

**Tabel 2. Skenario-Skenario Kegagalan Untuk Bejana Tekan dan Tangki (CCPS, 1998)**

No	Deviasi Operasional	Skenario Kegagalan	Solusi-Solusi Desain Potensial		
			Inherently Safer/ Pasif	Aktif	Prosedural
1	Overpressure	Cairan yang meluap menyebabkan backpressure atau static head yang berlebihan	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tekanan desain yang mampu mengakomodasi tekanan supply maksimum</li> <li>2. Pasang vent terbuka atau alur alir overflow</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Emergency relief device</li> <li>2. Melakukan interlocking level device untuk mencegah meluapnya cairan</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Instruksi untuk memantau level selama transfer</li> <li>2. Pastikan tank memiliki area cukup untuk transfer cairan</li> <li>3. Alarm High Level dilengkapi dengan instruksi untuk melakukan aksi pencegahan "membangkirnya" cairan</li> </ol>
2	Overpressure	Ketidaksempurnaan atau ketidakmampuan mengontrol bukaan sistem utilitas tekanan tinggi (mis. N2)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Jangan menyambung sistem dengan utilitas tekanan tinggi</li> <li>2. Pemasangan kopling sambungan yang tidak compatible dengan sumber utilitas untuk mencegah penggunaan utilitas tekanan tinggi</li> <li>3. Pemasangan hambatan aliran mekanik (misalnya RO) pada sistem utilitas dan instalasi vent yang terbuka pada bejana</li> <li>4. Desain bejana yang mampu menahan tekanan tinggi</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Emergency relief device pada bejana atau alur alir utilitas</li> <li>2. Sensor tekanan yang interlock untuk mengisolasi tekanan utilitas</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Memberikan label pada sambungan utilitas</li> </ol>
3	Overpressure (lihat item no. 18 dan 19)	Menyalanya campuran flammable dalam ruang kosong dalam bejana	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menggunakan tangki floating roof dibanding fixed roof</li> <li>2. Mengendalikan sumber nyala (pelindung petir, bonding / grounding permanen, pengisian yang antipercik dengan dip-pipe, hambatan pada alur alir pengisian dan inlet pada dasar bejana)</li> <li>3. Perancangan bejana dengan mempertimbangkan tekanan deflagrasi</li> <li>4. Jika tidak ada pemanasan, kondisi cairan di bawah flash point</li> <li>5. Menggunakan instrumentasi non-intrusive (mis. Deteksi level radar)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Memventing ledakan (mis. Frangible roof untuk tangki fixed roof)</li> <li>2. Menyimpan material dalam tangki di bawah temperatur flash point (pendinginan)</li> <li>3. Pengendalian konsentrasi pada ruang kosong yang dapat terbakar</li> <li>4. Meng-inert-kan ruang kosong</li> <li>5. Flame arrester pada jalur vent</li> <li>6. Lingkungan yang flammable mengaktifasi sistem isolasi dan emergency purge</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Memasang alarm yang di-trigger oleh konsentrasi oksigen</li> <li>2. Instruksi untuk pengisian tangki secara lambat hingga alur alir pengisian di bawah permukaan, demi menghindari cipratan cairan</li> <li>3. Tidak melakukan pengisian selama korsleting listrik</li> <li>4. Tidak melakukan pengisian ingga floating roof mengambang</li> </ol>
4.	Overpressure	Melubernya pengisian karena backpressure dari uap yang di-venting	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gunakan vent terbuka (mis. Diameter vent lebih besar dibanding diameter alur alir pengisian untuk pipa vent yang pendek) Perancangan bejana mengakomodasi tekanan pengisian maksimum</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Memasang interlock yang diaktivasi oleh tekanan tinggi untuk menghentikan aliran</li> <li>2. Mengotomasi flow control loop pada alur alir pengisian dengan alarm high flow</li> <li>3. Emergency relief device</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menginstruksikan pengoperasian dalam atas batas aliran yang aman</li> <li>2. Menginstruksikan pengoperasian dengan memonitor laju alir pengisian dan mencegah pengisian berlebihan</li> </ol>
5.	Overpressure	Kebakaran di luar tangki	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Memendam tangki (bawah tanah atau dirug) (pertimbangkan isu lingkungan)</li> <li>2. Insulasi tahan api</li> <li>3. Membuat dike dengan kemiringan untuk mencegah ceceran cairan</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Perlindungan kebakaran tetap water spray (deluge) dan/atau sistem foam yang diaktivasi oleh alat pendeteksi gas flammable, asap dan nyala</li> <li>2. Emergency relief device</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Perencanaan keadaan darurat</li> <li>2. Aktivasi manual perlindungan api tetap water spray (deluge) dan / sistem foam</li> </ol>

			<ol style="list-style-type: none"> <li>Tempatkan bejana di luar daerah kebakaran</li> <li>Perimbangkan pemisahan tank-to-tank</li> </ol>		
