

### **3.3 KEJADIAN YANG BISA DICEGAH DENGAN PELATIHAN LEBIH BAIK**

Seperti yang akan kita lihat, sangat sering bukannya kurang latihan canggih yang menyebabkan kejadian tetapi hanya karena mengabaikan pengetahuan dasar tentang pekerjaan atau sifat dasar bahan dan peralatan yang ditangani.

#### **3.3.1 Bacaan Diabaikan**

Banyak kejadian terjadi karena operator berpikir pekerjaan mereka hanya menuliskan bacaan instrumen dan kemudian tak melakukan apapun.

(a) Pengendali temperatur di dasar kolom distilasi rusak pada jam 5 pagi dan menunjukkan garis lurus. Ini tak disadari. Selama tujuh jam berikutnya bacaan berikut menjadi tak normal:

1. Enam temperatur nampun (satu nampun naik dari 145°C menjadi 255°C)
2. Ketinggian cairan di dasar kolom (rendah)
3. Ketinggian cairan di drum refluks (tinggi)
4. Laju aliran dari drum refluks (tinggi)

Kebanyakan dari parameter ini dicatat di panel. Semua dituliskan operator di kertas pencatat.

Akhirnya, pada jam 12 malam, drum refluks kepenuhan, dan ada rembesan minyak bisa-terbakar. Dari jam 7 pagi dan selanjutnya, karyawan yang sedang dilatih bertindak sebagai operator, namun operator kepala juga di sana, dan mandor mendatangi ruang kendali dari waktu ke waktu.

(b) Bagian 2.5 (a) menjelaskan bagaimana tangki penyimpanan etilena cair bertekanan-rendah pecah ketika pipa ventilasi tersumbat es. Selama 11 jam sebelum pecah, penunjuk tekanan tangki menunjukkan 0,13 bar (2 psi). Tekanan ini di atas setting keran pelepas (tekanan gauge 0,1 bar, atau 1,5 psi) dan penunjuk ini mentok hingga batas teratas. Operator menuliskan bacaan ini ke kertas pencatat tanpa melakukan tindakan apapun, bahkan tidak memberitahukannya ke mandor atau manajer saat mereka mendatangi ruang kendali [2]. Bagian 8.1.6 menceritakan kejadian serupa.

(c) Pengaman dan badan suatu keran governor pada sebuah mesin berpengerak kukus cerai-berai dengan suara menggelegar, menebarkan sebagian logam ke lantai. Untung tak ada yang terluka. Didapati tekanan minyak pelumas hanya 0,5 bar (8 psi) bukannya 1,7

bar (25 psi) selama paling tidak “beberapa bulan.” Pada kasus ini tekanan tidak ditulis di kertas pencatat.

- (d) Instrumen pengukur dan alarem ketinggian cairan sebuah tangki rusak, sehingga tangki diukur dengan cara pencelupan pada setiap giliran jaga. Saat pabrik mati, operator berhenti melakukan pengukuran. Pabrik pemasok umpan tidak mati. Pabrik ini terus memasok umpan ke tangki umpan sampai luber. Pada kasus ini bacaan bukan hanya diabaikan tapi malah tak dilakukan. Ada beberapa kesalahan pada kertas pencatat persediaan, dan tangki penuh lebih cepat dari perkiraan. Bagaimanapun, jika operator tetap mengukur tangki pada setiap giliran jaga, kesalahan ini bisa diketahui sebelum tangki luber.

Bagaimana kita dapat mencegah kecelakaan serupa terjadi lagi?

1. Dalam pelatihan operator pertegas bahwa operator harus melakukan tindakan terhadap bacaan tak normal, bukan hanya mencatatnya. Yakinkan mereka tahu tindakan yang harus dilakukan.
2. Tandai merah batas kendali pada kertas pencatat. Jika bacaan di luar batas ini, tindakan harus dilakukan.
3. Terus mencatat bacaan tertentu, seperti ketinggian cairan tangki, meskipun pabrik mati. Ketinggian tangki seharusnya tetap, jika naik atau turun harus dicari penyebabnya.

