

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 RELIEF VALVE

*Relieve Valve* adalah anggota dari dari kelompok *Pressure Relief Devices* <sup>[6]</sup>. *Pressure Relief Devices* merupakan peralatan mekanis yang berfungsi melindungi peralatan pabrik dari tekanan berlebih (*overpressure*). *Pressure relief devices* dirancang untuk membuka pada saat kondisi darurat atau keadaan abnormal untuk mencegah meningkatnya tekanan fluida melebihi batas yang ditetapkan. Peralatan ini juga dirancang untuk mencegah terjadinya kondisi vakum yang berlebihan dalam suatu peralatan proses. Tujuan pemasangan *Pressure relief devices* tidak hanya untuk keamanan dan keselamatan kerja namun juga untuk mencegah terjadinya kerusakan peralatan, mencegah kehilangan bahan baku atau produk, mengurangi jumlah *down time*, dan sebagainya.

Dalam API RP 520 dan API RP 521 terdapat beberapa definisi penting yang dipakai yang berkaitan dengan *pressure relieve device* yaitu sebagai berikut:

- a. *Relief Valve* atau *Pressure Relief Valve (PRV)*, adalah suatu alat otomatis pembuang tekanan yang digerakan oleh *static pressure upstream* dari *valve* dan yang membuka proposonil terhadap kenaikan tekanan diatas tekanan bukaan. *Relief valve* digunakan terutama pada fluida cair seperti air atau minyak <sup>[7]</sup>. Kapasitas *Relief Valves* biasanya pada 10 atau 25 persen dari nilai *overpressure* tergantung pada aplikasinya
- b. *Safety Valve* atau *Pressure Safety Valve (PSV)*, adalah suatu alat otomatis pembuang tekanan yang digerakkan oleh *static pressure upstream* dari *valve* dengan ciri membuka penuh atau popping. *Safety valve* digunakan terutama pada fluida gas atau uap <sup>[7]</sup>.
- c. *Safety Relief Valve (SRV)*, adalah suatu alat otomatis pembuang tekanan yang cocok untuk dipergunakan baik sebagai *safety valve* maupun sebagai *relief valve* tergantung pada penggunaannya <sup>[7]</sup>.

Walaupun API *Recommended Practice* telah membuat definisi tersebut di atas, namun banyak perusahaan minyak dan gas bumi yang mencampuradukkan istilah tersebut di atas dan hanya memakai istilah *relief valve* saja.

## 2.2 JENIS-JENIS *RELIEF VALVE*

Terdapat banyak jenis *relief valve* atau yang tersedia untuk memenuhi aplikasi di berbagai industri yang berbeda. Meskipun beberapa standar baik nasional maupun internasional memberikan klasifikasi *relief valve* yang berbeda-beda, secara umum *relief valve* terbagi atas <sup>[6]</sup> :

1. *Spring-Loaded Pressure Relief Valves* (*relief valves* dengan *spring/spiral* tekan)
  - a. *Non-Balanced (Conventional) Pressure Relief Valve*
  - b. *Balanced Pressure Relief Valve*
2. *Special Pressure Relief Valve*
  - a. *Pilot-Operated Valve*
  - b. *Rupture Disk*

