

1.5 MUTU PERAWATAN

Banyak kejadian terjadi karena pekerjaan perawatan tidak dilakukan sesuai dengan petunjuk (sering tertulis) tentang kebiasaan teknis yang benar, seperti ditunjukkan kecelakaan berikut dan Bagian 10.4.5.

1.5.1 Melepas Sambungan dengan Benar dan Salah

- (a) Salah satu penyebab kebakaran yang diceritakan di Bagian 1.1.1 adalah karena melepas sambungan dengan tidak benar. Tukang pipa melepas seluruh baut dari tutup pompa dan kemudian memakai perkakas untuk mencungkil tutup itu, yang melekat rapat pada pompa. Tutup terbuka tiba-tiba, diikuti aliran minyak panas.

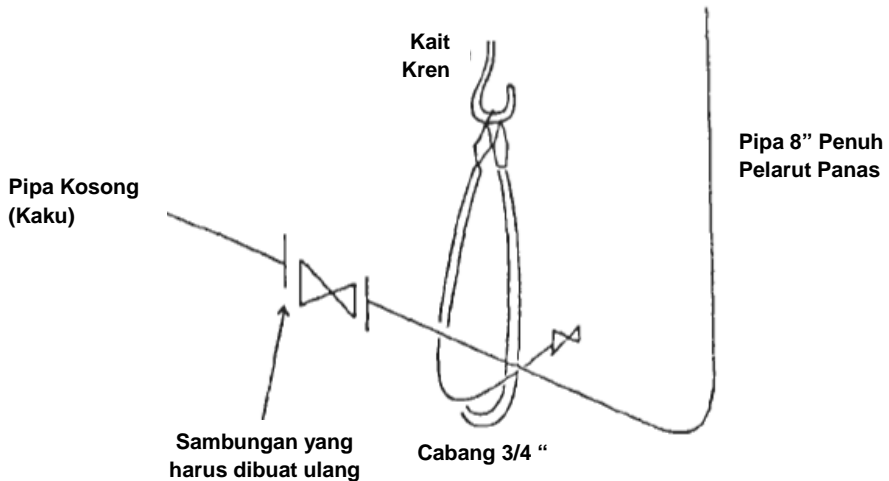
Cara yang benar untuk melepas sambungan adalah dengan mengendorkan baut terjauh darimu dan kemudian cungkil sambungan hingga terpisah, bila perlu menggunakan perkakas. Jika ada cairan atau gas bertekanan, maka tekanan bisa keluar perlahan atau sambungan bisa dikencangkan kembali.

- (b) Kecelakaan lain sebagai akibat persiapan buruk dan pekerjaan jelek. Sebuah keran akan diganti. Keran di kedua ujung ditutup, dan keran penguras di antaranya dibuka. Aliran pada keran penguras menunjukkan salah satu keran isolasi bocor, sehingga keran penguras ditutup kembali dan pesan dibuat untuk pekerja giliran jaga berikutnya, untuk membuka keran penguras sebelum pekerjaan dimulai. Tak ada yang ditulis di izin kerja. Pesan tidak sampai: keran penguras tak dibuka, dan tukang pipa membuka sambungan dengan salah, melepas semua baut. Sambungan tiba-tiba menganga, dan si tukang pipa terluka di kepala yang membuatnya cacat seumur hidup [37].
- (c) Bukan cuma minyak bisa-terbakar yang bisa menyebabkan kecelakaan. Pada kecelakaan lain dua pekerja terbakar hebat saat melepas tutup sebuah keran besar pada jalur air panas, meskipun tekanan gauge hanya 0,023 bar (0,33 psi atau 23 cm kolom air). Mereka melepas semua baut, mengaitkan tutup pada pengerek, dan mencoba mengangkatnya. Untuk melepaskan penutup mereka mencoba menggoyangkannya. Tutup tersebut tiba-tiba terbuka, sehingga air panas mengalir ke kaki para pekerja.