6.	Overpressure	Jalur ke vent yang kurang atau terhalang tidak mampu mengimbangi tekanan tinggi pada ruang kosong di bejana selama pengisian	<ol style="list-style-type: none"> <li>Gunakan vent terbuka</li> <li>Rancang bangun bejana dengan kemampuan menahan tekanan suplai yang tinggi</li> <li>Pasang vent screen untuk menghindari benda asing</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Emergency relief valve</li> <li>Pemasangan Heat Tracing pada vent untuk mencegah kondensasi dan solidifikasi</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Instruksi pengoperasian untuk memastikan jalur vent aman sebelum memulai pengisian</li> <li>Instruksi pengoperasian untuk secara periodik memeriksa bahwa vent bebas hambatan</li> </ol>
7.	Overpressure	Bocornya internal heating atau internal cooling	<ol style="list-style-type: none"> <li>Gunakan external cooler/heater (panel coil)</li> <li>Gunakan media pendingin/ pemanas yang tidak bereaksi dengan isi bejana</li> <li>Perancangan mekanik bejana memperhitungkan temperatur/ pressure maksimum media pendingin/pemanas</li> <li>Menggunakan pemanas listrik</li> <li>Menggunakan temperatur/ tekanan media pemanas yang lebih rendah</li> <li>Perancangan mekanik bejana memperhitungkan tekanan uap materi tersimpan pada temperatur maksimum media pemanas</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Emergency relief device</li> <li>Meng-interlock tekanan tinggi untuk mematikan aliran utilitas</li> <li>Pengendalian backpressure dengan sirkulasi pemanasan/ pendinginan eksternal demi menghindari kebocoran ke dalam bejana</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Sampling / menganalisa secara periodik isi bejana untuk deteksi kebocoran</li> <li>Perencanaan keadaan darurat untuk mentransfer isi bejana ke tempat yang aman jika reaksi tak diinginkan terjadi</li> </ol>
8.	Overpressure	Isi bejana terkontaminasi material dengan tekana uap tinggi (masuknya volatiles)	<ol style="list-style-type: none"> <li>Perancangan mekanik bejana mengakomodasi tekanan maksimum yang mungkin terjadi</li> <li>Menggunakan kopling yang incompatible</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Emergency relief device</li> <li>Gunakan weak seam roof untuk tangki</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Mengisolasi material yang volatiles dengan blinding, removable spool, disconnection dll.</li> </ol>
9.	Overpressure	Panas yang masuk berlebihan sehingga menaikkan tekanan uap	<ol style="list-style-type: none"> <li>Perancangan mekanik bejana mengakomodasi tekanan maksimum yang mungkin terjadi</li> <li>Membatasi temperatur atau aliran media pemanas (misalnya menggunakan air panas menggantikan kukus)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Emergency relief device</li> <li>Alarm temperatur dan tekanan tinggi yang meng-interlock sistem isolasi media pemanas</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Alarm temperatur dan tekanan tinggi memerintahkan operator mengisolasi media pemanas</li> </ol>
10.	Overpressure	Reaksi kimia terjadi akibat peningkatan tekanan	<ol style="list-style-type: none"> <li>Perancangan mekanik bejana mengakomodasi tekanan maksimum yang mungkin terjadi</li> <li>Membatasi atau menghindari penyimpanan atau akumulasi materi-materi reaktif yang tidak diinginkan</li> <li>Mengonsumsi intermediate process materials yang reaktif sesegerat mungkin setelah mereka dihasilkan</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Emergency relief device</li> <li>Alarm temperatur dan tekanan tinggi dan penambahan otomatis fluida pengencer/ quench atau inhibitor</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Instruksi pengoperasian untuk pengetesan konsentrasi dan aktivitas inhibitor secara periodik</li> <li>Alarm temperatur dan tekanan tinggi dan penambahan manual fluida pengencer/ quench atau inhibitor</li> <li>Aktivasi manual sistem quench atau pendingin</li> <li>Melakukan draining secara periodik pada titik-titik akumulasi (mis. knock-out pots)</li> </ol>
11.	Overpressure	Kegagalan sistem kendali pada vapor recovery system pada material terrefrijerasi/ chilled	<ol style="list-style-type: none"> <li>Perancangan mekanik bejana mengakomodasi tekanan maksimum yang mungkin terjadi</li> <li>Insulasi yang cukup untuk mempertahankan acceptable</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Emergency relief device</li> <li>Menginterlock tekanan tinggi untuk secara otomatis menjalankan kompresor cadangan</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Instruksi pengoperasian kompresor cadangan pada saat ada indikasi tekanan tinggi</li> </ol>

			refrigeration outage		
12.	Overpressure	Terjadinya roll-over pada lapisan yang bertingkat tingkat, menghasilkan tekanan uap yang tinggi	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Perancangan mekanik bejana mengakomodasi tekanan maksimum yang mungkin terjadi</li> <li>2. Menggunakan in-line mixer di luar vessel untuk mencampur umpan premix</li> <li>3. Merancang sistem pengisian tangki yang bisa menghindarkan stratifikasi (mis. Pengisian top-splash)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pengadukan mekanik atau meresirkulasi isi bejana</li> <li>2. Emergency relief device</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Instruksi pengoperasian pada prosedur pengisian untuk menghindari stratifikasi</li> </ol>
