

*Untuk Denise,  
Yang selalu menunggu ketika saya  
"menikmati kesendirian dan tinggal di laboratorium sehari-hari"  
namun kamu tidak pernah melihat hasilnya.*

# APA YANG SALAH?

Kasus Sejarah Malapetaka Pabrik Proses

**EDISI KEEMPAT**

Hak cipta © 1999 oleh Elsevier. All rights reserved. Dicitak di Amerika Serikat. Buku ini, atau bagiannya, tidak boleh direproduksi dalam segala bentuk tanpa izin publisher.

Originally published by Gulf Publishing Company,

Houston, TX

10 9 8 7 6 5

The publisher offers special discounts on bulk orders of this book.

For information, please contact:

Manager of Special Sales

Elsevier Science

200 Wheeler Road

Burlington, MA 01803

Tel: 781-313-4700

Fax: 781-313-4802

For information on all Gulf publications available, contact our World Wide Web homepage at <http://www.bh.com/gulf>



---

# Daftar Isi

---

<b>Terima Kasih .....</b>	<b>x</b>
<b>Pembuka.....</b>	<b>xii</b>
<b>Satuan dan Tata Nama .....</b>	<b>xix</b>
<b>Bab 1. Persiapan Perawatan.....</b>	<b>1</b>
1.1 Isolasi, 1	
1.2 Identifikasi, 11	
1.3 Menghilangkan bahaya, 17	
1.4 Prosedur tak diikuti, 25	
1.5 Mutu perawatan, 33	
1.6 Catatan pribadi penulis, 46	
<b>Bab 2. Modifikasi .....</b>	<b>50</b>
2.1 Modifikasi startup, 50	
2.2 Modifikasi kecil, 51	
2.3 Modifikasi dibuat saat perawatan, 57	
2.4 Modifikasi sementara, 58	
2.5 Modifikasi mahal, 60	
2.6 Modifikasi proses,62	
2.7 Perkakas baru, 66	
2.8 Perubahan organisasi, 67	
2.9 Perubahan perlahan, 68	
2.10 Modifikasi berantai, 69	
2.11 Modifikasi dibuat untuk menyempurnakan lingkungan kerja, 72	
2.12 Pengaturan modifikasi, 77	
<b>Bab 3. Kejadian yang Disebabkan Kesalahan Manusia.....</b>	<b>81</b>
3.1 Pengantar, 81	
3.2 Kejadian karena kelengahan biasa. Untuk mencegahnya kita harus merubah rancangan pabrik atau cara kerja., 82	
3.3 Kejadian yang bisa dicegah dengan pelatihan lebih baik, 93	
<b>Bab 4. Pelabelan .....</b>	<b>101</b>
4.1 Pelabelan peralatan, 101	
4.2 Pelabelan instrumen, 104	
4.3 Pelabelan bahan kimia, 106	

4.4 Label tak dimengerti, 109

**Bab 5. Tangki penyimpanan ..... 111**

- 5.1 Kepenuhan, 111
- 5.2 Kelebihan tekanan, 113
- 5.3 Kempot, 117
- 5.4 Ledakan, 120
- 5.5 Tangki atap-apung, 128
- 5.6 Kecelakaan lain, 133
- 5.7 Tangki FRP, 137

**Bab 6. Cerobong ..... 140**

- 6.1 Ledakan cerobong, 140
- 6.2 Cerobong tersekat, 144
- 6.3 Radiasi panas, 146

**Bab 7. Bocor ..... 148**

- 7.1 Beberapa sumber bocor yang biasa, 149
- 7.2 Mengendalikan bocor, 158
- 7.3 Bocor ke air, tanah basah, atau insulasi, 164
- 7.4 Pendeteksian bocor, 166
- 7.5 Emisi hantu, 166

**Bab 8. Gas bisa-terbakar dicairkan ..... 169**

- 8.1 Bocor besar, 170
- 8.2 Bocor kecil, 178
- 8.3 Bocor lain, 179

**Bab 9. Kegagalan pipa dan bejana ..... 183**

- 9.1 Kegagalan pipa, 183
- 9.2 Kegagalan bejana tekan, 199

**Bab 10. Peralatan lain ..... 210**

- 10.1 Sentrifus, 210
- 10.2 Pompa, 211
- 10.3 Pendingin udara, 213
- 10.4 Keran pelepas, 214
- 10.5 Penukar panas, 224
- 10.6 Menara pendingin, 227
- 10.7 Tungku, 227

**Bab 11. Masuk bejana ..... 235**

- 11.1 Bejana tidak bebas dari bahan berbahaya, 235
- 11.2 Material berbahaya dimasukkan, 237
- 11.3 Bejana tidak diisolasi dari sumber bahaya, 239
- 11.4 Masuk tanpa izin, 243
- 11.5 Masuk bejana yang atmosfernya tak bisa dipakai bernafas, 244