1.5.2 Memakai Tenaga Berlebihan

Sambungan pada jalur 8-in berisi pelarut panas harus dibuat ulang. Ada cabang berupa jalur $\frac{3}{4}$ -in. Kebetulan ada kren di pabrik, jadi diputuskan memakai kren untuk mengangkat jalur ini sedikit. Kain pengangkat menarik cabang $\frac{3}{4}$ -in dan kemudian mematahkannya (Gambar 1-11).

Menggunakan kren untuk pekerjaan seperti ini dengan jalur penuh bahan proses bukanlah ide yang baik. Untunglah uap yang bocor tak terbakar, meskipun di dekatnya air sedang dipompa keluar dari galian. Sebelumnya pompa diesel digunakan, namun baru beberapa bulan lalu pemakaian pompa diesel dilarang.



Gambar 1-11. Sebuah cabang patah ketika kren dipakai untuk mengangkat sebuah jalur hidup.

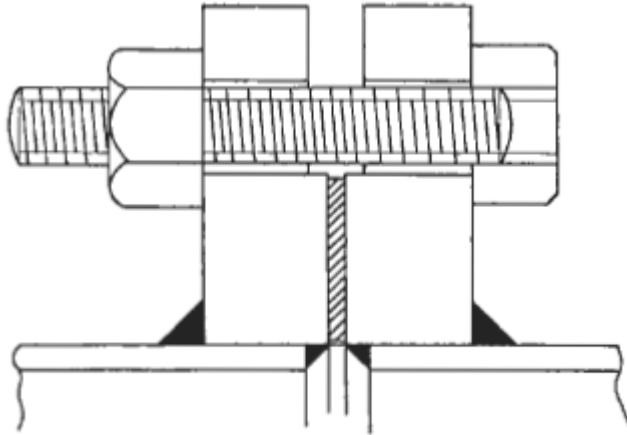
Bagian 2.11.1 memaparkan ledakan karena kegagalan baut akibat dikencangkan dengan tenaga berlebihan.

1.5.3 Mengabaikan Kekuatan Bahan

- (a) Saat pabrik kembali normal setelah lama mati, beberapa fleng dipasang dengan baut batang dan mur, bukan hanya mur dan baut biasa. Dan beberapa baut batang terpasang lebih dalam dari yang lain. Pada beberapa fleng, satu mur hanya terpasang dua atau tiga ulir saja (Gambar 1-12).

Tak ada yang tahu kenapa dipasang seperti itu. Mungkin satu mur terlalu kencang dari yang lain, dan karena berusaha mengencangkan mur ini, seluruh batang berputar pada mur kedua. Apapun alasannya, ini memberikan situasi berbahaya karena tekanan pada bagian berbeda pada fleng menjadi tidak sama.

Juga, baut batang seharusnya tidak dicampur aduk dengan baut biasa dan jangan digunakan sebagai penggantinya. Keduanya biasanya terbuat dari baja berbeda dan memberikan tegangan berbeda.



Gambar 1-12. Mur yang terpasang tidak benar pada batang.

Di pabrik yang kita ceritakan ini, pada sambungan delapan-baut, bautnya diganti satu persatu. Sambungan empat-baut diamankan dengan penjepit hingga saat pabrik mati berikutnya.

- (b) Ada bocor pada sistem besar bahan bakar gas yang beroperasi pada tekanan penyimpanan gas. Untuk menghindarkan pabrik mati, kotak kayu dibuat di sekitar bocoran dan diisi semen. Ini dimaksudkan sebagai perbaikan sementara tapi ternyata sangat sukses hingga bertahan bertahun-tahun.

Pada kasus lain, bocor berhasil ditutup atau dilapisi semen. Namun cara ini hanya bisa dilakukan pada tekanan rendah, dan diperlukan petunjuk ahli, seperti diperlihatkan kecelakaan berikut.

Ada bocor besar pada gasket bonet keran kukus 3-in bertekanan gauge 20 bar (300 psi). Usaha mengencangkan bonet tak berhasil, sehingga pekerja jaga memutuskan menutupnya dengan kotak. Pekerja menyiapkan pelat baja ¼-in panjang 92 cm, lebar 61 cm, dan dalam 36 cm. Pelat setebal ini sangat kuat, tapi bentuk kotak tidak cocok untuk tekanan dan mungkin sulit menahan tekanan gauge lebih dari 3 bar (50 psi), meskipun jika pengelasan telah masuk penuh, yang pada kasus ini belum masuk betul (Gambar 1-13).