13.	Overpressure	Kegagalan pada process control di upstream, menyebabkan penguapan dan cairan feed yang ter-flashing	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Perancangan mekanik bejana mengakomodasi tekanan maksimum yang mungkin terjadi</li> <li>2. Pastikan control valves tidak oversized</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Emergency relief device</li> <li>2. Alarm tekanan tinggi dan interlock akan mengisolasi aliran-aliran masuk</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Operator mengisolasi aliran-aliran masuk pada saat ada indikasi tekanan tinggi</li> </ol>
14.	Overpressure	Temperatur ambien berubah, menyebabkan tekanan uap pada ruang kosong meningkat	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Perancangan mekanik bejana mengakomodasi tekanan maksimum yang mungkin terjadi</li> <li>2. Memendam tangki (bawah tanah atau diurug) (pertimbangkan isu lingkungan)</li> <li>3. Menginsulasi tank</li> <li>4. Vent yang terbuka pada fixed roof tank</li> <li>5. Menaungi tangki dengan atap</li> <li>6. Menggunakan reflective coating</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Emergency relief device atau breather vent valve</li> <li>2. Pendingin water spray dari luar bekerja secara otomatis</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Operator mengaktifkan water spray pada saat ada indikasi tekanan tinggi</li> </ol>
15.	Overpressure	Aliran keluar bejana tersumbat	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Perancangan mekanik bejana mengakomodasi tekanan maksimum yang mungkin terjadi</li> <li>2. Hilangkan block valve di keluaran yang tidak diperlukan</li> <li>3. Ukur keluaran sehingga mampu menghilangkan atau mengurangi kecenderungan plugging</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Emergency relief device</li> <li>2. Interlock akan mengisolasi aliran-aliran masuk atau men-trip pompa masukan pada tekanan tinggi</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prosedur untuk menjaga valve selalu terbuka dengan seals dan gembok</li> </ol>
16.	Overpressure	Terjadinya nyala atau reaksi karena temperatur tinggi pada permukaan elemen pemanas internal yang tidak terbasahi	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Perancangan mekanik bejana mengakomodasi tekanan maksimum yang mungkin terjadi</li> <li>2. Penggunaan sistem resirkulasi pemanas eksternal</li> <li>3. Menjaga agar permukaan pemanas tercelup dengan menempatkan lubang keluaran cairan di atas elemen pemanas</li> <li>4. Membatasi temperatur medium pemanas</li> <li>5. Memilih material untuk menghindari karat (mis. Menghilangkan efek efek potential catalytic)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pengendalian level secara otomatis dengan alarm low level dan menghentikan pengeluaran cairan untuk memastikan permukaan cairan selalu di atas elemen pemanas</li> <li>2. Meng-inertkan ruang kosong</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Instruksi pengoperasian untuk menjaga permukaan cairan di atas media pemanas sepanjang waktu</li> <li>2. Respon manual atas bacaan low level</li> </ol>
17.	Overpressure	Pemanasan dan ekspansi thermal cairan	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Memasang nozzle overflow yang terbuka menuju sistem penampungan</li> <li>2. Menghilangkan semua koneksi pemanas yang tidak diperlukan</li> <li>3. Menghilangkan kemungkinan menuju</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pengendalian temperatur pada medium pemanas untuk mencegah panas berlebih</li> <li>2. High level shutoff untuk mencegah meluapnya cairan di atas level</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Instruksi pengoperasian untuk pengendalian temperatur agar terjaga di bawah harga tertentu atau jeda waktu untuk mencegah pemanasan</li> </ol>

			<p>sistem "block-in"</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Menyediakan ruang kosong untuk vapor dalam bejana</li> </ol>	<p>dimana ekspansi akan menyebabkan meluapnya cairan</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Instruksi untuk menjaga level cairan maksimum</li> <li>Manual shutoff pada saat level cairan maksimum</li> <li>Instruksi untuk men-drain isi bejana atau mengisolasi sumber masukan panas sebelum menutupnya</li> </ol>