### 2.2.1 *Spring-Loaded Pressure Relief Valves*

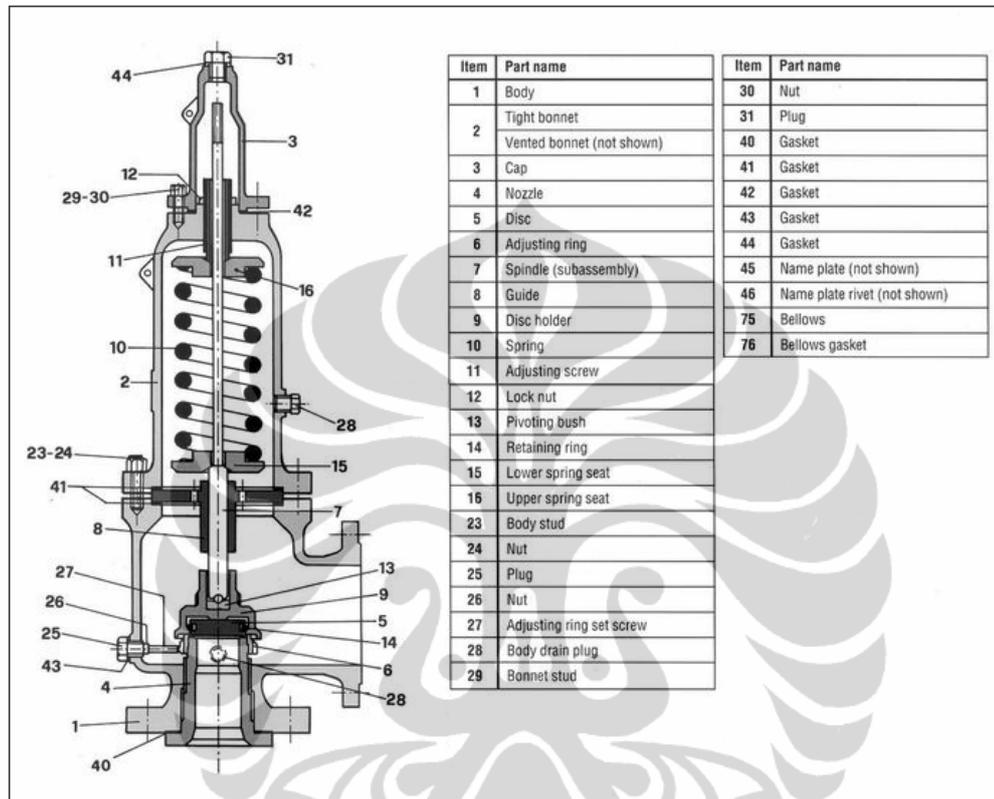
Elemen dasar dari *spring-loaded pressure relief valve* meliputi *inlet nozzle* yang terhubung ke *vessel* yang akan diproteksi, *disk* (cakram) yang dapat bergerak yang mengontrol aliran fluida melalui *nozzle*, serta *spring* (spiral) yang mengontrol posisi dari cakram. Prinsip kerja dari *relief valve* tipe ini adalah tekanan inlet diarahkan langsung ke *valve* berlawanan arah dengan gaya spiral. Tegangan spiral diset untuk menjaga agar *valve* menutup pada tekanan normal. Pada *set pressure*, gaya pada cakram akan d2mbangi dan cakram mulai terangkat dan terangkat secara penuh pada saat tekanan *vessel* meningkat di atas *set pressure*-nya.

*Spring-loaded PRV* diklasifikasikan atas *non-balanced (conventional) PRV* dan *balanced PRV* :

#### 1) *Non-Balanced (Conventional) Pressure Relief Valve*

Tipe ini banyak digunakan dalam *Refinery Process Equipment* yang memerlukan proteksi terhadap *overpressure*. *Conventional PRV* digunakan ketika outletnya menuju sebuah pipa pendek yang dibuang ke atmosfer atau sistem perpipaan bertekanan rendah (*low-pressure manifold*) yang membawa fluida buangan dari

satu atau lebih PRV ke sebuah lokasi pembuangan utama. Biasanya tekanan spiral berada di antara tekanan yang diset (*set pressure*) dan tekanan atmosfer. Gambar 2.1 memperlihatkan tipikal *Non-Balanced (Conventional) Type Relief Valve* [8].



**Gambar 2.1** Tipikal *Conventional Relief Valve*

PRV tipe konvensional mempunyai beberapa kelemahan yaitu :

- Tekanan balik (*Back pressure*) pada outlet yang berfluktuasi akan mempengaruhi tekanan dimana *valve* mulai membuka sehingga *valve* akan menutup bila tekanan balik terlalu tinggi karena tidak seimbangny tekanan pada *valve* atau '*harmonic resonance*'. *Valve* akan mulai memperlihatkan *flutter* atau *chatter*. *Flutter* adalah karena tidak normalnya gerak putar yang cepat (*abnormal rapid reciprocating motion*) dari bagian yang bergerak dalam PRV dimana cakram tidak ada kontak dengan seatnya. *Chatter* adalah gerakan yang menyebabkan cakram kontak dengan seatnya dan merusak *valve*-nya serta perpipaan terdekat. Untuk itu nilai tekanan balik yang bisa membesar harus diperhitungkan untuk setiap kondisi *overpressure* yang

digunakan. PRV Konvensional sebaiknya tidak digunakan bila tekanan balik lebih dari 10 persen dari *set pressure*. Tekanan balik yang lebih besar dapat diperhitungkan bila *overpressure*-nya lebih dari 10%. Tekanan balik memiliki pengaruh yang berbeda tergantung pada desain dari bonnet pada *valve*.