Kotak dilengkapi dengan ventilasi dan keran. Ketika keran ditutup, kotak mulai kembang, dan segera keran dibuka.



Gambar 1-13. Kotak baja ini tidak mampu menahan bocor kukus bertekanan gauge 20 bar (300 psi).

Besi siku 2-in kali 2-in dilaskan di sekeliling kotak untuk memperkuat. Ventilasi ditutup. Beberapa menit kemudian kotak meledak. Untunglah sang mekanik, apakah dia pantas menerima gelar ini, telah meninggalkan lokasi.

Ini bukan terjadi di satu perusahaan kecil, tapi di perusahaan internasional besar.

Kecelakaan ini memperlihatkan perlunya perhatian terus-menerus. Kita tidak boleh beranggapan bahwa karena kita telah mempekerjakan tukang yang terlatih dan insinyur maka mereka tidak

akan pernah melakukan pekerjaan yang bodoh atau dengan cara yang tak selamat.

1.5.4 Gagal Memahami Bagaimana Sesuatu Bekerja atau Bagaimana Sesuatu Dibikin.

- (a) Fluida muncrat dari keran yang dioperasikan dengan tenaga⁴⁴ ketika penggerakannya⁴⁵ sedang dilepas karena baut yang menahan bonet keran salah dilepas. Gambar 1-14 dan 1-15 menggambarkan bagaimana kecelakaan ini terjadi. Sistem kedua lebih rentan karena jika mur diputar maka baut yang menahan penggerak bisa ikut berputar melepaskan mur bawah. Kecelakaan ini bisa digolongkan karena kelemahan rancangan [10].

Kecelakaan pertama mengakibatkan muncratnya 70-100 ton vinil klorida. Angin bertiup lemah, asap dan embun menetes ke sana kemari. Sejam kemudian, kabut selebar 240 m dan setinggi 1,5 m, terbakar. Sebagian vinil klorida masuk gedung, dan meledak, menghancurkan gedung. Sisanya terbakar di luar dan menyebabkan tangki vinil klorida pecah, menambah bahan bakar ke api. Ajaib, hanya seorang terbunuh. Yang terluka termasuk orang-orang yang datang menonton kebakaran itu [30].

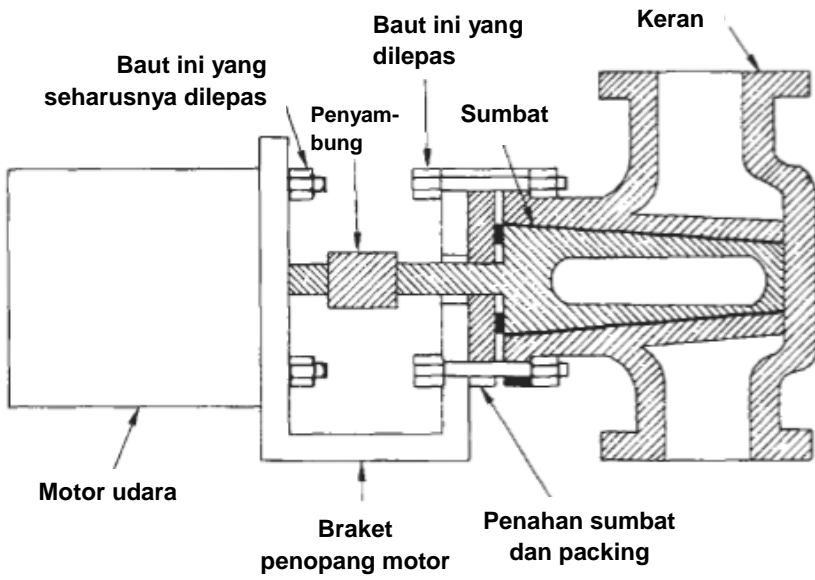
- (b) Kejadian serupa terjadi pada sebuah keran biasa jenis bola. Dua pekerja diminta memperbaiki jalur pengurusan di bawah keran. Tidak cukup ruang di sini. Jadi mereka memutuskan melepas apa yang mereka kira sambungan atau adaptor di bagian bawah keran yang sebenarnya adalah bagian utama keran ini (Gambar1-16). Saat mereka telah melepas tiga baut dan mengendorkan yang keempat, hari telah senja, sehingga mereka meninggalkan pekerjaannya untuk esok hari.

