

1.1 ISOLASI

1.1.1 Gagal Mengisolasi

Sebuah pompa sedang dipreteli untuk perbaikan. Ketika tutupnya dibuka, minyak panas di atas temperatur nyala-otomatis, menyembur dan terbakar. Tiga orang terbunuh, dan pabrik musnah. Penyelidikan terhadap reruntuhan pabrik setelah kebakaran mendapati keran masuk pompa terbuka dan keran penguras tertutup [3].

Pompa itu sudah menunggu beberapa hari untuk perbaikan saat izin kerja dikeluarkan pada jam 8 pagi di hari naas itu. Mandor yang mengeluarkan izin kerja seharusnya memastikan keran masuk pompa tertutup dan keran penguras terbuka. Dia mengatakan pengecekan sudah dilakukan. Mungkin dia tidak jujur atau setelah dia mengecek dan sebelum pekerjaan dimulai, seseorang telah menutup keran penguras dan membuka keran masuk. Bila keran tersebut ditutup, tidak ada tanda pada keran itu yang menunjukkan bahwa keran sudah tertutup. Seorang operator mungkin telah membuka keran masuk dan menutup keran penguras sehingga pompa bisa cepat dijalankan lagi saat diperlukan.

Faktor yang membingungkan lainnya adalah bahwa pada awalnya, dengan berbagai pertimbangan, tim perawatan akan bekerja di bagian bearing pompa saja. Kemudian ditemukan bahwa mereka harus membuka pompa juga, mereka memberitahukannya ke tim proses, namun tidak ada pengecekan kondisi isolasi lagi.

Di perusahaan ini, tidak biasa untuk memakai pelat-sisip¹⁶ pada isolasi perbaikan alat, cukup dengan menutup keran. Tetapi setelah kebakaran itu, perusahaan mengeluarkan peraturan berikut:

- (a) Peralatan yang diperbaiki harus diisolasi dengan pelat-sisip (pelat-buta atau pelat-8¹⁷) atau diputus secara fisik, kecuali perbaikan tersebut akan berlangsung cepat sehingga pemasangan pelat-sisip (pemutusan pipa) akan memakan waktu sama lamanya dengan pekerjaan utama dan menjadi berbahaya. Jika pekerjaan panas akan dilakukan atau suatu tangki harus dimasuki, maka pelat-sisip atau pemutusan fisik harus selalu dilakukan.
- (b) Keran pengisolasi peralatan yang diperbaiki, termasuk keran yang harus ditutup saat pemasangan pelat-sisip (atau pemutusan pipa), harus ditutup, dirantai dan digembok atau sejenisnya. Tidak cukup hanya dengan memasang label pada keran tersebut.
- (c) Untuk fluida bertekanan gauge di atas 40 bar (600 psi) atau pada temperatur mendekati atau di atas titik nyala-otomatis, harus memakai keran ganda dan ventilasi, ini bukan dimaksudkan sebagai isolasi

¹⁶ Slip-blind

¹⁷ Figure-8 plate

utama tetapi untuk memastikan keselamatan saat pemasangan pelat-sisip (Gambar 1-1).

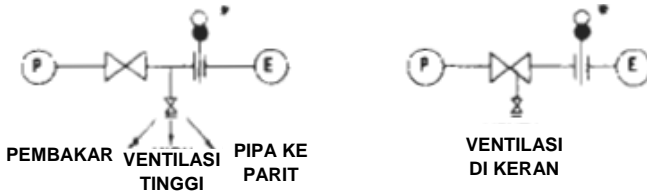
- (d) Jika ada perubahan cakupan pekerjaan, izin kerja menjadi tidak berlaku dan izin baru harus dikeluarkan.

Kecelakaan serupa namun lebih parah terjadi di pabrik polietilena tahun 1989. Sebuah pipa cabang dipreteli untuk membersihkan mampet. Keran 8-in yang mengisolasi pipa cabang ini dari pipa reaktor (keran Demco pada Gambar 1-2) terbuka, dan etilena panas bertekanan menyembur dan meledak, membunuh 23 orang, melukai lebih dari 130 orang, dan mengakibatkan kerusakan parah. Potongan pabrik melayang hingga sepuluh km, dan kebakaran yang terjadi mengakibatkan dua tangki gas petroleum dicairkan menjadi pecah.

