap mungkin sesuai dengan tuntunan kebutuhan pekerjaan. Kancinglah baju kerja dengan baik agar tidak ada bagian yang terjurai yang dapat menyebabkan terlilit putaran cekam/benda kerja.

Bersihkanlah lantai dari tatal/oli setiap kali sekiranya hal itu sudah membahayakan operator, seperti menyebabkan terpeleset.

Gantilah lampu penerangan setiap kali terangnya sudah tidak memadai lagi.

Pemadam Kebakaran dan ada dua model alat pemadam kebakaran.

Tanpa selang

Menggunakannya : pegang tabung dengan kedua tangan, lalu putar pada posisi moncong di bawah dan pantas di atas sambil arahkan lubang moncong/semburan busa ke arah api.



Dengan selang

Posisikan tabung tegak, cabut pena tuas penyemprot, lalu arahkan moncong pada ujung selang ke arah api, dan tahan tuas penyemprot.

## **G. Pengamanan Mesin-Mesin dan Alat Mekanik**

Kemajuan teknologi meningkatkan penggunaan mesin-mesin dan alat mekanik. Di Indonesia, teknologi ditingkatkan penerapannya dari hari ke hari, penggunaan mesin dan alat mekanik meluas pada setiap sector kegiatan ekonomi, yaitu: industry, pekerjaan umum, pertanian, pertambangan, perhubungan dan lain-lain. Peningkatan penggunaannya paling tidak dapat dilihat dari pertumbuhan sector-sektor itu sendiri, misalnya sector industry berkembang dengan 13% pertahun.

Khusus dalam sector industry, mesin-mesin dan alat mekanik lainnya dipergunakan pada industry logam, industry peralatan, industry barang-barang galian bukan logam, industry minyak bumi, industry kertas, industry kimia dan farmasi, industry tekstil, industry pengolahan kayu, Industry pengolahan karet, industry pangan dan lain-lain. Mesi-mesi tidak saja digunakan di industry-industri yang besar, tetapi juga oleh industry menengah dan kecil.

Dengan mesin dan alat mekanik, produksi dan produktivitas dapat ditingkatkan. Selain itu beban kerja factor manusia dikurangi dan pekerjaan dapat lebih berarti. Mesin-mesin dapat dikelompokkan menjadi mesin pembangkit tenaga, mesin penyalur kekuatan dan mesin untuk pekerjaan. Menurut sektornya dapat pula digolong-golongkan mesin industry, mesin untuk pertanian, mesin untuk pekerjaan kehutanan, mesin untuk pertambangan dalain-lain

### **1. Pengaman Mesin**

Bila dikenang lagi revolusi industry pada masa yang silam, mesin adalah sebab utama dari proses tersebut. Dalam hubungan ini, timbulnya perhatian masyarakat terhadap keselamatan kerja adalah akibat dari efek negative penggunaan mesin-mesin tersebut. Kenyataan ini ada baiknya untuk menjadi perhatian Negara-negara yang sedang membangun dengan kecepatan proses industrialisasi cukup cepat. Selanjutnya pada Negara-negara dengan industry majupun keselamatan mesin tetap penting, oleh karena sekalipun sedikit kecelakaan yang ditimbulkan (15 – 25% dari keseluruhan kecelakaan ), biasanya angka beratnya kecelakaan adalah tinggi.

## 2. Persyaratan Umum Pengaman Mesin

Pengaman mesin harus memenuhi persyaratan tertentu yang dapat ditelaah dari “Model Code of Safety Regulation for Industrial Establishment” yang dirumuskan oleh konferensi teknis tripartite OPI di Geneva tahun 1948. Ketentuan 83 dari model code tersebut memperinci persyaratan tersebut. Persyaratan ini mencakup antara lain:

- a. Pengaman mesin harus memberikan perlindungan yang positif
- b. Pagar pengaman harus mencegah masuknya tenaga kerja atau bagian tubuhnya kesemua tempat atau daerah berbahaya selama proses atau kegiatan berlangsung
- c. Pengaman tidak boleh menyebabkan ketidaknyamanan dan gangguan bagi tenaga kerja
- d. Pengaman tidak boleh secara tidak perlu mengganggu produksi
- e. Pengaman harus bekerja otomatis atau dengan diperlukan hanya sedikit upaya bagi pekerjanya
- f. Pengaman harus cocok bagi pekerjaan dan mesin
- g. Sebaiknya pengaman merupakan bagian keseluruhan dari mesin
- h. Pengaman harus memungkinkan peminyakan dan penggemukan, pengecekan, penyetelan dan perbaikan
- i. Pengaman harus tahan terhadap efek pemakaian mesin yang lama dan kuat terhadap bekerjanya dan guncangan mesin dengan perawatan yang minimum.
- j. Pengaman harus tahan dan juga tahan terhadap api dan korosi
- k. Pengaman tidak boleh merupakan suatu bahaya tersendiri dan khususnya harus bebas dari patahan-patahan, sudut-sudut yang runcing, tepi-tepi yang kasar atau sumber-sumber kecelakaan lain
- l. Pengamanan harus memberikan perlindungan terhadap hal-hal yang tak terduga dan tidak melulu hanya terhadap bahaya yang sudah diperkirakan.