18.	Overpressure (Batch atau semi-batch)	Pemantikan elektrostatis di luar dan menyalakan uap pada saat pengisian padatan melalui manhole yang terbuka atau charging chute yang menghasilkan deflagration atau flash fire	<ol style="list-style-type: none"> <li>Menghilangkan proses penambahan material dalam bentuk padatan (mis. Gunakan slurry)</li> <li>Pengisian padatan melewati nozzle dengan suatu sistem tertutup (mis. Hopper dan rotary airlock, screw feeder, double dumb valve system, dll.)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Melakukan inerting secara otomatis selama pengisian padatan ke dalam bejana</li> <li>Memasang indikator pada ground dengan interlock untuk mencegah bukaan manhole jika koneksi ground ke kontainer padatan bermasalah</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Melakukan inerting secara manual sebelum pengisian padatan ke dalam bejana</li> <li>Pembuatan prosedur-prosedur grounding dan bonding kontainer padatan secara manual</li> <li>Merekrut operator ground</li> <li>Hindari penggunaan kontainer plastik non-conductive</li> <li>Pastikan kadar oksigen yang dapat diterima sebelum pengisian</li> </ol>
19.	Overpressure (Floating Roof Tank)	Menyalanya uap yang flammable dalam bejana mengiringi kerusakan seal pada internal floating roof	<ol style="list-style-type: none"> <li>Siapkan double roof seal</li> <li>Gunakan ventilasi alami yang cukup antara fixed roof dan floating deck</li> <li>Hilangkan penggunaan fixed roof di atas floating deck</li> <li>Pengendalian sumber-sumber nyala (mis. Penangkal petir, grounding/ bonding permanen)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Gunakan tangki fixed roof dengan inerting</li> <li>Sediakan inerting antara fixed roof dan floating deck</li> <li>Pasang flame arrester pada ujung alur alir</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Lakukan inspeksi secara periodik pada roof seal</li> <li>Lakukan pengetesan secara periodik pada zat-zat combustible dalam ruang bejana</li> </ol>
20.	Underpressure atau vakum	Kegagalan sistem kendali vakum	<ol style="list-style-type: none"> <li>Perancangan mekanik bejana mengakomodasi keadaan vakum maksimum yang mungkin terjadi</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Vacuum relief device</li> <li>Pengisolasian sistem vakum secara otomatis pada saat high vacuum</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Penghentian vakum secara manual pada saat high vacuum</li> </ol>
21.	Underpressure atau vakum	Jalur vent tersumbat	<ol style="list-style-type: none"> <li>Perancangan mekanik bejana mengakomodasi keadaan vakum maksimum yang mungkin terjadi</li> <li>Penambahan vent screen untuk menghindari vent dari benda asing</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Penggunaan sistem pengendalian tekanan dengan blanketing gas untuk meminimasi vakum</li> <li>Vacuum relief device</li> <li>Heat tracing pada jalur vent untuk menghindari kondensasi dan solidifikasi</li> <li>Menginterlock tekanan rendah untuk mengisolasi jalur keluar</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Instruksi pengoperasian untuk memastikan jalur vent telah terbuka sebelum memulai proses pengeluaran</li> <li>Instruksi pengoperasian untuk mengecek apakah vent bebas hambatan secara periodik</li> </ol>
22.	Underpressure atau vakum	Kondensasi/ absorpsi fasa uap dalam bejana yang tidak terkontrol	<ol style="list-style-type: none"> <li>Perancangan mekanik bejana mengakomodasi keadaan vakum maksimum yang mungkin terjadi (full vacuum rating)</li> <li>Vent yang terbuka</li> <li>Insulasi</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Penggunaan sistem pengendalian tekanan dengan blanketing gas untuk meminimasi vakum</li> <li>Vacuum relief system</li> <li>Memanaskan umpan</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Prosedur pengoperasian untuk memonitor temperatur dan laju penambahan material</li> </ol>
23.	Underpressure atau vakum	Pengeluaran cairan yang terlalu cepat	<ol style="list-style-type: none"> <li>Perancangan mekanik bejana mengakomodasi keadaan vakum maksimum yang mungkin terjadi (full vacuum rating)</li> <li>Vent yang terbuka</li> <li>Menghambat laju pengeluaran</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Penggunaan sistem pengendalian tekanan dengan blanketing gas untuk meminimasi vakum</li> <li>Vacuum relief system</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Prosedur untuk membatasi laju maksimum pengeluaran cairan</li> </ol>
24.	Underpressure atau vakum	Perubahan temperatur ambien menyebabkan ruang	<ol style="list-style-type: none"> <li>Perancangan mekanik bejana mengakomodasi keadaan vakum</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Penggunaan sistem pengendalian tekanan dengan blanketing gas</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Penghentian vakum secara manual pada saat alarm tekanan rendah</li> </ol>

		kosong dalam bejana mengalami vakum	<ol style="list-style-type: none"> <li>maksimum yang mungkin terjadi (full vacuum rating)</li> <li>Memasang vent yang terbuka pada fixed roof tanks</li> <li>Insulasi</li> <li>Menaungi tangki dengan atap</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>untuk meminimasi vakum</li> <li>Vacuum relief device</li> </ol>	