Keran ini adalah keran penguras pada sebuah tangki kecil berisi gas petroleum dicairkan (LPG).⁴⁶ Sekitar 5 ton LPG dalam tangki keluar selama dua hingga tiga jam namun beruntung tidak tersambar api. Namun 2.000 penduduk di sekitar pabrik harus diungsikan dari rumah mereka [11].

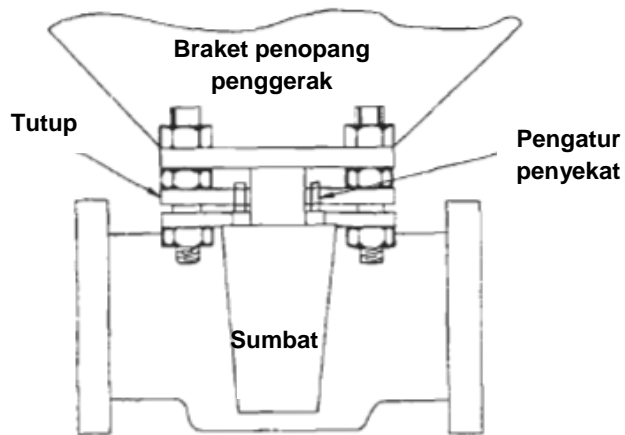
⁴⁴ Power-operated valves

⁴⁵ Actuator

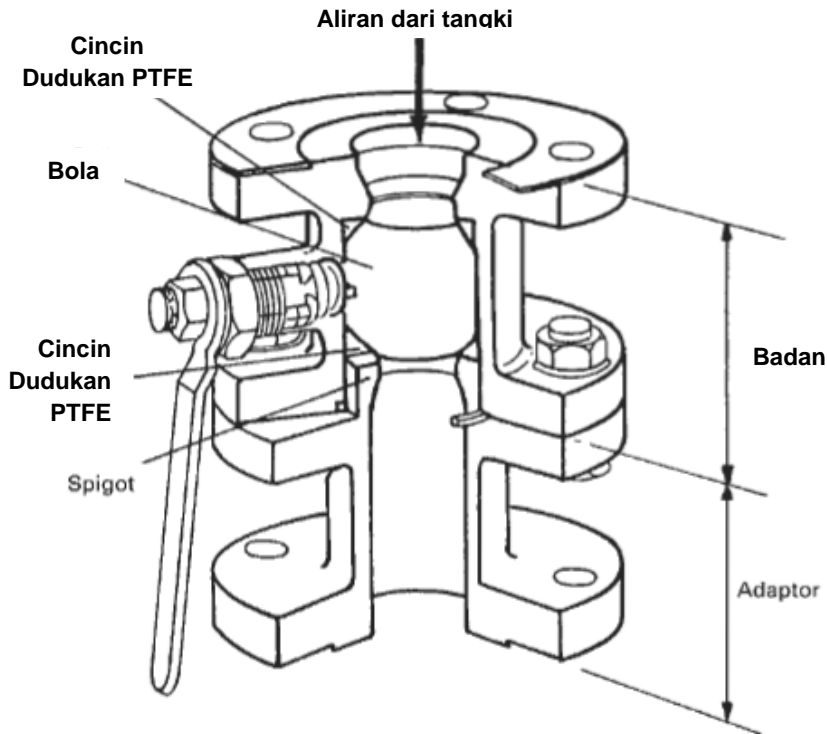
⁴⁶ Liquefied petroleum gas



Gambar 1-14. Salah mur dilepas untuk membongkar penggerak keran.