## **Rangkuman**

Pekerjaan di industri rawan menimbulkan kecelakaan kerja ataupun gangguan terhadap kesehatan pekerja. Olehnya tenaga kerja tidak bisa dibiarkan bekerja asal-asalan dan perlu diberikan pengetahuan tentang peralatan-peralatan yang dihadapinya. Jika ada kesalahan sedikit pada peralatan industri maka dampaknya akan besar, yaitu akan menimbulkan kecelakaan kerja ataupun penyakit akibat kerja. Olehnya keselamatan

peralatan yang berbahaya perlu diperhatikan atau dikendalikan agar prosesnya bisa aman.

### **Tes Formatif**

1. Alat keamanan apa saja yang dibutuhkan ketel uap dalam produksi, sehingga pesawat ketel uap dalam keadaan aman
2. Dampak apa sajakah jika keselamatan pesawat ketel uap tidak diperhatikan

### **Tindak Lanjut**

Mahasiswa diharapkan dapat mengetahui dan memahami tentang keselamatan keselamatan peralatan berbahaya di industri atau tuntas dalam materi bab VIII untuk keberhasilan dalam proses belajar mengajar, dan menguasai keseluruhan materi K3 bidang teknik mesin

## DAFTAR PUSTAKA

- Anoraga Pandji. **Psikologi Industri dan Sosial**. Pustaka Jaya, Jakarta, 1995
- As'ad Mohamad. **Psikologi Industri**. Liberty, Jakarta, 1982
- Clayton D & Clayton F. **Industrial Hygiene and Toxicology**. New York, John Wiley & Sons, 1978
- Canter, W.L. **Environmental Impact Assessment**. New York, Mc Graw Hill Book Company. 1970
- Cuniff F.P. **Environmental Noise Pollution**. New York, John Wiley & Sons. 1977
- Fakultas Kedokteran UNAIR Surabaya, **Public Health**, Penerbit Brata D, Surabaya, 1986
- Halliday & Resnick. **Fundamental of Physic**. New York, John Wiley & Sons. 1986
- Muin Syamsir, **Pesawat-Pesawat Konversi Energi I (Ketel Uap)**. Penerbit Rajawali Pers, Jakarta, 1988
- PT Petrokima, **Pencegahan dan Penanggulangan Kebakaran**, PT Petrokimia, Gresik, 1998
- Sumamur P.K. **Keselamatan Kerja dan Pencegahan Kecelakaan**. Penerbit PT Gunung Agung, Jakarta.1995
- Sumamur P.K. **Higene Perusahaan dan Kesehatan Kerja**. Penerbit PT Gunung Agung, Jakarta.1994
- Siswanto, **Bahaya Las Terhadap Kesehatan**, Surabaya, Balai Hiperkes dan Keselamatan Kerja Jawa Timur Departemen Tenaga Kerja

Sastrowinoto, *Meningkatkan Produktivitas Dengan Ergonomi*, Jakarta, PT Pustaka Bina Pressindo, 1985

Stellman M Jeanne. *Work is Dangerous To Your Health*. United States by Random House Inc, New York, 1973

Turk, *Enviromental Science*. Philadelphia, W.B Saunders Company.,1974

Waldrom H.A, *Occupational Health Practice*. London, Butteworth & Co Publisher Ltd, 1989

## DAFTAR ISI

Halaman Pengesahan .....	i
DAFTAR ISI.....	ii
Kata Pengantar.....	iv
Peta Kompetensi.....	v
Tinjauan Mata Kuliah.....	vi

### **BAB I SEPUTAR MENGENAI K3**

Pendahuluan .....	1
A. Apakah K3 Bidang Teknik Mesin.....	1
B. Mengapa K3 Penting.....	2
C. Bagaimana Program K3 Bisa Gagal.....	4
D. Konsep 2E + I K3 Untuk Pencegahan Kecelakaan.....	4
E. Budaya K3 Unggul.....	4
Rangkuman.....	6
Formatif.....	6
Tindak Lanjut.....	6