JENIS A UNTUK FLUIDA BERISKO-RENDAH

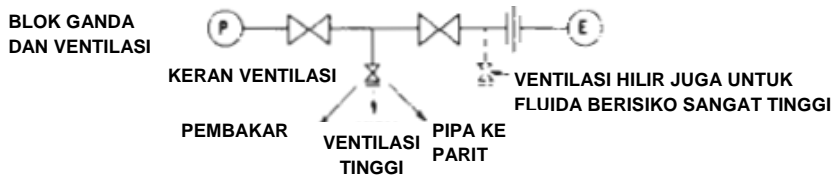


JENIS B UNTUK FLUIDA BERBAHAYA DENGAN VENTILASI PENGECEK ISOLASI

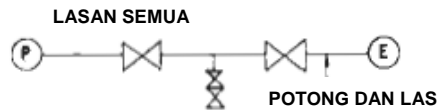


PILIHAN ARAH ALIRAN SESUAI BAHAYANYA

JENIS C UNTUK TEKANAN TINGGI (> 40 BAR) DAN/ATAU TEMPERATUR TINGGI ATAU UNTUK FLUIDA YANG DIKETAHUI MEMILIKI MASALAH ISOLASI



JENIS D UNTUK KUKUS DI ATAS 40 BAR



- E = PERALATAN YANG DIRAWAT
- P= PABRIK BERTEKANAN
- * = PELAT ATAU CINCIN MENURUT KEPERLUAN

Gambar 1-1. Kesimpulan cara isolasi.

Keran tersebut dioperasikan memakai udara-tekan, dengan dua selang udara, satu untuk membuka dan satu untuk menutup, dipasang terbalik. Kedua sambungan selang ini seharusnya berbeda dalam ukuran atau bentuknya sehingga tidak mungkin tertukar. Tambahan lagi, kedua selang ini tidak dicopot, dan alat pengunci pada keran yang berupa sebuah mekanikal stop, telah dilepas. Kebiasaan buruk lain yang dilakukan adalah melakukan pekerjaan pada peralatan yang diisolasi dari gas panas bertekanan yang bisa-terbakar hanya dengan satu keran. Pipa cabang ini seharusnya memakai pelat-sisip, dan seharusnya tersedia keran ganda dan

penguras sehingga pemasangan pelat-sisip bisa dilakukan dengan selamat (Gambar 1-1), [16, 17].

Ada kemiripan lain pada kecelakaan ini dengan kecelakaan pertama. Dalam kasus ini peralatan juga harus disiapkan untuk perbaikan dan telah menunggu beberapa hari hingga tim perawatan bisa bekerja. Selama menunggu ini, saluran udara dipasang lagi, sistem pengunci, dan keran isolasi dibuka.

Pada kedua kecelakaan, prosedurnya buruk dan tidak diikuti. Kelihatannya kecelakaan ini bukan yang pertama terjadi. Jika manajer membuka matanya, mereka mungkin telah melihat bahwa prosedur tidak dijalankan.