25.	Underpressure atau vakum	Kegagalan sistem kendali atau equipment pada sistem Vapor Recovery khususnya pada simpanan terrefrijerasi / chilled	<ol style="list-style-type: none"> <li>Perancangan mekanik bejana mengakomodasi keadaan vakum maksimum yang mungkin terjadi (full vacuum rating)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Penggunaan sistem pengendalian tekanan dengan blanketing gas untuk meminimasi vakum</li> <li>Sistem udara pemecah vakum</li> <li>Menginterlock sistem untuk men-shut down kompresor/ blower pada saat low pressure</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Lakukan shutdown manual kompresor/ blower pada saat alarm tekanan rendah</li> </ol>
26.	Level liquid external tinggi	Tekanan dinding luar tangki tinggi karena permukaan air dalam dike dan vault (pergerakan bumi) menyebabkan bergesernya tangki atau collapse pada bagian luar tangki	<ol style="list-style-type: none"> <li>Perancangan mekanik bejana mengakomodasi tekanan luar maksimum</li> <li>Penggunaan penampungan yang bisa dipindah</li> <li>Menggantung tangki</li> <li>Meninggikan tangki</li> <li>Kedalaman dike membatasi level cairan</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Pengaturan level dike dengan mendrain secara otomatis atau memompa habis</li> <li>Sistem drain dengan gelontoran air hujan</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Instruksi pengoperasian untuk memeriksa dike secara periodik dan men-drainnya jika perlu</li> <li>Instruksi pengoperasian untuk mendrain air gelontoran hujan yang terkumpul pada dike</li> <li>Jaga agar tangki terisi hingga minimum level</li> </ol>
27.	Temperatur tinggi	Temperatur tinggi pada umpan masuk	<ol style="list-style-type: none"> <li>Perancangan mekanik bejana mengakomodasi kemungkinan temperatur dan tekanan maksimum pada umpan</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Meng-interlock temperatur tinggi untuk menjalankan pendinginan atau menghentikan umpan pada temperatur yang diinginkan</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Instruksi untuk menghentikan umpan jika temperatur naik sampai nilai tertentu</li> </ol>
28.	Temperatur tinggi	Kegagalan sistem pendinginan/ pemanasan	<ol style="list-style-type: none"> <li>Perancangan mekanik bejana mengakomodasi kemungkinan temperatur dan tekanan maksimum karena gagalnya perpindahan panas</li> <li>Menggunakan media pemanas yang temperaturnya terbatas hingga temperatur desain bejana</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Alarm temperatur tinggi yang meng-interlock sistem shutdown</li> <li>Menyiagakan tambahan pendinginan/ pengencer atau sistem pemindah panas</li> <li>Emergency relief device</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Shutdown secara manual pada indikasi temperatur tinggi</li> </ol>
29.	Temperatur tinggi	Reaksi kimia	<ol style="list-style-type: none"> <li>Perancangan mekanik bejana mengakomodasi kemungkinan temperatur dan tekanan maksimum karena reaksi eksotermis</li> <li>Gantikan dengan zat yang kerang reaktif</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Emergency relief device</li> <li>Alarm temperatur tinggi yang meng-interlock sistem shutdown</li> <li>Penambahan secara otomatis inhibitor dan atau cairan pengencer</li> <li>Mengaktivasi secara otomatis sistem pendinginan</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Inisiasi secara manual sistem shutdown, quench, penambahan pendinginan pada saat temperatur tinggi</li> </ol>
30.	Temperatur tinggi	Api dari luar atau kerusakan refractory liner di bagian dalam bejana	<ol style="list-style-type: none"> <li>Memendam tangki (bawah tanah atau dirug) (pertimbangkan isu lingkungan)</li> <li>Pengunaan insulasi tahan api</li> <li>Siapkan jalur terpisah untuk ceceran cairan flamable</li> <li>Tempatkan bejana pada tempat dengan paparan yang minimum</li> <li>Atur penempatan dan jarak antar tangki</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Perlindungan api pasif – water spray (deluge), sistim foam yang keduanya diaktivasi oleh alat deteksi flammable gas, nyala dan asap</li> <li>Emergency relief devices</li> <li>Alat deteksi api</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Prosedur keadaan darurat</li> <li>Aktivasi manual sistem perlindungan api fixed – water spray (deluge) dan sistim foam</li> <li>Memonitor temperatur bejana dengan termokopel atau alat optik</li> </ol>
31.	Temperatur tinggi	Pengadukan mekanis berlebihan	<ol style="list-style-type: none"> <li>Perancangan mekanik bejana mengakomodasi kemungkinan</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Deteksi temperatur tingi men-shutdownkan pengaduk</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Instruksi untuk menghentikan pengaduk pada saat indikasi</li> </ol>

			<ul style="list-style-type: none"> <li>temperatur dan tekanan maksimum</li> <li>2. Membatasi daya motor pengaduk</li> <li>3. Biarkan bejana tidak terinsulasi untuk perpindahan panas</li> </ul>		temperatur tinggi