- *Back pressure* yang tinggi akan mengakibatkan kapasitas *relieving* dari *relief valve* akan berkurang.
- Untuk jenis fluida yang bersifat korosif atau menyebabkan *fouling* maka endapan yang terjadi akan menempel pada *disk guide* yang akan mengakibatkan *valve* tidak dapat membuka atau macet sehingga memerlukan inspeksi yang lebih sering.

## 2) *Balanced Pressure Relief Valve*

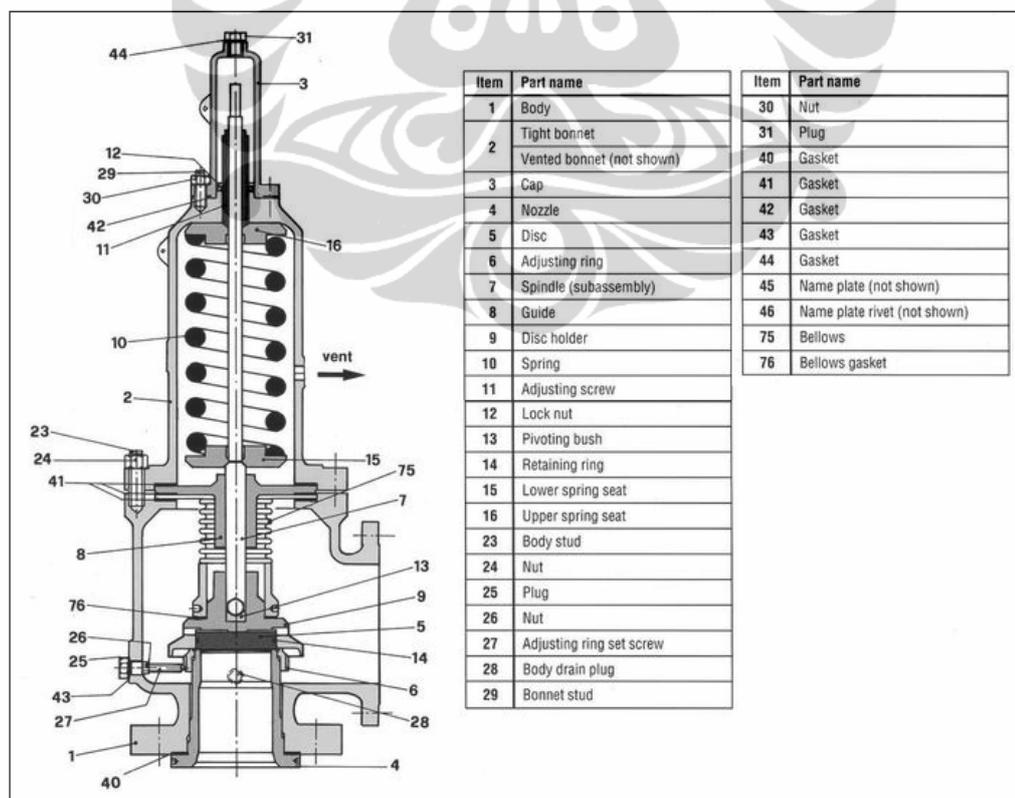
*Balanced Pressure Relief Valve (Balanced PRV)* didesain untuk mengurangi efek dari tekanan balik pada *set pressure valve*-nya dan meminimalkan efek dari tekanan balik yang membesar dari karakteristik pada saat membuka atau menutup, mengangkat (*spring*), dan kapasitas buangnya. *Balanced PRV* digunakan bila kenaikan tekanan (tekanan balik diakibatkan oleh aliran yang melalui downstream dari piping setelah relief valve) terlalu tinggi untuk PRV tipe konvensional atau bila tekanan balik bervariasi dari waktu ke waktu. *Balanced PRV* dapat digunakan bila tekanan balik tidak melebihi 50% dari *set pressure*. Ada 2 tipe *balanced PRV* yaitu tipe yang memakai piston dan tipe yang memakai *bellows*.

Untuk tipe piston, rumah dari piston dibuat ventilasi sehingga tekanan balik dari muka yang berlawanan arah dengan *disk valve* tidak ada. Gas yang diventilasi dari *bonnets* pada piston ini harus dibuang secara aman dengan restriksi yang minimum.