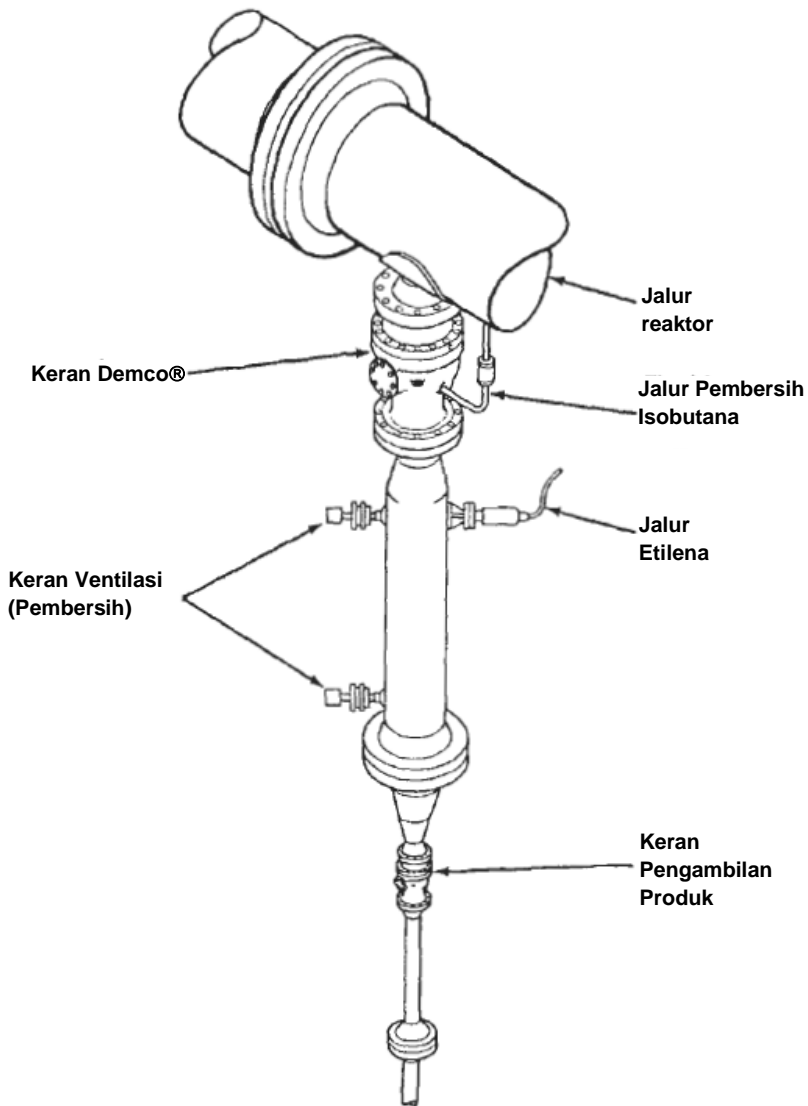
Ledakan dan kebakaran di anjungan minyak Piper Alpha tahun 1988 di laut Utara, yang membunuh 163 orang, juga disebabkan isolasi yang buruk. Sebuah keran penyelamat¹⁸ dilepas untuk pengecekan dan ujung pipa ditutup dengan pelat. Grup lain datang, tidak tahu keran penyelamat sudah dilepas, mereka menjalankan pompa. Pelat kemungkinan tidak dipasang sempurna, dan minyak ringan bocor kemudian meledak di daerah proses yang agak tertutup. Laporan resmi [18] menyimpulkan ‘...bahwa pekerja operasional tidak mematuhi prosedur tertulis; dan bahwa prosedur itu dengan sengaja dan nyata-nyata diabaikan.’ Nyawa yang hilang di Piper Alpha lebih besar dari kedua kejadian pertama karena anjungan minyak sangat padat dan sulit untuk melarikan diri.

Bagian 18.1 memaparkan beberapa kecelakaan serupa.

1.1.2 Isolasi Dilepas Terlalu Dini

Sebuah kompresor etilena dimatikan untuk perawatan dan diisolasi dengan benar memakai pelat-sisip. Ketika perbaikan selesai, pelat-sisip dilepas sebelum mesin diuji-coba. Saat uji-coba, sebagian etilena bocor melalui keran isolasi yang masih tertutup dan masuk ke dalam mesin. Campuran etilena/udara menyala, mungkin karena panas setempat di mesin atau oleh asetelida tembaga pada gasket keran tembaga. Kompresor rusak parah.

¹⁸ Safety valve



Gambar 1-2. Cabang pengambilan produk dipreteli dan keran Demco terbuka. (Ilustrasi milik Departemen Pekerja A.S.)

Isolasi seharusnya tidak dilepas sampai pekerjaan selesai. Kebiasaan baik untuk mengeluarkan tiga izin kerja, satu untuk pemasangan pelat-sisip (atau pemutusan pipa), satu untuk pekerjaan utama, dan satu untuk melepas pelat-sisip (atau pemasangan kembali pipa).