32.	Temperatur rendah	Temperatur ambien rendah	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Perancangan mekanik bejana mengakomodasi kemungkinan temperatur ambien rendah</li> <li>2. Memendam tangki (bawah tanah atau diurug) (pertimbangkan isu lingkungan)</li> <li>3. Menginsulasi tangki</li> <li>4. Menempatkan tangki dalam ruangan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Secara otomatis mengaktifkan sistim pemanas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Secara manual mengaktifkan sistim pemanas atau men-drain material yang dapat membeku</li> </ul>
33.	Temperatur rendah	Kegagalan sistem kendali pada pemanas/ pendingin	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Perancangan mekanik bejana mengakomodasi kemungkinan temperatur rendah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Alarm temperatur rendah yang meng-interlock sistim shutdown</li> <li>2. Sistim pemanas tambahan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Mengoperasikan atau mengaktifkan pemanas/ pendingin cadangan secara manual</li> </ul>
34.	Temperatur rendah	Umpas masuk vessel dengan temperatur rendah	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Perancangan mekanik bejana mengakomodasi kemungkinan temperatur umpas rendah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Alarm temperatur rendah meng-interlock isolasi umpas</li> <li>2. Alarm temperatur rendah meng-interlock pemanasan eksternal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Instruksi untuk mengisolasi umpas pada indikasi emperatur rendah pada umpas</li> </ul>
35.	Temperatur rendah	Bocornya refrijeran ke dalam bejana	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Perancangan mekanik bejana mengakomodasi kemungkinan temperatur rendah refrijeran</li> <li>2. Gunakan refrijeran dengan tekanan uap di bawah tekanan proses</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Alarm temperatur rendah meng-interlock sistim shutdown dan atau isolasi refrijeran</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Sistim shutdown manual pada saat indikasi temperatur rendah</li> </ul>
36.	Temperatur rendah	Depresurasi bejana yang mengandung liquefied gas	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Gunakan metalurgi yang sesuai untuk temperatur rendah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Meng-interlock penutupan valve depresurasi pada temperatur tertentu</li> <li>2. Menyediakan pemanasan eksternal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Instruksi untuk deinventori cairan sebelum</li> </ul>
37.	Cairan Meluap	Pengendalian level gagal menyebabkan ceceran	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Memasang nozzle overflow menuju sistem penampung</li> <li>2. Pengisian closed loop</li> <li>3. Menyiapkan diking atau drainase untuk menjauhkan lemleran</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Alarm level tinggi dan secara otomatis menyetop atau mengisolasi umpas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Instruksi ntuk menghentikan umpas jika level telah mencapai harga tertentu</li> </ul>
38.	Cairan Meluap	Cross-connection yang tidak tepat atau tidak terantisipasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Memasang nozzle overflow menuju sistem penampung</li> <li>2. Menggunakan koneksi yang tersendiri</li> <li>3. Menggunakan koneksi yang incompatible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Alarm level tinggi dan secara otomatis menyetop atau mengisolasi umpas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Instruksi pengoperasian untuk membenahi koneksi antara tangki dan bejana sebagaimana ijinnya</li> <li>2. Instruksi pengoperasian/ maintenance untuk mengisolasi tangki dengan jalan blinding dan disconnecting</li> <li>3. Isolasi manual pada level tinggi</li> </ul>
39.	Cairan Meluap	Kebocoran dari sistem pendingin/ pemanas	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Memasang nozzle overflow menuju sistem penampung</li> <li>2. Sistem pendingin/ pemanas eksternal</li> <li>3. Pengoperasian sistem pendingin/ pemanas dengan tekanan di bawah tekanan proses</li> <li>4. Penggunaan pemindahpanas double tubesheet</li> <li>5. Penggunaan fluidapemindah panas intermediet dengan tekanan di bawah tekanan operasi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Alarm level tinggi dan secara otomatis menyetop atau mengisolasi sistim pendingin/ pemanas</li> <li>2. Bonding listrik dari floating roof ke tangki</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Peralatan deteksi bocor (mis. PH, konduktivitas, kapasitansi)serta manual isolasi</li> </ul>

40.	Cairan Meluap	Kebocoran atau pengisian berlebihan dari sistem utilitas cair (mis. Air utilitas)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Memasang nozzle overflow menuju sistem penampung</li> <li>2. Hambatan orifice pada sambungan utilitas</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alarm level yang meng-interlock isolasi sistimutilitas</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Operator mengisolasi utilitas (mis. Memutus koneksi, mem-blind, melakukan double block atau venting)</li> <li>2. Peralatan deteksi bocor (mis. PH, konduktivitas, kapasitansi)serta manual isolasi</li> </ol>
