

## **BAB 6**

### **PENERAPAN K3 PADA BEJANA BERTEKANAN**

#### **6.1 Umum**

Kecelakaan karena peledakan pada suatu bejana bertekanan pada umumnya berakibat fatal, Lebih parah lagi apabila membawa akibat korban manusia mengingat peledakan bejana ini sangat dahsyat. Hal ini terbukti dengan hancurnya bejana tekanan tersebut sehingga menjadi berkeping-keping ataupun karena terlemparnya bejana dari tempat semula.

Seperti kita ketahui suatu bejana tekanan adalah suatu bejana yang tertutup dengan tekanan tertentu di dalamnya. Dengan demikian bejana ini disamping bahan konstruksi yang memenuhi syarat juga harus dibuat melalui perhitungan-perhitungan standard yang sudah ditentukan sesuai dengan tekanan yang ada di dalamnya.

Adanya cacat konstruksi pada suatu bejana tekan dengan sendirinya tidak dikehendaki, demikian Juga dengan peralatan-peralatan (pengaman) tambahan seperti, appendages sangat diperlukan bagi suatu bejana tekan, yaitu sebagai alat pengaman tekanan lebih apabila bejana tekan mempunyai tekanan melebihi dari tekanan semula atau tekanan yang ditentukan sesuai dengan standar

#### **6.2 Perencanaan**

Langkah pertama yang sangat penting dalam pembuatan bejana tekan, adalah perencanaan dengan perhitungan sesuai standar yang diinginkan / diminta, ini diperlukan guna mengetahui kondisi yang dikehendaki bagi bejana tersebut. Langkah selanjutnya yang harus ditempuh adalah dengan perhitungan uji coba atau pengujian coba sebelum bejana tekan tersebut dinyatakan sudah siap pakai.

Dalam perencanaan, faktor yang harus diketahui dan merupakan dasar pertimbangan dalam perencanaan adalah :

1. Tekanan
2. Temperatur
3. Bahan pengisi bejana
4. Pengaruh perubahan tekanan dan temperatur
5. Pengaruh adanya peralatan-peralatan lain seperti pipa-pipa ataupun beban-beban lainnya.
6. Pengaruh cuaca disekitarnya.

Guna mendapatkan kesempurnaan hasil jadi pembuatan suatu bejana maka faktor tersebut di atas harus diperhatikan. Segala ketentuan mengatur hal ini pada umumnya sudah tercantum dalam standard-standard bejana. Khususnya mengenai bahan-bahan bejana yang digunakan antara lain: baja karbon, paduan, stainless steel, aluminium, nikel, tembaga dan sebagainya ataupun bahan-bahan non metalik, seperti glass yang telah diperkuat dengan plastic. Glass reinforced plastic (GRP). Kita telah mengenal beberapa standard yaitu ASME; JIS; SAA; British Standar (BS), dan sebagainya.

Dengan demikian untuk mendalami pengetahuan tentang bejana bertekanan berarti kita harus mengetahui pula standard-standard ini disamping pengetahuan-pengetahuan dasar teknik yang sebelumnya harus sudah dinilai.

### **6.3 Temperatur**

Penggunaan bahan pada temperatur yang tinggi berarti untuk mempengaruhi kekuatan konstruksi bahan yaitu sifat mekanisnya seperti keuletan, kekuatan, kekerasan dan akan menjadikan bahan tersebut menjadi rapuh, kaku ataupun berubah sifat-sifat aslinya sehingga membahayakan bagi kekuatan konstruksi semula.

### **6.4 Korosi (karat)**

Korosi ataupun perkaratan pada bejana tekanan juga salah satu sebab yang menjadikan kekuatan konstruksi suatu bejana berkurang pengaruh korosi tersebut antara lain:

1. Adanya korosi sebagian konstruksi menjadi hilang dan ini merupakan cacat.
2. Adanya korosi bahan menjadi rapuh atau retak sebagai akibat dari retak korosi tegangan (stress, corrosion coating).
3. Adanya korosi memperlemah sifat-sifat penghantar bahan.
4. Adanya korosi menguasai sifat-sifat mekanis.

Korosi tak dapat dikurangi dengan cara pemeliharaan bahan yang tepat ataupun memberikan perlindungan semata-mata akan tetapi agar diperhitungkan saat perencanaan pertama dengan bahan-bahan yang akan terjadi dan menyagkut pula jangka waktu kemampuan material bertekanan (life time).

Faktor kekurangan bahan akibat korosi harus dihindari dan dicegah dengan pengadaan inspeksi secara berkala. Kerapuhan akibat korosi, retak tak dapat ditolerir, faktor pemilihan bahan yang tepat, system pengelasan dan perencanaan yang tepat merupakan kunci pencegahan terjadinya korosi.

## 6.5 Konstruksi

Bejana tekanan cukup kuat didapat apabila pelaksanaan pembuatan berdasarkan standard yang ada. Termasuk standard sambungan-sambungan las merupakan hal yang sangat penting dan sangat mendapat perhatian dalam pelaksanaan pembuatan suatu bejana tekanan mengikat kuat atau tidaknya suatu konstruksi tergantung dari hasil sambungan las ini. Sifat hasil sambungan harus mencerminkan kekuatan yang sesuai dengan bahan yang disambung dan ini hanya dapat dilaksanakan berdasarkan standard tadi dan dilakukan (dikerjakan) oleh Welden yang qualified.