Gambar 1-15. Salah mur dilepas ketika membongkar penggerak keran.



Gambar 1-16. Keran diperetili salah.

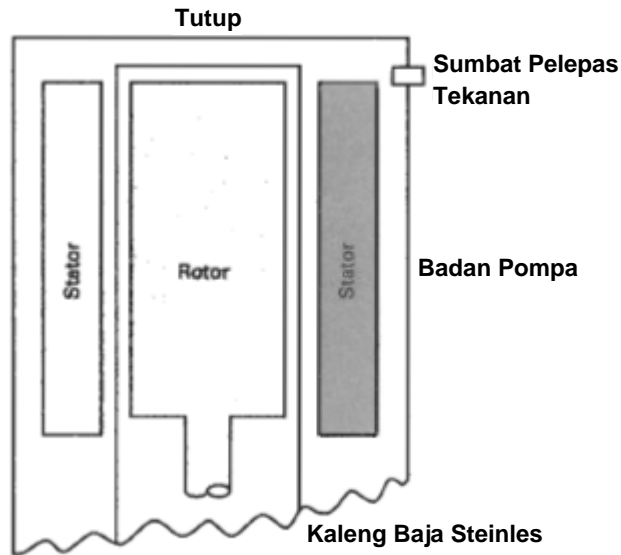
- (c) Pada pompa kaleng,⁴⁷ bagian motor listrik yang berputar, rotor, dicemplungkan dalam cairan proses; tidak ada gland, sehingga bocor gland tidak mungkin terjadi.

Bagian motor listrik yang tetap, stator, tidak tercelup dalam cairan proses dan dipisahkan dari rotor oleh kaleng stenlis (Gambar 1-17).

Jika ada lubang di kaleng, cairan proses bisa masuk ke ruang stator. Sebuah sumbat pelepas tekanan telah dipasang pada pompa dan seharusnya digunakan sebelum pompa dibuka untuk pekerjaan di stator. Pelat peringatan, yang mengingatkan untuk membuka sumbat ini, biasanya terpasang pada pompa.

Kompartemen stator pompa dibuka tanpa menggunakan sumbat. Ada lubang di kaleng. Ini menyebabkan tekanan tinggi di kompartemen stator. Ketika baut pada penutup dilepas, tutup terbang dan menghantam tiang perancah 2 m di atasnya. Kemudian menghantam dengkul pekerja di sana, dan uap proses yang keluar menyebabkan iritasi mata. Pekerja pada pompa tak mengetahui fungsi sumbat, dan catatan peringatannya hilang.

⁴⁷ Canned pump



Gambar 1-17. Pompa kaleng.

Untuk rincian lebih jelas dan penjelasan tentang pompa kaleng, lihat Rujukan 12.

- (d) Pada banyak kejadian, tukang pipa melepas termowel tanpa menyadari ini akan menyebabkan bocor. Mereka tak menyadari bahwa termowel, sebuah lubang tempat termokopel atau peralatan pengukur temperatur diletakkan, berhubungan langsung dengan fluida proses. Sebuah kebakaran serius dimulai karena kejadian seperti ini diceritakan di Rujukan 13.
- (e) Pompa amonia reciprocating bertekanan tinggi (dikenal dengan injektor) telah beroperasi selama 23 tahun tanpa masalah serius ketika crank-shaftnya tiba-tiba pecah, akibat kelelahan-bahan, dan plungernya keluar dari tabung. Dua orang terbunuh oleh amonia. Tak seorang pun menyadari bahwa ini akan mengakibatkan lepasnya amonia begitu besar. Jika mereka menyadari sebelumnya, mereka pasti memasang keran isolasi darurat jarak jauh (lihat Bagian 7.2.1). Ini akan sangat mengurangi besarnya bocoran tetapi tidak akan cukup cepat untuk mencegah kematian [31].

1.5.5 Mengobati Gejala, Bukan Penyakitnya

Kecelakaan berikut dan Bagian 10.5.3 menunjukkan apa yang dapat terjadi jika kita memperbaiki kerusakan namun tak pernah bertanya kenapa begitu banyak kerusakan terjadi.