Untuk tipe *bellows*, pengaturan posisi *bellows* dari *valve* mencegah tekanan balik bereaksi pada sisi atas dari cakram pada area efektif *bellows*-nya. Area cakram yang berada dibelakang *bellows* pada arah yang berlawanan dengan area *nozzle seat* akan menahan efek dari tekanan balik pada cakram sehingga tidak

ada tekanan yang tidak seimbang pada fluktuasi tekanan di *downstream valve*. *Bellows* mengisolasi *disk guide*, *spring*, dan bagian atas lainnya dari fluida yang mengalir. Fitur ini mungkin penting bila fluida yang mengalir bersifat korosif atau akan merusak PRV. Pada beberapa ukuran dan desain tertentu, *bellows* tidak tersedia, karena terbatasnya ukuran fisik dari *bellows* yang dapat didesain serta dibuat pada *valve*. Jika *balanced bellows* tidak tersedia maka *unbalanced bellows* dapat dispesifikasi bila isolasi terhadap korosi lebih diutamakan.

*Balanced PRV* membuat kemungkinan lebih besar tekanan yang dapat dibuang pada perpipaan. Kedua jenis *balanced PRV* harus mempunyai ventilasi bonnet yang cukup besar untuk memastikan tidak adanya tekanan balik yang dapat terjadi pada aliran normal. Jika *valve* dilokasikan dengan ventilasi ke atmosfer (dengan jumlah yang tidak terlampau besar) yang dapat membuat adanya racun, vent harus dipipakan ke dalam lokasi yang aman dengan sistem *discharge independen*. Gambar 2.2 memperlihatkan tipikal *Balanced-Bellow PRV* [9].



Gambar 2.2 Tipikal *Balanced-Bellow PRV*

### 2.2.2 *Special Pressure Relief Valve*

Konvensional dan *balanced* PRV kurang cocok untuk beberapa pemakaian tertentu misalnya :

- *Vessel* yang dihadapkan pada *internal explosion* maka *safety valve* tidak dapat memberikan proteksi yang cukup
- *Vessel* dengan relief valve di set pada tekanan kurang dari 10 psig maka *safety valve* tidak *reliable*.
- *Equipment* yang memerlukan proteksi terhadap *thermal expansion* dapat menggunakan peralatan pelindung yang lebih sederhana.

Berdasarkan hal-hal tersebut di atas maka special PRV diperlukan. Beberapa tipe *special* PRV antara lain sebagai berikut :

#### 1) *Pilot-operated Pressure Relief Valve*

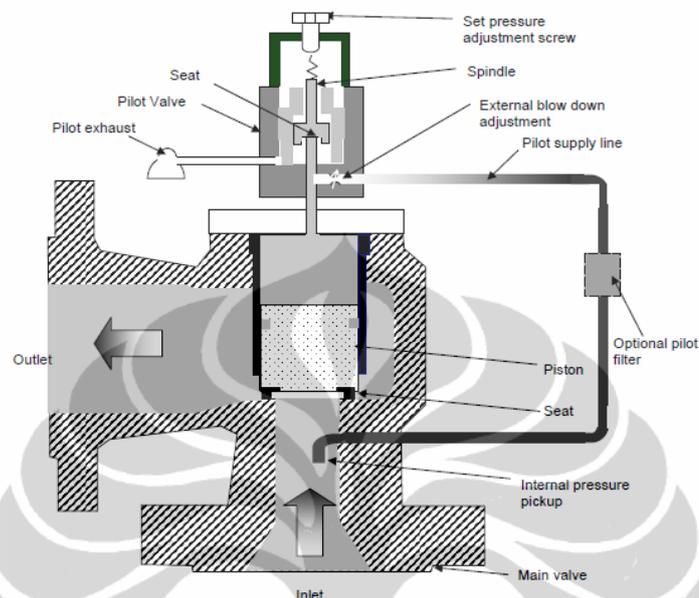
Tipe ini banyak digunakan dalam *Refinery Process Equipment* yang memerlukan proteksi terhadap *overpressure*. *Conventional* PRV digunakan ketika outletnya menuju sebuah pipa pendek yang dibuang ke atmosfer atau sistem perpipaan

*Pilot-operated PRV* digunakan untuk mengatasi beberapa kelemahan yang ada pada PRV tipe konvensional dan tipe non-konvensional. *Pilot-Operated* PRV secara umum terbagi atas tipe piston dan tipe diafragma :