Untuk menjamin kebaikan sambungan ini, sambungan-sambungan harus diadakan pengujian baik destructive maupun non destructivenya setelah selesai penyambungan konstruksi bejana.

Dalam hal pelaksanaan sambungan pengelasan harus dapat memperlihatkan sertifikat procedure pengelasan dari suatu bejana tekanan sesuai dengan standar WPS yang ditentukan. Hal ini ini tergantung kebutuhan standard bejana tekanan yang dilakukan, kesulitan pelaksanaan pengelasan dan faktor keselamatan yang digunakan dan pengujian yang dilaksanakan.

## 6.6 Tingkat Pengaman

Ada beberapa jenis tingkat pengaman yang kita ketahui antara lain:

- Tingkat pengaman dengan pegas.
- Tingkat pengaman dengan beban.

Kegunaan tingkat pengaman ini bagi suatu bejana tekanan adalah untuk melepaskan tekanan.

Syarat-syarat yang harus dipenuhi:

1. Pada saat bekerja dengan kapasitas maximum sat tekanan tertinggi tekanan kerja, tidak akan meningkat lebih 10% dari tekanan kerja yang diperbolehkan.
2. Tingkat pengaman harus mudah digerakkan bibir-bibir pengantar klepnya dengan tangan tanpa menggunakan pembuangan uap melalui tingkat.

Tingkat harus dapat dikunci/disegel dan tidak dapat dirubah orang yang tidak bertanggung jawab.

## 6.7 Pedoman Tingkatan

Syarat-syarat pedoman tekanan:

1. Harus mempunyai harga tekanan yang sesuai dengan tekanan kerja pesawatnya. Batas terendah tidak kurang dari  $1 \frac{1}{2}$  x tekanan kerja dan tidak lebih dari 2 x tekanan kerjanya.
2. Harus mempunyai angka-angka yang jelas dan mudah dibaca dengan tanda maximum yang diperbolehkan.

## 6.8 Dasar Hukum

*Peraturan dan Perundang – undangan bejana tekan, yang ada selama ini masih mengacu pada : PEDOMAN/PERATURAN DARI KETEL-KETEL UAP DAN BEJANA-BEJANA UAP*

Adapun sebagai pedoman peraturan perundangan dan ditunjang dengan standar teknis yang berlaku dibidang penanganan masalah ketel uap dan bejana uap adalah:

1. Undang-undang No. 14 tahun 1969 tentang Ketentuan-ketentuan Pokok mengenai Tenaga Kerja.
2. Undang-undang No. 1 tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja.
3. Undang-undang dan Peraturan Uap 1930.
4. Surat-surat Keputusan Menteri.
5. Surat-surat Edaran.
6. Instruksi-instruksi.
7. Dasar-dasar Penilaian dan Perhitungan Pesawat-pesawat dan Bejana-bejana tekanan.

Standar internasional bejana tekan mengacu pada :

1. Standar Amerika ASAIE.
2. Standar Inggris B.S.
3. Standar Jerman DIN
4. Standar Belanda HCNN
5. Standar Jepang JIS.

## 6.9 Sejarah Perkembangan Ketel Uap Dan Bejana Uap

Sejak dahulu manusia selalu berusaha, supaya dapat bergerak untuk melakukan kekuatan yang lebih besar dari pada kekuatan ototnya. Untuk menggantikan kekuatan ototnya dipakai tenaga dari binatang kuda, yang mempunyai kekuatan yang lebih besar dan mampu bekerja dengan waktu yang lebih lama pula.

Pada jaman dahulu tenaga kuda diperlihatkan untuk mengilang gandum. Dan kuda berjalan berkeliling menurut satu lingkaran sambil menarik batang dihubungkan dengan poros batu kilang dibagian atas sehingga batu kilang bagian atas berputar menggiling butir-butir gandum yang berada diantara batu kilang atas dan bawah. Kemudian manusia menemukan cara lain untuk mengilang gandum yaitu dengan menggunakan kekuatan pendorong alam yaitu angin.

Dalam hal di mana tenaga angin dimanfaatkan untuk menggerakkan sayap kincir angin dan tenaga putaran kincir dialihkan melalui roda-roda dan batang pemutar batu pengilang gandum seperti penjelasan tenaga kuda diatas. Pemakaian kekuatan pendorong alam lainnya yang menggunakan sebuah kincir air yang digerakkan oleh air yang mengalir dan ditumbuhkan pada sudu-sudu dari roda, sehingga roda kincir air akan berputar.

Gerakan berputar dari roda ini selanjutnya dipindahkan melalui roda gigi dan batang poros pemutar menggerakkan batu kilang untuk penggilingan butir-butir gandum. Pada tahun ± 1760, James Watt, seorang bangsa Inggris. Telah berhasil memakai uap sebagai kekuatan pendorong. Dia adalah yang pertama membuat instalasi tenaga uap yang terdiri dari sebuah ketel uap dan mesin uap.

Tenaga Uap yang diperoleh dari penguapan ketel uap pertama, dipewrkenalkan oleh James Watt yang dikenal dengan nama kecil ketel gerbong.

Ketel uap jenis ini terdiri dari dua sisi yang rata, pada sisi atasnya merupakan puncak ketel berbentuk setengah silinder dan dasar sisi pelatnya dilengkungkan ke dalam. Dari bagian muka dan belakang ditutup dengan pelat rata yang masing-masing disebut tutup depan dan belakang. Dibagian bawah ketel terdapat ruang pembakaran untuk membakar bahan baker guna memanaskan ketel.