Kejadian serupa terjadi di sebuah pengering padat. Sebelum pekerjaan dimulai, sebuah penutup ujung dibuka, dan pipa masuk diputus. Ketika pekerjaan selesai, penutup ujung kembali dipasang, dan pada saat yang sama pipa masuk dipasang lagi. Pekerjaan terakhir adalah memotong guide-pin pada tutup dengan gerinda. Atmosfer di luar (bukan di dalam) pengering dicek, dan tidak ada gas bisa-terbakar yang terdeteksi. Ketika

pemotongan berlangsung, ledakan terjadi dalam pengering. Sebagian pelarut telah bocor melalui pipa masuk dan kemudian mengalir ke pengering [19]. Pipa masuk semestinya jangan dipasang kembali sebelum pemotongan selesai.

1.1.3 Isolasi Tak Memadai

Sebuah reaktor disiapkan untuk perawatan dan dibersihkan. Tidak ada pengelasan, dan tidak perlu masuk ke dalam reaktor, sehingga diputuskan untuk tidak memasang pelat-sisip pada reaktor tetapi hanya dengan keran isolasi. Sebagian uap yang bisa-terbakar bocor melalui keran yang tertutup dan menyala oleh gerinda yang dipakai untuk memotong sebatang pipa yang melekat di reaktor. Tutup reaktor terbang dan membunuh dua orang. Diperkirakan 7 kg uap hidrokarbon yang menyebabkan ledakan itu.

Setelah kecelakaan, demonstrasi pemotongan dilakukan di bengkel. Didapatkan bahwa gerinda memecahkan dinding pipa, nyala kecil terjadi, dan pipanya sendiri sedikit membara merah.

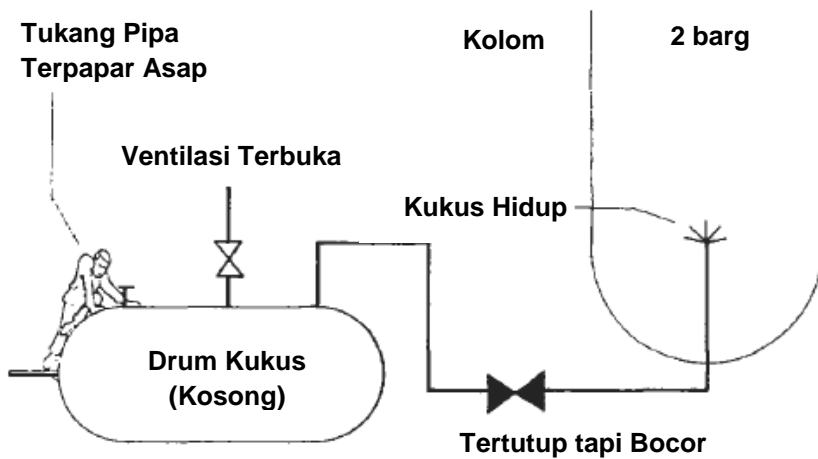
Ledakan bisa dicegah dengan isolasi reaktor dengan pelat-sisip atau pemutusan fisik. Kecelakaan ini dan kecelakaan lainnya memperlihatkan bahwa isolasi dengan keran tidaklah cukup bagus.

1.1.4 Isolasi pada Pipa yang Masih Berjalan

Seorang mekanik menghirup asap ketika bekerja pada sebuah drum kukus. Satu pipa kukus dari ketel kukus digunakan dalam sebuah kolom proses yang beroperasi pada tekanan gauge 2 bar (30 psi). Sebuah keran pada pipa ke kolom ditutup, tetapi tidak dipasang pelat-sisip. Ketika tekanan kukus dibuang, uap dari kolom mengalir balik melalui keran yang bocor ke pipa kukus (Gambar 1-3).

Biasanya prosedur perusahaan mengharuskan pelat-sisip untuk isolasi peralatan yang diperbaiki. Pada kejadian ini, pelat-sisip tidak dipakai karena ini 'hanya' pipa kukus. Sayangnya, pipa kukus dan pipa lain di pabrik rentan tercemari oleh bahan proses, terutama bila ada hubungan langsung ke peralatan proses. Pada kasus ini, peralatan yang diperbaiki seharusnya secara positif diisolasi dengan pelat-sisip atau diputus sebelum pekerjaan.

Ketika sebuah pabrik tidak digunakan, pipa air pendingin dibiarkan penuh air. Pembongkaran dimulai hampir 20 tahun kemudian. Ketika seorang mekanik memotong pipa air pendingin dengan api las, terjadi kebakaran kecil. Bakteri telah merubah kotoran dalam air, menghasilkan hidrogen dan metana [20].