### **3.3.2 Peringatan Diabaikan**

Jika terdengar alarem, banyak operator terlalu sigap untuk menganggap itu alarem yang salah. Maka mereka mengabaikannya atau memanggil mekanik instrumentasi. Pada saat mekanik menyatakan bahwa alarem itu benar, sudah terlambat. Sebagai contoh:

- (a) Selama giliran jaga pagi, operator melihat bahwa ketinggian tangki turun lebih cepat dari biasanya. Dia melaporkan peralatan instrumen itu rusak dan meminta mekanik instrumen mengeceknya. Baru sorenya mekanik bisa melakukan pengecekan. Dia melaporkan instrumen itu benar. Operator kemudian melihat ke sekitar tangki dan mendapati keran penguras bocor. Sepuluh ton bahan telah lenyap.
- (b) Setelah membuat beberapa modifikasi pada pompa, pompa ini kemudian digunakan untuk memindahkan cairan. Saat pemindahan cairan selesai, operator memencet tombol Stop di panel pengendali dan melihat lampu Pompa Berjalan padam. Dia juga menutup keran keluaran pompa dengan operasi jarak jauh.

Beberapa jam kemudian, alarem temperatur-tinggi pompa terdengar. Karena operator ini telah mematikan pompa dan melihat lampu Pompa Berjalan padam, maka dia menganggap alarem ini salah dan mengabaikannya. Segera setelah itu ledakan terjadi dalam pompa.

Saat pompa dimodifikasi, kesalahan terjadi pada sirkuit kabel. Sebagai akibatnya, memencet tombol Stop tidak mematikan pompa melainkan hanya memadamkan lampu Pompa Berjalan. Pompa terus berjalan meskipun keran keluaran tertutup, kepanasan, dan bahan di dalamnya terurai dan meledak.

Pelatihan operator harus menitikberatkan pentingnya menindaklanjuti alarem. *Alarem mungkin benar!* Jika operator mengabaikan alarem, mungkin disebabkan pengalaman mengajarkannya bahwa alarem itu tak layak dipercaya. Apakah alarem di pabrikmu dipelihara dengan baik (lihat juga Bagian 17.10)?

- (c) Sebuah mobil mainan di sebuah taman bermain bermasalah. Sistem mematikan mobil secara otomatis. Operator tidak melihat adanya masalah pada mobil yang mogok itu, dia menganggap mobil mati karena kesalahan sistem, dan menjalankan kembali mobil dengan kunci khusus. Terjadi beberapa tabrakan, dan enam orang terluka. Perusahaan didenda, karena sertifikat pelatihan sang operator bertuliskan “sangat tidak mampu” [8].
- (d) Sebuah pemercepat sinar elektron, digunakan pada pasien kanker, rusak. Setelah diperbaiki, penunjuk tingkat-energi menunjukkan 36 MeV saat kunci pilihan tingkat-energi diposisikan rendah. Operator menyimpulkan jarum penunjuk tak bisa bergerak pada 36 MeV tapi tetap menggunakannya.

Jarum penunjuk bekerja baik. Mesin mengeluarkan 36 MeV berapapun tingkat energi diposisikan, jadi beberapa pasien menerima tiga hingga tujuh kali lebih banyak radiasi daripada yang diresepkan dokter. Sinar menjadi lebih sempit daripada seharusnya, dan radiasi menjadi lebih dalam.

Apa yang salah? Selain karena operator mengabaikan peringatan, beberapa kesalahan lain dibuat:

- Perbaikan itu adalah pekerjaan merusak walaupun tak jelas apakah si tukang perbaikan tak mengetahui apa yang harus dilakukan atau karena gegabah melakukan perbaikan.
- Anggota staf pelayanan fisika rumah sakit seharusnya memeriksa, setelah perbaikan, bahwa pilihan tingkat energi cocok dengan penunjukan tingkat energi. Mereka tak melakukannya, karena tak seorang pun mengatakan ke mereka ada perbaikan itu.
- Bagian layanan fisika juga seharusnya melakukan pengecekan rutin setiap hari, namun karena hanya sedikit kesalahan ditemukan, jika memang ada, maka jangka waktu pengecekan dinaikkan menjadi sebulan. Saya ragu apakah ada orang yang menghitung fractional dead time atau tingkat bahaya; laporan tak mengatakannya.
- Perbedaan antara pilihan tingkat energi dan tingkat energi yang ditunjukkan semestinya mematikan mesin. Namun, sistem saling-

kunci ini mudah dibypass dengan merubahnya dari kendali otomatis ke manual [9].

Kecelakaan ini bukanlah hanya akibat kesalahan operasi, perbaikan, atau anggota staf fisika. Mereka telah sering melakukan sesuatu yang salah, tapi tak seorang pun melihatnya (atau jika pun mereka melihatnya mereka tak melakukan apapun). Ini adalah kesalahan manusia yang biasa terjadi. Banyak orang yang melakukan kesalahan, banyak hal salah, maka tak adil untuk meletakkan kesalahan hanya pada orang yang terakhir melakukannya.