Dewasa ini sesuai dengan kemajuan zaman dan perkembangan ilmu dibidang teknik dan teknologi, maka dibidang konstruksi untuk penggunaan tenaga uap instalasinya sudah jauh berubah.

Ketel uap berfungsi untuk mengubah air menjadi uap dengan pertolongan panas. Uap yang dihasilkan oleh ketel uap selain digunakan untuk tenaga penggerak digunakan pula untuk pemanasan.

Sehubungan dengan penggunaan uap, maka telah banyak dibuat pesawat-pesawat uap selain uap yang disesuaikan dengan tujuan penggunaannya antara lain pemanas air, pemanas uap, pesawat penguap, bejana uap dan lain sebagainya.

Ketel uap adalah suatu pesawat yang dibuat untuk mengubah air ada di dalamnya, sebagian menjadi uap dengan jalan pemanasan. Untuk pemanasan diperoleh dari pembakaran bahan baker, jadi setiap ketel uap harus mempunyai atau dilengkapi dengan sebuah tempat pembakaran.

Konstruksi tempat pembakaran bahan baker tergantung kepada jenis bahan baker yang akan dipakai. Dalam keadaan bekerja ketel uap di dalamnya terdapat tekanan dan setiap ketel uap harus mampu menahan tekanan ini. Kekuatan ketel uap tergantung dari bentuknya dan badan asal yang dipergunakan untuk pembuatan ketel ini.

Biasanya ketel uap terdiri dari satu silinder atau dari gabungan silinder-silinder dan pipa-pipa.

Bahan untuk ketel uap maupun pesawat uap selain ketel uap harus mempunyai kualitas yang baik, karena untuk bekerja dalam temperatur dan tekanan yang tinggi, ketel ini harus dapat menahan tekanan uap yang besar.

Ketel uap dalam keadaan bekerja, sebagai bejana yang tertutup atau tidak berhubungan dengan udara luar, karena selama berlangsung pemanasan melalui bidang yang dipanaskan atau luas pemanasan dari ketel uap, maka air akan mendidih selanjutnya berubah menjadi uap panas dan bertekanan.

Setiap terjadi kenaikan temperatur uap dalam ketel, maka tekanan uap akan meningkat pula; jadi kenaikan temperatur uap dan kenaikan tekanan berhubungan erat.

Seperti setelah kita ketahui panas adalah suatu sumber energi atau dengan pertolongan panas, kita dapat melakukan suatu usaha, yang mana hal ini kita jumpai pada penggunaan ketel-ketel uap dan pesawat-pesawat uap dilapangan industri.

Panas dari api dan gas panas, yang dihasilkan dari suatu dapur ketel atau dari panas sisa (waste heat), melalui bidang pemanasan, dipindahkan ke air terlebih dahulu mengembang, kemudian berubah menjadi uap, sehingga volumenya dengan cepat akan bertambah.

Panas sebagai sumber dari suatu gerak, memberikan kecepatan kepada molekul-molekul air yang bergerak simpang siur, sehingga kohesinya atau daya tarik menarik diantara molekul-molekul air saling berdesak-desakan dan pada keadaan demikian tetap tinggal dalam ketel uapnya, maka karena itu terjadilah peningkatan tekanan dalam ketel uap.

Untuk memahami ketel uap, haruslah kita mengetahui sifat-sifat yang terutama dari uap, dan peristiwa penting yang terjadi pada pembuatan uap.

Secara sederhana bentuk ketel uap kita misalnya sebagai bejana logam, yang sebagian ruangnya berisi dengan air.

Bejana berisi air tersebut dalam keadaan terbuka, dibiarkan tanpa dipanasi dan setelah beberapa lama, dengan jalan menimbang, bahwa air di dalamnya telah berkurang.

Rupanya dengan tidak dipanasi, air telah berubah menjadi uap dan keluar dari lubang yang terbuka.

Peristiwa ini disebut menguap, dan dalam hal ini pembentukan uap hanya terjadi pada permukaan air saja.

Bila air dalam bejana, sekarang kita panaskan dengan menempatkan sebuah sumber air dari pembakaran gas di bawahnya, maka temperatur air naik bertambah tinggi, air mulai bergerak sedang gelembung-gelembung uap terlepas keluar.

Selanjutnya, ternyata bahwa penguapan dapat terjadi pada tiap-tiap temperatur.

Kenaikan temperatur dapat dilihat dengan thermometer, sedang pergerakan bagian-bagian air dapat dilihat dengan menghamburkan serbuk gergaji ke dalam air.

Pergerakan air terjadi karena kenaikan temperatur tidak sama pada segala tempat. Air pada dasar bejana, yang lebih dekat dengan nyala api, akan lebih cepat naik temperaturnya dari pada di tempat-tempat yang lain.

Karena dipanaskan maka berat jenis air berkurang dan air yang panas akan naik, akibatnya air yang masih dingin akan turun dan hal ini berlangsung terus selama pemanasan air dilahan.

Pada pemanasan air dengan arus air yang teratur disebut peredaran air. Peredaran ini sangat penting dalam ketel uap karena dengan peredaran yang baik akan bermanfaat untuk mendapatkan air yang cepat dan pemanasan yang merata.

Peredaran air yang baik sangat tergantung kepada penempatan sumber panas ke dalam ketel. Air yang tidak turut beredar dalam ketel disebut air mati. Jadi temperatur air ini tidak secepat air yang beredar naiknya. Ini dapat membahayakan bagi ketel uap, karena dinding ketel uap akan mendapatkan pemanasan setempat, sehingga pemuatan ketel tidak sama dan karenanya mungkin terjadi tekanan-tekanan yang besar dalam pelat ketel atau pada sambungan-sambungannya.