### **BAB II PERUNDANG-UNDANGAN DALAM K3**

Pendahuluan.....	7
A. Umum.....	7
B. Undang-Undang No.1 Tahun 1970.....	10
C. Undang-Undang Kecelakaan (1947-1951).....	22
Rangkuman.....	23
Formatif.....	23
Tindak Lanjut.....	23

### **BAB III KEBIJAKAN KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA**

Pendahuluan.....	24
A. Pengertian Dan Tujuan Keselamatan dan Kesehatan Kerja	24
B. Kebijakan Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja Di Era Global .....	25
Rangkuman.....	27
Formatif.....	27
Tindak Lanjut.....	27

#### **BAB IV ILMU YANG TERKAIT DENGAN KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (K3) BIDANG TEKNIK MESIN DAN PENJELASANNYA**

Pendahuluan.....	28
A. Kaitan Ilmu Ergonomi Dengan K3 Bidang Teknik Mesin.....	29
B. Kaitan Ilmu Kedokteran Dengan K3 Bidang Teknik Mesin.....	35
C. Kaitan Ilmu Gizi Dengan K3 Bidang Teknik Mesin.....	36
D. Kaitan Ilmu Fisika Dengan K3 Bidang Teknik Mesin.....	41
E. Kaitan Ilmu Kimia Dengan K3 Bidang Teknik Mesin.....	46
F. Kaitan Ilmu Teknik Dengan K3 Bidang Teknik Mesin.....	48
Rangkuman.....	49
Formatif.....	49
Tindak Lanjut.....	49

#### **BAB V KECELAKAAN AKIBAT KERJA DAN PENCEGAHANNYA**

Pendahuluan.....	50
A. Pembatasan.....	50
B. Kerugian-Kerugian Yang Disebabkan Kecelakaan Akibat Kerja.....	51
C. Kebijakan Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja.....	
D. Klasifikasi Kecelakaan Akibat Kerja.....	52
E. Sebab-Sebab Kecelakaan dan Analisisanya.....	54
F. Pencegahan.....	57
Rangkuman.....	58
Formatif.....	59
Tindak Lanjut.....	59

#### **BAB VI FAKTOR-FAKTOR YANG MENGANCAM KESELAMATAN DAN KESEHATAN DALAM BEKERJA**

Pendahuluan.....	60
A. Faktor Fisik.....	60
B. Faktor Kimia.....	71
C. Faktor Biologis.....	83
D. Faktor Psikologis.....	85
E. Faktor Fisiologis.....	85
Rangkuman.....	85

Formatif.....	86
Tindak Lanjut.....	86

## **BAB VII KESELAMATAN KERJA BIDANG KEBAKARAN**

Pendahuluan .....	87
A. Teori Terjadi Api Atau Kebakaran.....	87
B. Bahaya Kebakaran.....	94
C. Klasifikasi Kebakaran.....	97
D. Zat-Zat Yang Mudah Terbakar.....	99
E. Bahan-Bahan Yang Dapat Meledak.....	101
F. Teknik Pemadaman.....	104
G. Pengenalan dan Penggunaan Peralatan Pemadam Kebakaran	106
H. Pencegahan dan Penanggulangan Kebakaran.....	121
Rangkuman.....	126
Formatif.....	127
Tindak Lanjut.....	127

## **BAB VIII KESELAMATAN PERALATAN BERBAHAYA DI INDUSTRI**

Pendahuluan .....	128
A. Pesawat Ketel Uap.....	129
B. Pesawat Asetilen.....	139
C. Peralatan Las.....	144
D. Peralatan Gerinda.....	162
E. Peralatan Mesin Frais.....	171
F. Peralatan Mesin Bubut.....	174
G. Pengaman Mesin-Mesin dan Alat Mekanik.....	190
Rangkuman.....	191
Formatif.....	192
Tindak Lanjut.....	192

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>193</b>
-----------------------------	------------



# **BUKU AJAR**

## **KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (K3)**



**UTAMAKAN  
KESELAMATAN & KESEHATAN KERJA**



Oleh:

**I.PARSAORAN TAMBA.,SPd.,ST.,MKes**

**LEMBAGA PEMBINAAN  
PENGEMBANGAN DAN PENDIDIKAN  
AKTIVITAS INTRUKSIONAL (LP3AI)  
UNIVERSITAS NEGERI MANADO  
TAHUN 2017**

## **KATA PENGANTAR**

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat Limpah dan Kasih sayangNya penulis dapat menyelesaikan buku ajar Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3).