Gambar 1-3. Pencemaran drum kukus oleh bahan proses.

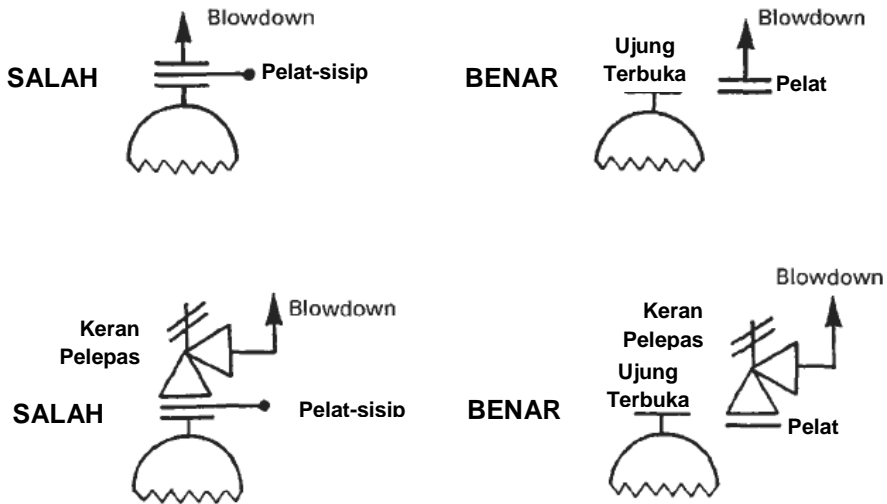
Pabrik harus dikosongkan sebelum ditinggalkan atau dibongkar. Selain bahaya yang baru saja dibahas, air dapat membeku dan memecahkan pipa (lihat Bagian 9.1.1).

Beberapa tahun yang lalu, air sungai dipakai sebagai lapisan air dalam tangki besar penimbunan minyak-tanah. Bakteri menguraikan kotoran membentuk metana, yang meledak. Seperti sering terjadi, sumber nyala tidak pernah ditemukan [21].

1.1.5 Isolasi Tidak Dilepas

Tatkala sebuah pabrik sedang berjalan, seorang operator mendapati sebuah pelat-sisip pada sebuah ventilasi tangki. Pelat-sisip dipasang untuk mengisolasi tangki dari sistem pengurasan ketika tangki dalam perawatan. Ketika perawatan selesai, pelat-sisip ini terlewatkan. Untunglah, tangki ini, sebuah tangki tua, lebih kuat dari yang dibutuhkan, kalau tidak, tentu sudah pecah.

Jika sebuah tangki perlu diisolasi dari jalur ventilasi atau jalur pengurasan, jangan dipasang pelat-sisip, tapi jika mungkin, diputuskan saja dan biarkan ventilasi tangki ke atmosfer (seperti ditunjukkan di Gambar 1-4).



Gambar 1-4. Cara benar dan salah dalam mengisolasi jalur ventilasi.

Jika pipa ventilasi merupakan bagian suatu sistem pengurusan, ujung pipa harus dipasang pelat untuk mencegah terhisapnya udara. Yakinkan bahwa pelat terpasang pada ujung sisi sistem pembakar,¹⁹ bukan sisi tangki (Gambar1-4). Perhatikan bahwa jika tangki harus dimasuki, pastikan sambungan terdekat ke tangki ditutup.

Jika jalur ventilasi terpaksa dipasang pelat-sisip karena jalurnya terlalu kaku untuk digerakkan, maka ventilasi harus dipasang pelat-sisip terakhir dan dilepas pertama. Bila semua pelat-sisip didaftar, kecil kemungkinan untuk terlewatkan.