Pada Gambar ketel memperlihatkan kepada kita, bagaimana pengaruh letak sumber panas, yang tidak tepat sehingga peredaran air menjadi tidak merata, terdapat air mati dan ini merupakan peredaran air yang buruk.

Bila air dalam bejana dipanaskan terus, temperatur bertambah tinggi, pada akhirnya pelepasan gelembung-gelembung uap akan terhenti dan penguapan bertambah cepat.

Setelah temperatur air mencapai 100 °C, gelembung-gelembung uap yang dibentuk dalam seluruh zat cair, sampai pada permukaan dan lepas dari zat cair seperti pada gambar 7.

Karena bejana ini terbuka uap yang berbentuk akan lepas keluar melalui bagian yang terbuka dan peristiwa ini disebut air mendidih.

Mendidih adalah suatu peristiwa, di mana pembentukan uap terjadi dalam seluruh masa zat cair.

Titik mendidih dari suatu zat cair tergantung kepada tahanan, yang menekan pada permukaan zat cair, karena gelembung uap harus sanggup mengalahkan tekanan permukaan air disekelilingnya.

Pada bejana yang terbuka, tekanan udara luar yang menekan pada permukaan air, besarnya 1 atmosfer, pada tekanan ini air mendidih pada 100 °C. Dalam ikhtisar tertulis di bawah terdaftar titik mendidih dari air pada bermacam-macam tekanan. Dengan tekanan mutlak dimaksud, tekanan yang diukur dari keadaan hampa udara sempurna.

Seperti telah kita ketahui tekanan pukul rata di udara luar adalah 1 atmosfer, yang bersamaan dengan tekanan 1,0332 kg/cm<sup>2</sup>.

Dari daftar ternyata, bahwa air yang berada dalam suatu ruangan ketel yang tertutup dengan tekanan 1, 0332 kg/cm<sup>2</sup>, mendidih pada temperatur 100 °C. Pada tekanan yang lebih besar dari 1 atmosfer umpamanya sebesar 5 kg/cm<sup>2</sup>, ternyata air akan mendidih pada temperatur 151,1°C.

Sebaiknya bila tekanan pada permukaan air lebih rendah dari 1 atmosfer misalnya 0,1257 kg/cm<sup>2</sup>, maka air akan mendidih pada temperatur sebesar 50°C.

## **6.10 Pengendalian Ketel Uap Dan Bejana Uap Serta Peralatan-Peralatan Bantunya**

Bentuk konstruksi ketel uap dan pesawat uap selain ketel uap dapat dibuat bermacam-macam, tergantung dari kesesuaian dalam pemakaiannya dan sebagainya. Sebagai bahan untuk ketel uap dan bejana uap selalu digunakan orang pelat baja yang dikenal dengan baja Siemens Martin atau pelat baja ketel jenis lainnya.

Suatu ketel uap harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

1. Harus hemat dalam pemakaian bahan baker. Hal ini dinyatakan dalam rendemen atau daya guna ketel.



2. Berat ketel dan pemakaian ruangan pada suatu hasil uap tertentu harus kecil.
3. Paling sedikit harus memenuhi syarat-syarat dari Direktorat Bina Norma Keselamatan Kerja Departemen Tenaga Kerja.

Ketel uap dapat dibagi menjadi beberapa golongan sebagai berikut:

1. Menurut tempat penggunaannya:
  - a. Ketel uap darat tetap, ialah semua pesawat uap yang ditembok atau berada dalam tembokan.
  - b. Ketel uap darat berpindah, ialah semua ketel uap atau pesawat uap yang tidak ditembok dan dapat dipindah-pindahkan.
2. Menurut bangunan letak sumbu silinder ketel:
  - a. Ketel uap tegak, di mana letak sumbu silinder tegak lurus dengan tempat kedudukan ketel uap.
  - b. Ketel uap mendatar, di mana letak sumbu silinder sejajar dengan permukaan tempat kedudukan ketel uap.
3. Menurut koonstruksi dan aliran panas:
  - a. Ketel uap tangki atau drum yang dilengkapi dengan lorong api.
  - b. Ketel uap pakai Bouiller.
  - c. Ketel uap yang dilengkapi dengan lorong api pipa-pipa api.
  - d. Ketel uap yang dilengkapi dengan satu drum atau dua drum serta sejumlah pipa air dan disebut ketel pipa air.
  - e. Ketel uap yang dilengkapi dengan sejumlah pipa air dan pipa api, yang dikenal dengan nama ketel uap combi.

Selain ketel uap dalam instalasi ketel uap terdapat pesawat uap. selain ketel uap semuanya itu disebutkan dengan pesawat uap.

Adapun yang termasuk pesawat uap selain ketel uap antara lain sbb:

1. Pemanas air.
2. Pengering uap.
3. Pesawat penguap.
4. Bejana uap.
5. Dan lain-lain.

### **6.11 Peralatan-Peralatan Bantu Ketel Uap**

Peralatan-peralatan bantu suatu ketel uap seperti disyaratkan dalam undang-undang dan peraturan uap terdiri dari alat-alat sebagai berikut:

1. Dua buah tingkap pengaman.
2. Satu Pedoman tekanan.
3. Dua buah gelas pedoman air.
4. Dua buah alat (pompa) pengisi air.
5. Satu alat tanda bahaya.
6. Satu kran penutup induk uap.
7. Dua lemari katup kran penutup air pengisi.
8. Kran penguras sebanyak yang diperlukan.
9. Satu pelat nama.