Buku ajar ini disusun dalam memenuhi kebutuhan mahasiswa semester VI Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Manado, karena buku pegangan untuk perkuliahan maupun pekerjaan-pekerjaan di lapangan yang pada saat sekarang jumlahnya masih sangat terbatas. Diharapkan dengan buku ajar ini akan memudahkan mahasiswa untuk mempelajari secara khusus tentang dasar-dasar keselamatan dan kesehatan kerja dalam bidang teknik mesin. Dalam penyelesaian buku ajar ini penulis mengambil dari berbagai sumber buku, yang disesuaikan materinya dengan peraturan yang berlaku di Indonesia, sehingga buku ajar ini dapat dijadikan pegangan sesuai dengan fungsinya.

Penulis telah berusaha dengan segala kemampuan untuk menyelesaikan buku ajar ini sebaik mungkin, namun keberhasilan dari buku ajar ini hanya pembacalah yang dapat menilainya, oleh karena itu saran dan kritik membangun dari pembaca sekalian dari kekurangan dalam penyajiannya baik segi format maupun penulisannya, yang penulis harapkan guna lebih sempurnanya buku ajar ini.

Ucapan terima kasih yang tak terhingga penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, masukkan, kritik dan saran yang sangat berharga terhadap terwujudnya buku ajar ini dengan baik. Dan tak pula penulis sampaikan terima kasih kepada Lembaga Pembinaan Pengembangan dan Pendidikan (LP3) yang memberi kesempatan dan dukungan untuk program dalam penyusunan buku ajar ini. Semoga buku ajar ini dapat dipergunakan sekedar bekal tambahan dalam pengabdian diri bagi Nusa dan Bangsa. Selamat belajar semoga bermanfaat.

Manado,  
Penulis

2017

**LEMBAR PENGESAHAN  
LAPORAN PENULISAN BUKU AJAR**

1	Judul Kegiatan	Penulisan Buku Ajar Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)
2	Ketua Pelaksana a. Nama lengkap b. NIP c. Jenis Kelamin d. Pangkat, Golongan/TMT e. Jabatan Struktural f. Jabatan Fungsional g. Fakultas / Jurusan h. Unit Kerja i. E-mail	I.Parsaoran Tamba.,SPd.,ST.,MKes 196810231994031002 Laki-Laki Penata, IIIId / 2015 Ketua Jurusan PTM Lektor Kepala Fatek/Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Manado tamsalip@yahoo.com
3	Biaya	Rp. 15.0000.000 (Lima Belas Juta Rupiah)
4	Sumber biaya	Dana PNBP Unima Tahun 2017
5	Staf Administrasi	1 ( Satu ) Orang
6	Jangka Waktu Pelaksanaan	4 Bulan

Tondano, 2017

Pelaksana,

**I.Parsaoran Tamba.,SPd.,ST.,MKes**  
NIP. 196810231994031002

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik UNIMA

Menyetujui,  
Ketua LP3AI UNIMA

**Prof. Dr. H. Sumual, M.Si**  
NIP. 19571026 198203 1 002

**Dr. Icdhar Domu.,MSi**  
NIP. 196302261987031001

## **TINJAUAN MATA KULIAH**

### **A. Deskripsi Mata Kuliah**

Tujuan yang diharapkan dari mata kuliah ini adalah agar mahasiswa memiliki pengetahuan dan kemampuan kemampuan untuk menerapkan prinsip dasar keselamatan dan kesehatan kerja sesuai standart nasional maupun internasional. Untuk memiliki pengetahuan K3 sesuai standard nasional maupun internasional materi yang dipelajari berupa 1)seputar mengenai K3, 2)perundang-undangan dalam K3, 3)kebijakan K3, 4)ilmu yang terkait dengan K3 bidang teknik mesin dan penjelasannya, 5)kecelakaan akibat kerja dan pencegahannya, 6)faktor-faktor yang mengancam K3 dalam bekerja, 7)keselamatan kerja bidang kebakaran, dan 8)keselamatan peralatan berbahaya di industri

### **B. Tujuan Mata Kuliah**

Tujuan yang diharapkan dari mata kuliah ini adalah agar mahasiswa memiliki pengetahuan dan kemampuan untuk menerapkan prinsip dasar keselamatan dan kesehatan kerja bidang teknik mesin sesuai standart nasional maupun internasional.