41.	Level cairan rendah	Kegagalan sistem kendali tekanan	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Memasang nozzle underflow untuk menjaga level cairan minimum di bejana</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alarm level rendah yang disambung dengan shut-off mencegah penarikan cairan lebih lanjut dari bejana dengan jalan shutdown pompa atau penutupan block valve</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Shutoff manual pada saat idikasi level rendah</li> </ol>
42.	Level cairan rendah	Pemasangan cross-connection yang tidak benar dan tidak terantisipasi meyebabkan keluaran yang tidak terkontrol	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Memasang nozzle underflow untuk menjaga level cairan minimum di bejana</li> <li>2. Hilangkan semua cross-connection yang tidak perlu</li> <li>3. Gunakan kopling yang tidak sesuai ntuk menghindari cross-connection yang tidak benar dimana hoses digunakan</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alarm level rendah dengan shutoff untuk mencegah penarikan cairan lebih lanjut dengan jalan men-shutdownkan pompa atau menutup block valve</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Instruksi pengoperasian untuk membenahi koneksi antara tangki dan bejana sebagaimana ijinnya</li> <li>2. Instruksi pengoperasian/maintenance untuk mengisolasi tangki dengan jalan blinding dan disconnecting</li> <li>3. Mengisolasi keluaran secara manual pada indikasi level rendah</li> </ol>
43.	Level cairan rendah (Floating Roof Tank)	Menyalanya zat-zat flammable dalam ruang kosong dalam bejana mengiringi level rendah sebagai akibat dudukan floating roof pada internal leg	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Memasang nozzle underflow untuk menjaga level cairan minimum di bejana</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Meng-interlock level rendah untuk men-shutdownkan transfer pump</li> <li>2. Melakukan bonding antara floating roof dengan tangki</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Instruksi pengoperasian untuk memonitor level tangki secara periodik</li> </ol>
44.	Loss of Containment	Impeller agitator yang tidak tercelup sempurna mengakibatkan excessive forces pada dinding dan head bejana	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Memasang nozzle underflow untuk menjaga level cairan minimum di bejana</li> <li>2. Merancang agitator agar dapat running dengan stabil pada saat pengisian dan pengosongan (mis. stiffer shaft, foot bearing)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Shutoff level rendah untuk mencegah penarikan cairan lebih lanjut dari dalam bejana</li> <li>2. Alarm level rendah meng-interlock secara otomatis untuk men-shutdownkan agitator</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Instruksi untuk menghentikan agitator pada sebelum membahayakan</li> </ol>
45.	Loss of Containment	Korosi yang disebabkan oleh fluida	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penggunaan material yang tahan karat pada saat perancangan</li> <li>2. Protective coatings dan paints</li> <li>3. Desain tangki dengan dinding ganda</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penambahan corrosion inhibitor secara otomatis</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pemasangan corrosion coupon yang diambil dan dianalisis secara bertahap</li> <li>2. Pengukuran ketebalan secara reguler (mis. nondestructive testing) pada titik-titik tertentu</li> <li>3. Analisis on-line corrosion analysis</li> </ol>
46.	Loss of Containment	Tanah di bagian bawah tidak kokoh	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Perancangan dan konstruksi pondasi bejana (piling dan soil compaction)</li> </ol>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Respon untuk menanggapi ketidakkokohan pondasi</li> </ol>
47.	Loss of Containment	Serangan beku (pada tangki cryogenic)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Perancangan dan konstruksi pondasi bejana (penyangga yang lebih tinggi)</li> <li>2. Insulasi antara tangki dengan dengan pondasi</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sistem pemanas pondasi</li> </ol>	
48.	Loss of Containment	Koneksi menuju open drain	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Hilangkan koneksi pada dasar bejana</li> <li>2. Batasi ukuran koneksi drain</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Valve drain yang menutup sendiri</li> <li>2. Check valve pada excess flow</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Instruksi pengoperasian/maintenance untuk menutup drain jika tidak digunakan</li> </ol>
49.	Loss of Containment	Hilangnya sealing fluid menuju pengaduk bejana	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sirkulasi isi bejana dari luar dengan pompa tanpa seal</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sensor zat flammable dan atau uap beracun yang meng-interlock</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Operator secara visual mengecek ketinggian reservoir secara reguler</li> </ol>