##### a. Tipe Piston

Tipe piston terdiri atas bagian valve utama, yaitu *floating* piston, dan *pilot valve external*. Piston didesain untuk mendapat area efektif yang lebih luas pada bagian atas dan bawah. Sampai tercapainya *set pressure*, area bagian atas dan bawah terekspose pada tekanan inlet yang sama. Karena area efektif yang lebih besar pada sisi atas pistonnya, maka gaya tekan membuat piston lebih kencang pada *valve seat*nya. Semakin besar tekanan operasional yang terjadi, maka gaya pada *seat* semakin besar dan membuat *valve* semakin kencang (*tighter*). Pada *set point*nya, pilot akan menventilasi tekanan pada sisi atas piston yang membuat piston tidak menekan *seat* dan fluida mengalir melewati *valve* utama. Setelah kondisi *overpressure*

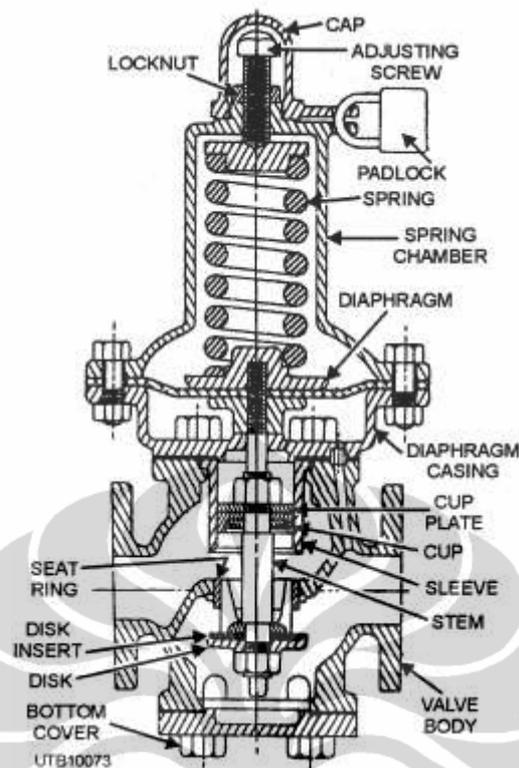
terlewati, pilot akan menutup vent dari sisi atas piston dan mengembalikan ke kondisi *valve* semula. Gambar 2.3 memperlihatkan tipikal *Pilot-Operated PRV* [10]:



**Gambar 2.3** *Pilot-Operated PRV* (Tipe Piston)

b. Tipe Diafragma

Sama dengan tipe piston hanya piston digantikan oleh diafragma fleksibel dan disk atau cakram. Diafragma menyediakan fungsi *unbalance* dari piston. Cakram, yang normalnya menutup *inlet valve*, terintegrasi dengan diafragma. *Pilot external* bekerja mirip dengan piston yaitu dengan memventilasi top *diaphragm* pada kondisi *set pressure* dan mengembalikan diafragma pada kondisi normal. Seperti halnya tipe piston, gaya tekan seat bertambah secara proporsional seperti bertambahnya tekanan operasi karena perbedaan area yang terekspose pada diafragma. *Pilot valve* yang mengoperasikan bagian utama *valve* dapat secara ‘*pop action*’ atau ‘*modulation action*’. Pilot ini juga dapat bertipe ‘*non-flowing*’ atau ‘*flowing*’ yang berarti fluida proses dapat melewati *pilot valve* dan sebaliknya. Pencegahan aliran balik diperlukan bila ada kemungkinan tekanan ada sisi outlet bertambah melewati tekanan inletnya pada perpipaan yang ada. Gambar 2.4 memperlihatkan tipikal *Pilot-Operated PRV* tipe diafragma [11]:



Sumber : <http://www.tpub.com>

**Gambar 2.4** *Pilot-Operated PRV* (tipe diafragma)

*Pilot-operated PRV* lebih unggul dibandingkan tipe konvensional dan tipe balanced pada rentang tekanan 1 – 15 psig dan suhu ambient. *Pilot-operated PRV* dapat digunakan pada kondisi fasa gas atau cair, karena bagian valve utama dan pilot tidak mengandung komponen non metal, temperatur proses dan fluida sesuai serta terbatas penggunaannya. Sebagai tambahan, karakteristik fluida seperti kecenderungan pada terbentuknya polimer atau *fouling*, *viscosity*, adanya padatan, dan sifat korosif dapat mempengaruhi kinerja pilot.