### **6.12 Definisi Dan Istilah-Istilah Tentang Ketel Uap, Bejana Uap & Peralatan Bantunya**

1. Ketel uap ialah satu pesawat yang dibuat guna memanaskan air menjadi uap dan uapnya dipergunakan diluar pesawatnya.
2. Pesawat uap selain ketel uap ialah suatu pesawat yang dibuat dan dipergunakan sebagai kelengkapan dari ketel uap, dalam system penggunaan uap, yang dihasilkan oleh suatu ketel uap.
3. Peralatan pesawat uap ialah semua alat atau peralatan yang berhubungan atau dipasang pada pesawat uapnya sesuai dengan fungsinya masing-masing.
4. Alat-alat pengaman pesawat uap ialah setiap alat yang dihubungkan atau dipasang pada pesawat uapnya sesuai dengan fungsinya masing-masing alat yang bertujuan agar pesawat uap dapat dipakai secara aman dalam operasinya.
5. Tingkap pengaman ialah suatu alat yang bekerja secara otomatis membuka dan menutup tingkat atau katupnya tergantung pada tekanan dan bagian yang dihubungkan dengan alat tersebut, sehingga ruangan yang berhubungan dengan alat itu dijamin dari kenaikan tekanan yang berlebihan.
6. Pedoman tekanan (Manimeter) ialah suatu alat pengukur tekanan dari suatu medium yang berada dalam suatu ruangan atau suatu aliran yang bertekanan dan sebagai medium dapat berupa uap, gas dan cairan.
7. Gelas pedoman air ialah suatu alat untuk dapat melihat tinggi kolom air yang ada di dalam ketel uap, yang mana gelas pedoman ini masing-masing ujungnya dihubungkan dengan ruangan uap dan ruangan air.
8. Alat pengontrol otomatis ialah suatu alat yang dapat memberitahukan kekurangan air di dalam ketel uap, di mana alat ini dapat berbunyi bila air di dalam ketel turun

melampaui batas air terendah yang diijinkan. Adapun alat yang digunakan berupa seruling atau kalkson otomatis yang bekerja secara elektronik dihubungkan dengan listrik.

9. Tanda batas air terendah yang diijinkan ialah suatu tanda yang dipasangkan pada ketel uapnya atau pada alat pedoman air yang mana penempatan tanda batas air terendah ini adalah 100 mm di atas garis api untuk ketel uap darat dan 150 mm di atas garis api untuk ketel uap kapal.
10. Keterangan atau katup pembuangan ialah suatu alat untuk mengeluarkan air atau kotoran berupa endapan Lumpur yang ada di dasar ketel uapnya dan berguna pula untuk mengeluarkan atau mengosongkan seluruh air, bila ketel uap akan dibersihkan.
11. Lubang lalu orang adalah suatu lubang yang terdapat pada ketel uapnya dengan ukuran 300 x 400 mm, yang mana melalui lubang tersebut orang dapat masuk guna melakukan pemeriksaan bagian dalam ketel uap.
12. Pelat nama adalah suatu pelat yang dipasangkan pada ketel uapnya berisikan identitas mengenai nama dan tempat pabrik pembuat, tekanan kerja yang diijinkan serta nomor seri pembuatan dari pabrik pembuat.
13. Luas pemanasan (Heating Surface), ialah dimaksud luas dalam M<sup>2</sup> (Meter persegi) semua bagian ketel yang dipanasi oleh nyal api dan gas panas, di mana pada sisi lainnya terdapat air.
14. Dapur ketel ialah ruangan pembakaran bahan bakar pada ketel uap.
15. Rendemen ketel ialah perbandingan antara panas yang diterima oleh air dan uap terhadap panas yang diberikan oleh bahan bakar.
16. Kapasitas ketel ialah kemampuan ketel untuk menghasilkan sejumlah uap dalam waktu satu jam.
17. Tekanan ialah suatu kekuatan yang bekerja tegak lurus pada sebuah bidang yang luasnya 1 cm<sup>2</sup> satuannya kg/cm<sup>2</sup>.
18. Tekanan udara ialah terdapat dalam ilmu alam, di mana tekanan udara (normal) = 76 cm Hg (kolom air raksa). Dalam teknik 1 kg/cm<sup>2</sup> = 1 atmosfer.
19. Tekanan lebih, dalam teknik kerap kali digunakan ruangan tertutup di mana di dalamnya berisi gas, uap, atau cairan yang menekan pada dinding ruangan tersebut. Selanjutnya tekanan ini disebut tekanan lebih, satuannya dalam kg/cm<sup>2</sup> atau atmosfer melebihi.

Pada ketel uap untuk mengukur tekanan lebih, digunakan alat yang disebut manometer tekanan atau pedoman tekanan.