		karena seal failure dan emisi zat flammable atau uap beracun	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Penggunaan double /tandem mechanical seal</li> <li>3. Perancangan alternatif tanpa menggunakan agitator dengan seal (mis. reaktor kontinyu dengan mixer statis)</li> </ol>	agitator	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Reservoir seal liquid musti memiliki sensor level rendah dan alarm</li> <li>3. Sensor zat flammable dan uap beracun</li> <li>4. Respon cepat operator pada saat ada indikasi seal yang bocor</li> </ol>
50.	Loss of Containment (Floating Roof Tank)	Kerusakan seal pada external floating roof diikuti dengan kebakaran	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menggunakan fixed roof tank</li> <li>2. Double seal roof</li> <li>3. Electrical bonding / grounding of roof and shell</li> </ol>		1. Sistem fire fighting dengan foam
51	Loss of Containment (Floating Roof Tank)	Floating roof terbenam salju atau air di puncaknya atau korosi pada pontoons/ roof	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menggunakan fixed roof untuk melindungi floating roof</li> <li>2. Menggunakan floating roof medel double deck atau pontoon</li> <li>3. Memilih material tahan karat untuk floating roof</li> </ol>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prosedur pengoperasian untuk mendrain roof secara periodik</li> <li>2. Prosedur keadaan darurat</li> <li>3. Inspeksi dan perbaikan pontoons secara periodik</li> </ol>
52.	Loss of Containment (Tangki terpendam dan Bejana terinsulasi)	<p>Korosi karena:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Kontaminasi tanah</li> <li>❖ Embun terjebak antara insulasi dan dinding tangki</li> <li>❖ Kontaminasi bahan kimia</li> <li>❖ Lingkungan yang agresif</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pengecatan dan protective coating</li> <li>2. Menggunakan konstruksi di atas tanah</li> <li>3. Jangan menginsulasi tangki</li> <li>4. Letakkan bejana bawah tanah dalam secondary containment</li> <li>5. Pasang jaket tahan-cuaca untuk melindungi insulasi dari embun khususnya jika terdapat klorida</li> </ol>	1. Proteksi katodik	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pemeriksaan dan analisis corrosion coupon secara periodik</li> <li>2. Pengukuran secara reguler pada titik titik tertentu</li> <li>3. Deteksi kebocoran rutin</li> </ol>
53.	Wrong composition	Cross-connection yang salah dan tidak terantisipasi	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penggunaan koneksi tersendiri</li> <li>2. Penggunaan kopling yang tidak sesuai</li> <li>3. Pemisahan secara fisik koneksi material yang incompatible pada titik yang berbeda</li> </ol>	1. Penggunaan interlock untuk mencegah kombinasi kombinasi lain penambahan material	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Instruksi pengoperasian untuk membenahi koneksi antara tangki dan bejana sebagaimana ijinnya</li> <li>2. Mengisolasi tangki dan bejana melalui blinding dan pencopotan koneksi</li> <li>3. Melakukan analisis sampel sebelum transfer</li> <li>4. Pengkodean dengan pewarnaan dan pelabelan alur alir</li> </ol>
54.	Wrong composition	Kebocoran atap tangki dan koil (pemanas/ pendingin)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Letakkan dalam ruangan (melindungi dari hujan)</li> <li>2. Pemanasan/ Pendinginan eksternal dengan leak protection</li> <li>3. Menggunakan pemanas listrik bukan kukus</li> </ol>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Melakukan analisa secara rutin untuk mendeteksi adanya air atau coil fluid lain pada material dalam tangki</li> <li>2. Mendrain secara periodik floating roof</li> </ol>
55	Wrong composition	Perubahan komposisi umpan	1. Desain dan simulasikan untuk seluruh kemungkinan variasi umpan	1. Pasang on-line analyzer dengan alarm dan interlock	1. Secara intermittent lakukan sampling dan analysis berikut instruksi untuk menghentikan umpan
56.	Wrong composition	Komposisi dan konsentrasi inhibitor yang keliru		1. Penendalian secara otomatis laju penambahan inhibitor	1. Instruksi pengoperasian untuk memastikan keefektifan inhibisi secara periodik
57.	Kurangnya pengadukan	Kegagalan agitator menyebabkan stratifikasi lapisan yang tak saling mencampur	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pencampuran umpan secara in-line dan eksternal sebelum memasuki umpan</li> <li>2. Penggunaan material yang kompatibel atau secara mutual saling melarut</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Memonitor agitator dengan interlock untuk menghentikan aliran umpan</li> <li>2. Menyiapkan pompa back-up otomatis</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Secara manual mengaktifasi pompa back-up</li> <li>2. Secara manual men-sht-off umpan pada saat terdeteksi gagalnya pengadukan</li> </ol>