11.6	Penyelamatan,	245
11.7	Analisa atmosfer bejana,	247
11.8	Apa itu ruang terbatas?,	248
11.9	Semuanya salah,	248
<b>Bab 12.</b>	<b>Bahaya bahan biasa .....</b>	<b>251</b>
12.1	Udara-tekan,	251
12.2	Air,	253
12.3	Nitrogen,	255
12.4	Minyak berat (termasuk minyak penukar panas),	262
<b>Bab 13.</b>	<b>Mobil dan truk tangki.....</b>	<b>269</b>
13.1	Kepenuhan,	269
13.2	Selang pecah,	270
13.3	Kebakaran dan ledakan,	272
13.4	Gas bisa-terbakar dicairkan,	273
13.5	Udara-tekan,	273
13.6	Terjungkit,	274
13.7	Mengosongkan ke atau mengisi dari salah ruang,	275
13.8	Bersentuhan dengan jalur listrik hidup,	277
<b>Bab 14.</b>	<b>Mengetes sistem-mati dan sistem perlindungan lain .....</b>	<b>278</b>
14.1	Mengetes harus menyeluruh,	278
14.2	Semua peralatan perlindungan harus dites,	281
14.3	Pengetesan bisa jadi berlebihan,	285
14.4	Sistem pelindung harus tak te-reset sendiri,	285
14.5	Sistem-mati harus tidak dimatikan tanpa izin,	287
14.6	Instrumen harus mengukur langsung apa yang ingin diketahui,	289
14.7	Sistem-mati hanya untuk darurat, bukan untuk pemakaian rutin,	290
14.8	Tes mungkin menemukan kesalahan,	292
14.9	Beberapa kecelakaan lain,	292
14.10	Beberapa kecelakaan di laut,	293
<b>Bab 15.</b>	<b>Listrik statik.....</b>	<b>296</b>
15.1	Listrik statik dari cairan mengalir,	297
15.2	Listrik statik dari semburan air dan gas,	299
15.3	Listrik statik dari bubuk dan plastik,	300
15.4	Listrik statik dari pakaian,	302
<b>Bab 16.</b>	<b>Bahan konstruksi.....</b>	<b>305</b>
16.1	Salah bahan dipakai,	305
16.2	Hidrogen dihasilkan oleh karat,	309
16.3	Akibat lain karat,	311
16.4	Lenyapnya lapisan pelindung,	311
16.5	Beberapa kecelakaan lain yang disebabkan karat,	312

- 16.6 Kebakaran, 313
- 16.7 Pemilihan bahan, 313

**Bab 17. Cara operasi ..... 316**

- 17.1 Tekanan terjebak, 316
- 17.2 Membersihkan jalur mampet, 318
- 17.3 Kesalahan memposisikan keran, 320
- 17.4 Tanggung jawab tak jelas, 321
- 17.5 Kegagalan komunikasi, 322
- 17.6 Bekerja di lubang-orang terbuka, 325
- 17.7 Satu jalur, dua fungsi, 325
- 17.8 Isolasi tak sengaja, 326
- 17.9 Penyimpanan tak-cocok, 327
- 17.10 Perawatan, benar-benar diperlukankah?, 327
- 17.11 Kegagalan sistem saling-kunci, 328
- 17.12 Pemecahan emulsi, 329
- 17.13 Efek cerobong, 330

**Bab 18. Aliran balik dan penyimpangan tak terduga lain ..... 334**

- 18.1 Aliran balik dari penerima produk atau jalur penguras kembali masuk pabrik, 335
- 18.2 Aliran berlawanan masuk ke jalur utama layanan, 337
- 18.3 Aliran berlawanan melewati pompa, 338
- 18.4 Aliran berlawanan dari reaktor, 339
- 18.5 Aliran berlawanan dari parit, 340
- 18.6 Penyimpangan lain, 341
- 18.7 Cara memperkirakan penyimpangan, 342
- 18.8 Beberapa perangkat dalam hazop, 344
- 18.9 Hazop untuk pabrik batch, 346
- 18.10 Hazop truk tangki, 347

**Bab 19. Aku tidak tahu bahwa ..... 350**

- 19.1 Amonia bisa meledak, 350
- 19.2 Uji tekan hidrolik bisa berbahaya, 352
- 19.3 Mesin diesel bisa memantik bocoran, 353
- 19.4 Karbon dioksida bisa memantik campuran bisa-terbakar, 354
- 19.5 Embun bisa meledak, 355
- 19.6 Sumber masalah ada di tempat lain, 356

**Bab 20. Masalah kendali komputer ..... 359**

- 20.1 Kegagalan pada peranti keras dan lunak, 359
- 20.2 Memperlakukan komputer sebagai kotak hitam, 360
- 20.3 Salah memperkirakan bagaimana operator akan bertindak, 365
- 20.4 Masalah lain, 366
- 20.5 Interferensi tak sengaja, 368
- 20.6 Aplikasi baru, 369
- 20.7 Kesimpulan, 371

<b>Bab 21. Rancangan lebih selamat sejati .....</b>	<b>373</b>
21.1 Bhopal, 374	
21.2 Contoh lain rancangan lebih selamat sejati, 378	
21.3 Rancangan ramah-pemakai, 384	
<b>Bab 22. Reaksi, terencana dan tak terencana .....</b>	<b>387</b>
22.1 Kurang pengetahuan, 387	
22.2 Pencampuran jelek, 390	
22.3 Tercemar, 392	
22.4 Reaksi dengan bahan pendukung, 394	
22.5 Pelatihan atau prosedur buruk, 394	
22.6 Termakan usia, 395	
<b>Lampiran 1. Frekuensi relatif kecelakaan .....</b>	<b>399</b>
<b>Lampiran 2. Pendapat akhir.....</b>	<b>402</b>
<b>Lampiran 3. Bacaan yang dianjurkan .....</b>	<b>405</b>
<b>Indeks.....</b>	<b>406</b>

---

---