### 6.13 Pedoman/Peraturan Dari Ketel-Ketel Uap Dan Bejana-Bejana Uap

Adapun sebagai pedoman peraturan perundangan dan ditunjang dengan standar teknis yang berlaku dibidang penanganan masalah ketel uap dan bejana uap, sebagaimana dicantumkan dalam bagian Dasar hukum dan peraturan dan perundangan, diatas

### 6.14 Pertimbangan-Pertimbangan Desain

Prinsip-prinsip desain type dan bentuk ketel uap atau pesawat uap. Setiap desain konstruksi suatu type dan bentuk ketel uap atau pesawat uap harus memenuhi prinsip-prinsip:

1. Gambar konstruksi harus memenuhi syarat mempunyai skala yang cukup dan dapat dibaca dengan jelas.
2. Data ukuran-ukuran pesawat serta bagina-bagiannya harus dituliskan secara jelas.
3. Gambar bagian (desain) konstruksi penyambungan antara bagian satu dengan lainnya harus dicantumkan, sehingga bentuk sambungan dapat diketahui secara jelas.
4. Pelaksanaan pembuatan pesawat uap harus memenuhi prosedur sesuai dengan standar yang berlaku.
5. Pelaksanaan pengujian pesawat uap harus memenuhi prosedur yang berlaku.

### 6.15 Spesifikasi Bahan

Bahan-bahan yang dipergunakan untuk pembuatan uap harus memenuhi syarat sesuai ketentuan yang berlaku berdasarkan standar penggunaan bahan.

Setiap bahan yang dipergunakan untuk pembuatan pesawat uap harus memiliki sertifikat bahan dengan data sebagai berikut:

- Spesifikasi bahan
  - Nomor, dan tanggal, bulan, tahun
  - Ukuran-ukuran dari bahan
  - Hasil-hasil pengujian secara mekanis dan sifat-sifatnya dari bahan
  - Hasil-hasil analisa kimia mengenai prosentase komponen unsure dalam bahan
  - Tanda pengesahan/legalisasi dari suatu bahan yang tidak memihak.
- o Sertifikasi bahan ini diperlukan sertifikasi bahan sebagai berikut:
    - Pelat bahan ketel uap atau bejana uap
    - Pelat front
    - Pelat pipa

- Pelat lorong api
- Pelat penguat
- Pipa-pipa api
- Pipa-pipa air dan sebagainya
- Kawat las atau elektroda las.

## 1. Penggolongan ketel uap

Ketel uap dibagi menjadi beberapa golongan sebagai berikut:

- a. Menurut tempat penggunaannya:
  - 1) Ketel uap darat tetap, ialah semua pesawat yang ditembok atau berada dalam tembokan.
  - 2) Ketel uap dapat berpindah, ialah semua pesawat yang tidak ditembok.
  - 3) Ketel uap kapal, yang biasa yang dipakai untuk dikapal laut dan sebagai ketel uap kapal.
- b. Menurut bangunan letak sumbu silinder ketel.
  - 1) Ketel uap tegak, di mana letak sumbu silinder, tegak lurus dengan tempat kedudukan ketel uap.
  - 2) Ketel uap mendatar sejajar dengan permukaan tempat kedudukan ketel uap.
- c. Menurut bangunan letak sumbu silinder ketel.
  - 1) Ketel uap tangki atau drum yang dilengkapi dengan lorong api (ketel corn wall).
  - 2) Ketel uap pakai Boilleur (ketel Boilleur).
  - 3) Ketel uap yang dilengkapi dengan lorong api dan pipa-pipa api (Ketel pipa api).
  - 4) Ketel uap yang dilengkapi dengan pipa-pipa air (ketel pipa air).
  - 5) Ketel uap yang dilengkapi dengan pipa air dan pipa api (ketel combi).

## 2. Metode Konstruksi

Pembuatan ketel uap dapat dilakukan dengan metode atau cara konstruksi penjelasan atau dengan pengelasan.

Konstruksi pengelasan adalah suatu cara pengelasan di mana sambungan dipanaskan sampai mencair dengan sumber panas dari busur listrik atau semburan api gas yang terbakar.

Bahan yang digunakan untuk penyambungan adalah kawat las yang disebut elektroda las, sedang bahan yang akan disambung atau dilas adalah pelat-pelat, pipa-pipa yang disebut bahan induk.

Pesawat yang digunakan untuk melakukan proses pengelasan adalah disebut mesin las listrik.

Cara pengelasan konstruksi yang paling banyak digunakan pada waktu ini adalah pengelasan cair dengan las busur listrik dan dengan las busur gas.

### **3. Penempatan Ketel Uap**

- a. Ruang ketel uap adalah bukan suatu tempat khusus, yang mana di dalamnya tiada pasti untuk bekerja.

Bagaimanapun juga peledakan ketel uap dalam tingkatan kekerasan yang berbeda-beda sering terjadi, kadang-kadang menyebabkan timbulnya malapetaka kematian, luka parah atau merusak harta benda yang dimilikinya.

Meskipun peledakan dalam ruangan ketel uap dapat timbul disebabkan adanya cacat-cacat pada peralatan, lebih banyak pula peledakan yang karena kurang hati-hati, keadaan tak tahu atau sempitnya pandangan dalam pengoperasian dan pemeliharaan.

- b. Ketel uap harus ditempatkan dalam suatu atau bangunan tersendiri yang terpisah dari ruangan kerja bagian lainnya. Antara ketel uap dengan dinding bangunan rumah ketel maupun dengan ruang tunggu untuk operator ketel, jaraknya harus cukup sehingga tidak mengganggu setiap orang yang melakukan tugas.

### **4. Penggolongan Bejana Uap**

Sama halnya dengan ketel uap, karena bejana adalah merupakan kelengkapan dari ketel uap, maka dalam penggunaannya akan selalu dekat dengan ketel uapnya.