- (a) Pelapis silinder pada kompresor bertekanan tinggi diganti 27 kali dalam sembilan tahun. Pada 11 kejadian ditemukan retak, dan pada 16 kejadian lain menunjukkan tanda tersobek. Tak seorang pun

bertanya kenapa itu diganti begitu sering. Semuanya hanya melakukan saja penggantian. Akhirnya, sebongkah pelapis terjebak antara piston dan kepala silinder hingga memecahkan silinder.

- (b) Saat pekerja melepas beberapa baut $\frac{3}{4}$ -in, satu di antaranya tiba-tiba putus. Si pekerja terjengkang menyebabkan nyeri tulang belakang dan tidak bisa bekerja. Dalam penyelidikan kejadian, tujuh baut dari kejadian sebelumnya didapati mirip, putus, tergeletak di sekitar tempat kejadian. Jelaslah baut putus sering terjadi. Jika saja si pekerja melaporkan ini, bukan hanya dengan mengganti baut dan terus bekerja, maka baut bisa diganti dengan yang berbahan lebih baik.

Kenapa pekerja tidak melaporkan baut putus ini? Bila mereka melaporkannya akankah semuanya beres? Kejadian ini seharusnya tidak terjadi jika mandor atau insinyur pabrik melihat baut putus ini saat mereka berkeliling pabrik dan bertanya kenapa begitu banyak baut putus.

- (c) Sepenggal jalur sering mampet. Akibat seringnya usaha dilakukan untuk menghilangkan mampet, jalur digetok hingga hampir rata pada banyak bagian. Alangkah baiknya jika jalur diganti dengan yang lebih besar atau jalur yang lebih miring, belokan yang lebih baik, atau dilengkapi batang penyogok.

1.5.6 Peralatan Listrik Kedap-api

Pada banyak kejadian, pemeriksaan seksama peralatan listrik kedap-api menunjukkan banyak yang bermasalah. Sebagai contoh, pada sebuah pabrik pemeriksaan sepintas menunjukkan tak terlalu banyak yang bermasalah. Pemeriksaan lebih seksama, dengan memeriksa juga peralatan yang susah dijangkau dan yang hanya bisa diperiksa dengan menggunakan tangga, memperlihatkan dari 121 yang diperiksa, 33 perlu diperbaiki. Masalah meliputi mur hilang atau kendur, celah terlalu besar, kaca pecah, dan salah gland. Tak semua masalah ini mengakibatkan peralatan menjadi sumber pemantik api, namun banyak yang menjadi begitu.

Kenapa begitu banyak yang bermasalah? Sebelum pemeriksaan ini, tidak ada pemeriksaan rutin. Banyak tukang listrik tak mengerti kenapa peralatan kedap-api digunakan dan apa yang akan terjadi jika tidak dirawat dengan baik. Mur cadangan dan obeng khusus yang diperlukan tidak tersedia, sehingga tidak mungkin mengganti mur yang hilang.

Pemeriksaan rutin dilakukan. Tukang listrik diajari alasan kenapa peralatan kedap-api digunakan, dan persediaan mur serta obeng dijaga. Sebagai tambahan, ditemukan juga banyak kasus di mana peralatan kedap-api sebenarnya tidak diperlukan. Peralatan Divisi (Zona) 2 yang seharusnya digunakan, harganya lebih murah dan mudah perawatannya.

1.5.7 Merusak

Bagian 1.5.3 (a) memaparkan pekerjaan merusak. Di sini dua yang lain.