### **3.3.3 Mengabaikan Bahaya**

Bagian ini menyajikan sejumlah kecelakaan yang terjadi karena pengabaian sifat paling dasar bahan atau peralatan.

(a) Seseorang memerlukan bensin untuk peralatan kebersihan memutuskan mengambilnya dari tangki sebuah mobil perusahaan. Dia memasukkan sepotong selang plastik kecil ke dalam tangki bensin. Kemudian, mengisi selang dan mulai mengambil bensin, dia memegang selang pada sambungan masuk ke sebuah pembersih vakum untuk industri.

Bensin tersambar api. Dua kendaraan hancur dan sebelas rusak. Ini terjadi di cabang sebuah perusahaan besar, bukan perusahaan kecil.

(b) Sebuah pendingin baru diuji-tekan memakai pompa air berpengerak udara-tekan. Sebuah sumbat melayang, melukai dua orang di tempat kerja itu. Setelah itu diketahui bahwa penunjuk tekanan dipasang pada pasokan udara bukannya pada pendingin. Tekanan jauh melebihi tekanan uji.

(c) Operator harus mengosongkan beberapa truk tangki secara gravitasi. Dia diberi perintah:

1. Buka keran di atas tangki.
2. Buka keran penguras.
3. Jika tangki kosong, tutup keran di atas tangki.

Dia sudah memanjat ke atas tangki dua kali. Maka dia memutuskan untuk menutup ventilasi sebelum tangki kosong. Dia terkejut, tangki kempot.

(d) Pada suatu pabrik ditemukan pegawai kontraktor menggunakan tabung las untuk mengisi ban. Obor las cocok sekali dengan pentil ban.

### **3.3.4 Mengabaikan Prinsip Ilmiah**

Kecelakaan berikut berbeda dari yang sebelumnya karena dalam kasus ini operator, meskipun ahli, namun dia tak memahami prinsip ilmiah yang terjadi.

- (a) Produk limbah harus dilarutkan dalam metanol. Prosedur yang benar adalah masukkan limbah ke bejana kosong, tutup, keluarkan udara, masukkan nitrogen untuk memecahkan vakum, dan tambahkan metanol. Bila limbah telah larut, larutan dipindah ke bejana lain, bejana pelarutan kemudian dibuat berudara kosong lagi, dan nitrogen dimasukkan untuk memecah vakum.

Jika prosedur ini diikuti, kebakaran atau ledakan tak mungkin terjadi karena udara dan metanol tak pernah bercampur dalam bejana. Namun, untuk mengurangi beban kerja, operator menambahkan metanol begitu limbah ada dalam bejana, tanpa disibukkan untuk membuang udara atau menambahkan nitrogen. Jelaslah, kebakaran terjadi, dan satu orang terluka. Seperti sering terjadi, sumber api tak pernah diketahui.

Sangat gampang mengatakan bahwa kebakaran terjadi karena operator tidak mengikuti aturan. Tetapi kenapa mereka tidak mengikuti aturan? Mungkin karena mereka tak mengerti bahwa jika udara dan uap bisa-terbakar bercampur, sebuah ledakan mungkin terjadi dan bahwa kita tidak dapat hanya bergantung dengan menghilangkan segala sumber api. Mengutip laporan resmi, pada kecelakaan serupa, "Kami merasa bahwa tingkat kepedulian operator akan bahaya yang mungkin mereka harus hadapi tidak meningkat sebanding dengan peningkatan tingkat tanggung jawab pribadi yang dilimpahkan pada mereka" [3]. Juga, manajer seharusnya memeriksa dari waktu ke waktu bahwa prosedur benar-benar telah diikuti.

- (b) Pengelasan harus dilakukan di tempat dekat atap tangki penyimpanan yang berisi cairan bisa-terbakar mudah menguap. Ada pipa ventilasi di atap tangki, dilindungi oleh sebuah penyekat nyala. Uap keluar dari ventilasi ini mungkin menyala oleh pengelasan. Namun mandor kemudian memasang selang ke ujung pipa ventilasi. Ujung lain selang diletakkan di permukaan tanah sehingga sekarang uap keluar di permukaan tanah.