Perbedaan antara ketel uap dan bejana uap adalah pada fungsi dari pada operasinya, ketel uap adalah sebagai penghasil uap sedang bejana uap adalah sebagai penerima uap dalam kelangsungan suatu proses yang menggunakan instalasi uap.

Menurut fungsi penggunaannya, maka bejana-bejana uap sebagai bejana dengan sebutan sebagai berikut:

- a. Bejana uap.

- b. Pengering uap.
- c. Penguap.
- d. Pemanas air.

Menurut operasinya dari bejana-bejana uap dapat dibagi menjadi 2 golongan sebagai berikut :

1. Sebagai bejana-bejana uap yang dalam operasinya dalam keadaan tertutup dengan nama-nama sebagai berikut:
  - 1) Revolving closed vessels; bejana-bejana tertutup yang berputar,
  - 2) Autoclaves,
  - 3) Digesters,
  - 4) Distilling apparatus,
  - 5) Hordening cylinders,
  - 6) Kiers,
  - 7) Rag and Straw Boilers,
  - 8) Rendering Tanks,
  - 9) Stationary Melter and Driers,
  - 10) Vulcanisers and Devulcanisers.
2. Sebagai bejana-bejana uap yang pada operasinya dalam keadaan terbuka
  - 1) Open Steam Jacketed kettles,
  - 2) Open evaporating pans.

### **6.16 Perawatan Ketel Uap**

Kita menyadari bahwa ketel uap dapat menimbulkan peledakan, korban manusia, kerugian harta benda yang mana semua itu adalah merupakan malapetaka yang tidak kita inginkan.

Dengan pengoperasian dan pelayanan yang baik, maka hal tersebut di atas dapat dihindari atau diperkecil dengan mengusahakan perawatan terhadap akibat-akibat buruk yang timbul pada ketel uapnya.

Usaha-usaha perawatan yang perlu dilakukan pada ketel uap adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pembersihan dari sisi luar ketel uap terhadap adanya jelaha atau kerak api yang menempel pada bagian dinding-dinding pipa api, lorong api, peti api dan bagian lainnya yang dilalui api dan gas panas.

2. Melakukan pembersihan dari sisi dalam ketel uap terhadap adanya endapan lumpur, batu ketel serta adanya korosi yang terdapat pada dinding-dinding pipa, lorong api, peti api dan bagian lainnya.
3. Pengolahan air pengisi ketel uap

Tujuan pengolahan air pengisi ketel uap adalah agar didapatkan suatu kualitas air yang memenuhi syarat sebagai air pengisi ketel uap. Pengolahan air ketel dimaksud adalah dengan memberikan dosis obat-obatan ke dalam air pengisi ketel yang bertujuan untuk mencegah timbulnya batu ketel korosi yang dapat membahayakan dalam pemakaian ketel uap.

Selanjutnya pengolahan air ketel dapat dilakukan dengan dua cara yaitu:

1. Pengolahan di luar ketel (External Treatments)

Pengolahan ini dilakukan secara mekanis di luar ketel dengan memberikan obat-obatan terhadap air sebelum air dimaksudkan ke dalam ketel uap.

Tujuan pengolahan ini adalah umpamanya:

- Menghilangkan zat-zat padat.
- Menghilangkan zat-zat yang larut dan dapat membahayakan ketel.
- Menghilangkan gas-gas yang koratif, dan lain-lain.
- Pengolahan di luar ketel (External Treatments)

Pengolahan ini dilakukan secara mekanis di luar ketel dengan memberikan obat-obatan terhadap air sebelum air dimaksudkan ke dalam ketel uap.

2. Pengolahan di dalam ketel (Internal Treatments)

Pengolahan ini berupa pemberian (dosis) obat-obatan (chemicals) langsung ke dalam ketel uap bersma-sama dengan dengan air pengisi ketel uap.

Sehingga reaksi-reaksi yang timbul dengan obat-obatan tadi terjadi di dalam ketel uap pada suhu dan tekanan kerja ketel uap.

Tujuan pengolahan di dalam ketel adalah pengaturan (Kontrol) terhadap :

- Zat-zat padat
- Alkalitet
- Tidak ada gas – gas yang korasif terutama O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub>
- Menghindarkan timbulnya endapan yang dapat melihat dan mengeras pada dingin berupa batu ketel



- Membuat lapisan dinding ketel tahan terhadap korosi

### 3. Reparasi Ketel Uap

Reparasi adalah dimaksudkan suatu perbaikan atau penggantian dari bagian ketel uap yang mengalami kerusakan akibat pemakaian atau kerusakan yang terjadi pada waktu pengangkutan ketel dari suatu tempat ke tempat lain.

Adapun yang berkaitan dengan masalah reparasi antara lain dalam hal-hal sebagai berikut :

- Penggantian pipa-pipa secara dirol dan dikral, dirol dan ditrompet
- Penggantian pipa-pipa secara di las
- Penggantian batang-batang tunjang
- Penggantian atau penambalan lorong api secara dilas
- Penggantian peti api secara dilas
- Penambalan badan akibat terjadi peledungan
- Penambalan secara las-lasan akibat adanya retakan pada bagian ketel uap dan lain-lain.

Setelah terjadi kerusakan atau rencana penggantian dari bagian-bagian ketel yang mengalami kerusakan, maka harus segera dilaporkan ke Kan. Depnaker setempat untuk diadakan pemeriksaan.

Setelah dilaksanakan pemeriksaan oleh pegawai pengawas setempat, bahwa sampai sejauh mana hasil pemeriksaan atas kerusakan tersebut, kemudian dicantumkan langkah-langkah rencana reparasinya.