1.1.6 Beberapa Kecelakaan Lain yang Berhubungan dengan Isolasi untuk Perawatan

- (a) Pelat-sisip yang telah terpasang berbulan-bulan, barang kali bertahun-tahun, dipakai untuk mengisolasi peralatan. Sudah berkarat (Gambar 1-5). Pelat-sisip terpasang dalam waktu lama harus dilepas dan dicek sebelum digunakan untuk isolasi perawatan. (Pelat-sisip seperti ini harus dicatat dan diperiksa setiap beberapa tahun.)
- (b) Pelat-sisip dengan ujung pendek dan masih tertinggal ketika pekerjaan selesai. Ujung harus paling kurang 130 mm panjangnya untuk pipa berdiameter hingga 6-in dan paling kurang 150 mm untuk pipa lebih besar. Pelat-8 lebih baik dari pelat-sisip. Karena posisinya sangat jelas terlihat; Pelat-8 harus digunakan pada jalur yang sering dipasang pelat-sisip. Meskipun biaya awalnya lebih tinggi, pelat-8 selalu tersedia di tempatnya, sementara pelat-sisip mudah hilang dan harus diganti yang baru.

¹⁹ Flare



Gambar 1-5. Pelat-sisip dibiarkan di tempatnya berbulan-bulan yang berkarat hingga bolong.

- (c) Sering terjadi, jalur kecil tertutup oleh insulasi, terlewatkan, dan tidak diisolasi.
- (d) Sering terjadi, pelat-sisip tipis yang digunakan menggelembung; sulit dilepaskan. Gambar 1-6 memperlihatkan pelat-sisip tipis yang dipakai pada tekanan gauge 32 bar (470 psi).

Pelat-sisip seharusnya dibuat untuk menahan tekanan yang sama dengan pipa. Namun, beberapa pabrik tua yang tidak dirancang untuk memakai pelat-sisip dengan ketebalan penuh, tidak mungkin memasang pelat-sisip tebal. Maka diperlukan suatu kompromi.

- (e) Pompa butana diisolasi untuk perbaikan dengan keran saja. Ketika dibuka, pompa beserta pipanya penuh dengan hidrat, suatu senyawa air dan butana yang berbentuk padat pada temperatur lebih tinggi dari es. Selang kukus digunakan untuk membersihkan gumpalan. Tiba-tiba terjadi kebocoran butana, yang menyala oleh sebuah tungku berjarak sekitar 40 m dan meledak. Keran masuk itu tersumbat es dan masih terbuka sekitar satu putaran [22].



Gambar 1-6. Pelat-sisip menjadi kembang oleh tekanan gauge 32 bar (470 psi).

Jika anda tidak ingin memasang pelat-sisip sebagai isolasi ganda pada keran sebelum pekerjaan perawatan, paling tidak harus ada satu keran lain di jalur yang mengandung bahan yang bisa menjadi padat dan kemudian mencair.

1.1.7 Isolasi Listrik

Bila aliran listrik telah diisolasi, kebiasaan normal untuk mengecek apakah switch telah benar-benar dikunci atau sekering sudah dilepas dengan mencoba menjalankan alat yang diisolasi. Namun ini tidaklah cukup, seperti ditunjukkan oleh kecelakaan berikut.

Pada satu kasus sirkuit yang diisolasi salah, tetapi sirkuit yang seharusnya diisolasi ternyata mati karena sumber listriknya rusak. Listrik kembali normal ketika pekerjaan sedang berlangsung. Pada kasus lain, sirkuit yang harus diisolasi adalah lampu luar. Sirkuitnya mati karena sirkuitnya diatur otomatis dengan sensor sinar [41].

Banyak kejadian tim perawatan tidak menyadari bahwa mengisolasi suatu sirkuit berarti juga mengisolasi peralatan yang masih dibutuhkan. Pada satu kasus mereka mengisolasi pita jalur pemanas²⁰ dan, tanpa sadar, juga mengisolasi kipas ventilasi. Kabel terpasang tidak sesuai gambarnya [42]. Pada kasus lain tim perawatan mengisolasi sumber listrik tanpa menyadari bahwa itu juga mengisolasi sumber listrik untuk peralatan selimut

²⁰ Heat tracing tape

nitrogen dan analizer oksigen dan alarem. Udara bocor ke unit tersebut dan tidak terdeteksi, sehingga terjadi ledakan [43].

Suatu kasus tidak biasa di mana kabel tidak sengaja disambungkan kembali ketika seorang tukang listrik menarik satu kabel, dan dia berada dekat kotak sambungan listrik itu. Dia pikir dia yang menarik kabel itu hingga terlepas, jadi dia menyambungkannya kembali, padahal kabel itu memang sengaja dilepas untuk isolasi [41].