Cairan dalam tangki dapat larut dalam air. Sebagai persiapan keselamatan tambahan, si mandor memasukkan ujung selang itu ke dalam drum berisi air. Ketika tangki dikosongkan, mula-mula air naik ke atas selang, dan kemudian tangki kempot. Tangki ini, seperti kebanyakan tangki lain seperti ini, dirancang hanya untuk vakum 8 cm kolom air (0,1 psi atau 0,6 kPa) dan akan kempot jika vakum sekitar 15 cm kolom air (atau 0,2 psi atau 1,5 kPa).

Jika tangki diisi bukannya dikosongkan, tangki mungkin pecah. Karena tangki hanya dirancang pada 20 cm tinggi air (0,3 psi atau 2 kPa) dan akan pecah pada sekitar tiga kali tekanan ini. Apakah tangki

pecah atau tidak tergantung pada dalamnya ujung selang masuk ke air.

Kecelakaan ini terjadi karena mandor, meskipun dia sangat berpengalaman, tak mengerti bagaimana sistem bejana berhubungan bekerja. Dia tak mengira tangki penyimpanan sebegitu rapuh seperti juga kebanyakan tangki (*lihat juga* Bagian 5.3).

- (c) Keran pengurusan darurat pada suatu pabrik dioperasikan secara hidrolik dan dijaga tetap tertutup dengan tekanan minyak. Suatu hari keran terbuka, sehingga tekanan dalam pabrik hilang. Setelah itu didapati bahwa mandor (tanpa sepengetahuan manajer), bahkan bertentangan dengan perintahnya, menutup keran pemasok minyak “pada keadaan tekanan di sistem minyak gagal,” keadaan yang sangat jarang terjadi dan kemungkinan besar tekanan minyak akan bocor menghilang melalui sistem isolasi.

Kejadian yang terjadi karena pekerja perawatan tak mengerti bagaimana sesuatu bekerja atau bagaimana sesuatu dibuat diceritakan pada Bagian 1.5.4.

### **3.3.5 Salah Diagnosa**

- (a) Kecelakaan yang diceritakan di Bagian 3.2.8 adalah contoh bagus tentang kesalahan diagnosa.

Operator benar mendiagnosa kenaikan tekanan dalam reaktor karena gagalnya etilena oksida bereaksi. Dia berkesimpulan penunjuk temperatur mungkin sudah cukup tinggi namun masih terlalu rendah untuk memulai reaksi atau karena suatu hal reaksi sulit untuk mulai terjadi dan tambahan sedikit panas diperlukan. Maka kemudian diapun menaikkan pengatur temperatur sistem saling-kunci dan membiarkan temperatur naik.

Diagnosanya meskipun salah tapi tidak tak masuk akal. Namun, saat mendiagnosa dia terjebak pikirannya sendiri. Dan dia terpaku pada kesimpulan ini meskipun bukti kejadian selanjutnya tak mendukung diagnosanya. Temperatur naik, namun tekanan tak turun. Bukannya berusaha mencari penjelasan lain atau menghentikan tambahan etilena oksida, dia terus menaikkan temperatur dan terus melakukan itu hingga mencapai 200°C sedangkan biasanya cuma 120°C. Lama kemudian dia baru menyadari diagnosanya mungkin tak benar.

Dalam hal terjebak pikiran, operator ini berkelakuan sama seperti kebanyakan kita. Jika kita pikir kita telah menemukan jawaban suatu masalah, kita menjadi terpaku pada teori kita sehingga kita menutup mata akan kenyataan lain yang tak mendukung. Kursus dan latihan khusus mengenai keahlian mendiagnosa mungkin bisa mengurangi kesalahan seperti yang dilakukan operator ini.

Duncan dkk [4] menjelaskan satu cara. Bacaan tak normal ditandai pada gambar panel kendali (atau layar simulasi). Operator diminta mendiagnosa alasan kenapa ini terjadi dan mengatakan tindakan yang harus dia lakukan. Masalah dibuat bertahap makin sulit.

- (b) Kejadian di Pulau Three Mile tahun 1979 memberikan contoh lain kesalahan diagnosa [5]. Ada beberapa penunjuk yang memperlihatkan ketinggian cairan di sirkuit air utama adalah rendah, namun dua instrumen menunjukkan tinggi. Operator percaya dua bacaan ini dan mengabaikan yang lainnya. Pelatihan menitikberatkan bahaya jika terlalu banyak air dan tindakan yang harus diambil namun tak ada diskusi apa yang harus dilakukan jika terlalu sedikit air dalam sistem.

Untuk contoh kejadian lain yang disebabkan kesalahan manusia dan diskusi tentang tanggung jawab, lihat Rujukan 6.