- (a) Bejana tekan dilengkapi dengan tutup cepat-buka, diameter 10-in, ditahan oleh empat baut-mata⁴⁸ (Gambar 1-18). Baut ini harus diganti, karena ulirnya berkarat. Bukannya mengganti keseluruhan baut-mata, seseorang dengan maksud menghemat waktu memutuskan untuk memotong mata dari baut ini dan mengelaskan baut batang. Begitu bejana ditekan (oleh udara-tekan) baut batang ini patah, batang menjadi getas⁴⁹ oleh pengelasan, dan tutup mental. Untunglah rantai pendek menahannya hingga tidak terbang jauh [38]. (Lihat Bagian 13.5 dan 17.1 mengenai bahaya tutup cepat-buka.)
- (b) Obeng tertinggal dalam tangki stir sebuah truk setelah truk diperbaiki di bengkel. Truk ini bertabrakan dengan trailer ukuran-sedang, dan pemilik bengkel harus mengganti kerusakan sebesar \$250.000. Mengutip laporannya, "Tempat kerja perlu dibuat apik seperti hanggar pesawat atau industri farmasi untuk menjamin bahwa semua peralatan diperiksa begitu pekerjaan selesai" [39].

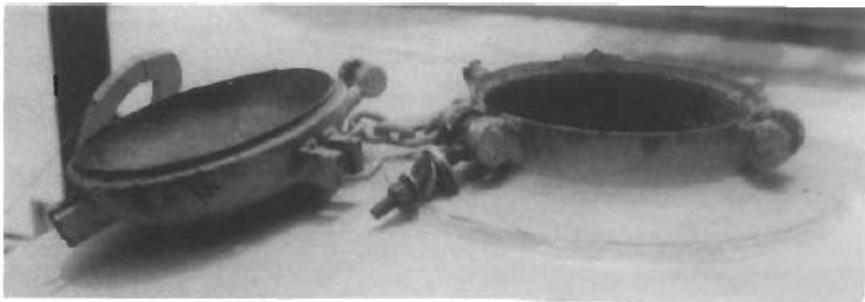
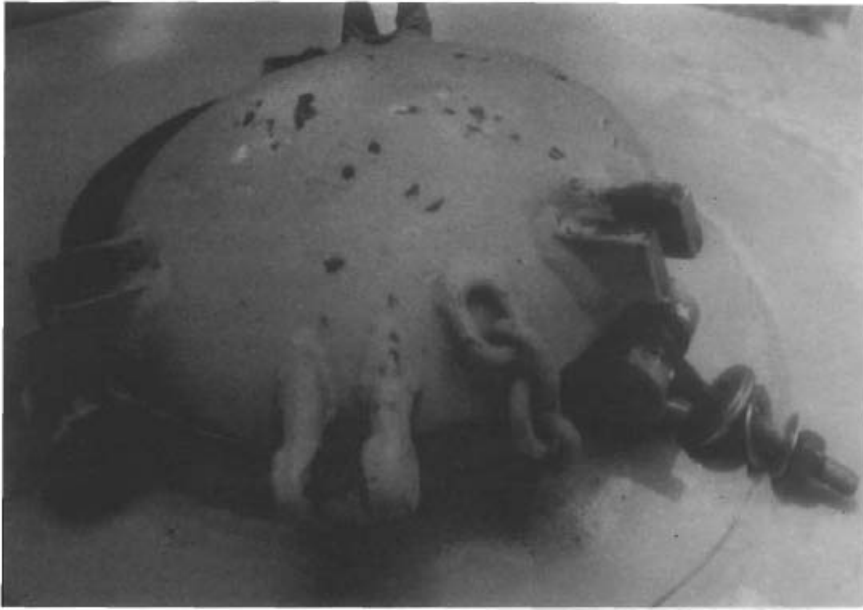
1.5.8 Siapa Harus Memutuskan Bagaimana suatu Perbaikan harus dilakukan?

Laporan berikut menimbulkan dua pertanyaan menggelitik:

- Siapa yang semestinya memutuskan bagaimana suatu pekerjaan perbaikan harus dilakukan?
- Bagaimana kita membersihkan mampet dari jalur berlubang kecil?