Suatu perencanaan melaksanakan reparasi ketel uap atau pesawat uap terlebih dahulu mendapatkan pengesahan dari Depnaker Pusat.

Langkah-langkah untuk mendapatkan pengesahan atas gambar rencana reparasi serta untuk pelaksanaannya adalah sebagai berikut :

- Mengajukan gambar rencana reparasi selengkapya, terdiri dari bagian yang akan direparasi, ukuran, bentuk dalam keterangan lain secara jelas.
- Bahan yang akan digunakan (sertifikat bahan)
- Juru las yang telah memiliki sertifikat juru las ketel uap atau pesawat uap (sesuai dengan klasifikasi juru las pesawat uap yang tercantun dalam PER. MEN. No. : 02/MEN/1982)

### 6.17 Sumber Bahaya Pada Pesawat Uap

1. Bila manometer tidak berfungsi dengan baik, atau bila tidak di kalibrasi dapat menimbulkan peledakan si Operator tidak mengetahui tekanan yang sebenarnya dalam boiler dan alat yang lain tidak berfungsi.
2. Bila safety valve tidak berfungsi dengan baik, karena karat atau sifat kepegasannya tidak sesuai lagi maka untuk boiler bila tekanan lebih tidak dapat membuka secara otomatis.
3. Bila gelas duga tidak berfungsi dengan baik dimana nozel-nozelnya atau pipa-pipanya tersumbat karena karat, sehingga jumlah air tidak dapat terkontrol lagi.
4. Bila air pengisi ketel tidak memenuhi syarat, sehingga pada pipa air, pipa-pipa dapat timbul scall di dalam atau diluar pipa sehingga terjadi pemanasan setempat, hal ini bisa menimbulkan bengkak atau pecah akibat tidak dapat menstransfer panas.
5. Bila boiler tidak dilakukan blow down dapat menimbulkan scall atau tidak sering dikunci.
6. Terjadi pemanasan lebih karena kebutuhan produksi uap.
7. Tidak berfungsinya pompa air pengisi ketel, sumbat timah atau prof leleh.
8. Karena perubahan tidak sempurna atau rouser, nozer fuel tidak berfungsi dengan baik.
9. Karena boilernya sudah tua sehingga materialnya tidak memenuhi syarat lagi.
10. Karena material boiler tersebut sudah mengalami perubahan tebal, atau terdapat karat ataupun fitting-fiting.
11. Tidak teraturnya diadakan inspection sesuai dengan Peraturan Perundang-undangan.

### 6.18 Pendidikan Dan Latihan

Sesuai dengan peraturan uap 1930, bahwa setiap pemakai pesawat uap harus mengusahakan agar pesawat-pesawat uapnya dan segala sesuatu yang dianggap termasuk didalamnya berada dalam keadaan pemeliharaan yang baik.

Maka untuk dapat terlaksana dengan baik dan aman dalam hal pemeliharaan ketel-ketel uap perlu diadakan pendidikan dan Latihan terhadap operator-operator ketel uap, juru-juru las untuk pesawat –pesawat uap :

1. Pendidikan operator ketel uap :

Operator ketel uap adalah seorang yang harus mempunyai kemampuan dalam menjalankan serta memelihara ketel uap selama melakukan tugas.

Jadi untuk mendapatkan operator-operator yang mempunyai kemampuan, maka kepada setiap orang yang akan bekerja sebagai operator ketel uap atau pesawat uap terlebih dahulu harus menempuh pendidikan dan latihan.

Untuk dilaksanakan kursus operator ketel uap, selama  $\pm$  10 hari dengan mata pelajaran khususnya yang berkaitan dengan masalah pesawat uap.

2. Pendidikan dan latihan juru las.

Penggunaan teknik pengelasan dalam konstruksi adalah bukan merupakan tujuan dari konstruksi itu sendiri tetapi, hanya sebagai sarana untuk mencapai ekonomi pembuatan yang lebih baik.

Karena itu dalam perencanaan setiap konstruksi dengan sambungan las, harus direncanakan tentang, cara pengelasan, cara pemeriksaan bahan dan jenis las yang akan dipergunakan prosedur pengelasan adalah suatu perencanaan untuk pelaksanaan pengelasan yang meliputi cara pembuatan konstruksi las yang sesuai dengan rencana dan spesifikasinya dengan menentukan semua hal yang diperlukan dalam pelaksanaan tersebut.

Karenanya pengalaman dalam praktek akan menunjang dalam hal menentukan prosedur pengelasan ini karena sebenarnya di dalamnya banyak masalah-masalah yang diatasi di mana pemecahannya memerlukan bermacam-macam pengetahuan. Dengan diadakannya pendidikan dan latihan juru las, maka hal ini akan bermanfaat bagi para juru las, dalam meningkatkan pengetahuan serta ketrampilan dalam melakukan pekerjaan konstruksi dengan sambungan las, khususnya dalam hal ini dibidang pengelasan ketel-ketel uap atau pesawat uap.

Selanjutnya dalam Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No: 02/Men/1982 telah diatur tentang kualifikasi juru las di tempat kerja.

Berdasarkan hasil-hasil ujian dan penelitian, bagi peserta ujian las kepadanya diberikan sertifikat juru las, sesuai dengan kemampuannya masing-masing yaitu digolongkan atas:

- a. Juru las kelas I (satu)
- b. Juru Las II (dua)
- c. Juru las III (tiga).