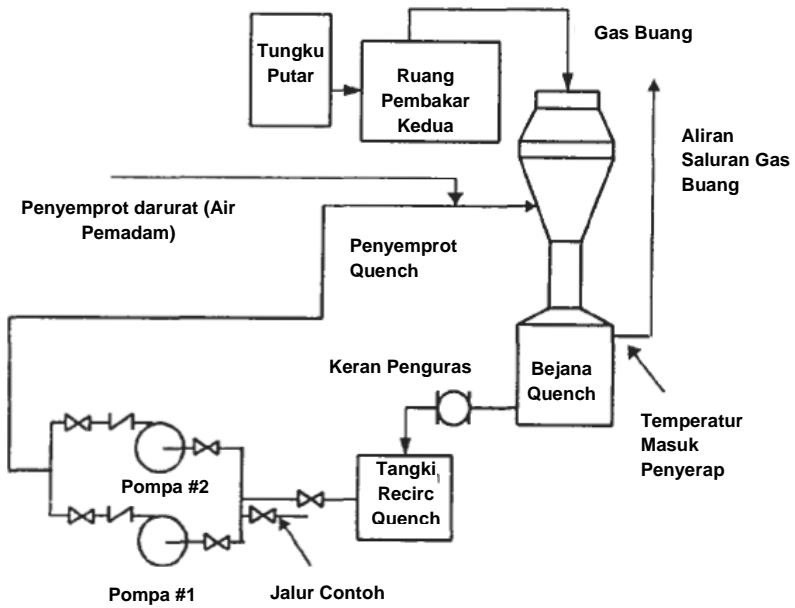
⁴⁸ Eye-bolt

⁴⁹ Brittle



Gambar 1-18. Bukannya mengganti baut-mata, batang baru dilaskan pada bagian ulirnya. Pengelasan ini membuat baut jadi getas saat panas dan gagal ketika digunakan. Untunglah rantainya menahan tutup ini melesat ke orbit.

Tempat pengambilan contoh pada jalur isap dua pompa air menjadi mampet, dan pekerja perawatan diminta membersihkannya. Dia tidak diberitahu bagaimana cara melakukannya, pekerja ini juga tidak suka bila ada orang dari departemen lain mengatakan bagaimana mereka harus bekerja, dan si operator berpikir bahwa si pekerja akan memakai air bertekanan atau batang penyogok. Ternyata dia memakai udara bertekanan gauge 8 bar (115 psi), dan akibat terbentuknya kantong udara menyebabkan pompa kehilangan isapan (Gambar 1-19).



Gambar 1-19. Gambar yang disederhanakan sistem sirkulasi pembakar quench. (Ilustrasi milik Departemen Energi A.S.)

Akibatnya tak terlalu serius. Pompa ini memasok air untuk mendinginkan gas panas dari pembakar;⁵⁰ saat aliran air berhenti, sebuah sensor temperatur-tinggi mematikan burner. Pembakar ini masih baru, masih diuji-coba, dan pekerjaan itu belum pernah dilakukan sebelumnya. Air didaur ulang, dan abu dalam air kemungkinan menyebabkan mampet [40].

Menurut laporannya, pekerja perawatan seharusnya diberi perintah lebih terinci. Tetapi, seperti yang juga ditemukan, beberapa tenaga terampil sesungguhnya adalah tukang yang terampil; kita juga harus menganggap pekerja akan memperhatikan dirinya sendiri dan seharusnya tidak perlu selalu memberi mereka perintah terinci untuk semua dan setiap pekerjaan. Kita tak perlu memberitahu mereka, sebagai contoh, bagaimana memutus sambungan setiap kali mereka diminta melakukan pekerjaan itu (tetapi lihat Bagian 1.5.1). Jadi bagaimana seharusnya?

Pekerja (dan operator) harus diajari, sebagai bagian pelatihan keselamatan, bahwa gas bertekanan seharusnya tak dipakai untuk menghilangkan mampet. Energi gas bertekanan adalah besar, dan gas bisa memelantingkan gumpalan dengan kecepatan tinggi, menyebabkan gumpalan terbang ke angkasa jika ada ujung terbuka atau memecahkan pipa jika gumpalan menabrak belokan (lihat Bagian 17.2).

⁵⁰ Incinerator

Kecelakaan ini memperlihatkan banyak yang bisa dipelajari dari kejadian sederhana sebagai pengalaman berharga dan tidak hanya mengatakan, "Tak ada yang terluka dan tak ada yang rusak, jadi lupakan saja."