## 2) *Rupture Disk*

*Rupture disk* merupakan alat pengaman yang berbentuk diafragma tipis yang ditempatkan diantara dua flange dan dimaksudkan untuk pecah pada tekanan yang diinginkan. *Rupture disk* kadang-kadang digunakan secara seri dengan *safety valve* untuk melindungi *safety valve* dari bahan yang merusak atau mengganggu kelancaran operasi *safety valve*. Disk didesain akan hancur dengan

sendirinya pada tekanan tertentu yang sudah ditetapkan sebelumnya. Gambar 2.5 memperlihatkan tipikal *rupture disk* <sup>[12]</sup>:



Sumber : *Valve Selection Handbook*, Peter Smith

**Gambar 2.5** Tipikal *rupture disk*

*Rupture disk* memiliki keuntungan dibandingkan *safety valve* jika harus melepaskan sejumlah besar gas atau liquid dalam waktu yang singkat. *Rupture disk* tersedia secara komersial dan dibuat dari berbagai macam logam atau bahan lain yang sesuai untuk fluida yang dibutuhkan.

*Rupture disk* merupakan elemen yang sensitip terhadap tekanan dan temperatur. *Rupture disk* didesain untuk melindungi sistem bertekanan dari tekanan berlebihan atau vakum dengan cara meledak pada perbedaan tekanan disk yang telah ditentukan. Jika temperatur naik biasanya tekanan ledakan berkurang. Karena efek dari temperatur tergantung pada material disk dan jenis *rupture disk*-nya, maka konsultasi dengan pihak manufaktur sangat diperlukan.

Rasio dari tekanan maksimum operasional versus tekanan aktual dari ledakan adalah faktor utama untuk memilih jenis *rupture disk*. Tekanan maksimum yang dipertimbangkan harus dibawah dari tekanan desain peralatan yang akan dipasang *rupture disk* guna mencegah kegagalan *premature* dari *rupture disk* terhadap *fatigue* dan *creep*. Engineer harus memperhitungkan tekanan pada kedua sisi disk guna menentukan tekanan ledak.

*Rupture disk* tidak dapat menutup kembali setelah meledak (not reclose) sehingga keputusan untuk memasang *rupture* menjadi pertimbangan yang sangat

penting dari sisi ekonomi. Meskipun demikian, banyak aplikasi dimana pemasangan rupture disk lebih baik dibandingkan dengan *pressure relief valves*.

Aplikasi tersebut meliputi:

- Reaksi yang tidak terkontrol atau *overpressure* yang begitu cepat dimana kelembaman dari sehingga *pressure relief valve* akan menghambat kecepatan *relief* yang dibutuhkan.
- Bila fluida sangat kental.
- Bila fluida cenderung terdeposit pada sisi bawah disk dari *pressure relief valve disc* sehingga valve menjadi tidak dapat bekerja.
- Dan beberapa aplikasi lainnya

#### A. Material Konstruksi untuk *Rupture Disk*

Tabel 2.1 memperlihatkan material konstruksi yang digunakan untuk *rupture disk* <sup>[13]</sup>,

**Tabel 2.1** Material konstruksi *rupture disk*

Material yang umum digunakan	Material yang kurang umum digunakan
Stainless Steel	Tantalum
Inconel	Gold
Monel	Titanium
Aluminium	Platinum
Nickel Hastelloy B dan C	Silver

Titanium dan Hastelloy hanya dipilih jika tidak ada material lain yang tersedia karena kedua jenis material tersebut cenderung mudah meledak karena rapuh.

Material dari rupture disk juga dapat diberi lapisan pelindung. Beberapa jenis lapisan pelindung untuk *rupture disk* diperlihatkan dalam Tabel 2.2 <sup>[13]</sup>

**Tabel 2.2** Lapisan pelindung *rupture disk*

Common Protective coatings	Common protective linings
FEP	FEP
TFE	TFE
PFA	PFA
Epoxy	Lead
Vinyik	Polyethylene

Tabel 2.3 memperlihatkan temperatur maksimum yang diijinkan untuk material dan lapisan pelindung dari *rupture disk* <sup>[13]</sup>.

**Tabel 2.3** Temperatur maksimum untuk material dan lapisan pelindung *rupture disk*

Material konstruksi			Lapisan Pelindung		
Alumunium	125 °C	260 °F	Lead	120 °C	120 °F
Silver	125 °C	260 °F	Polyvinylchloride	80 °C	180 °F
Nickel	425 °C	800 °F	FEP	215 °C	215 °F
Monel	425 °C	800 °F	TFE or PFA	260 °C	260 °F
Inconel	535 °C	1000 °F			
Stainless steel	480 °C	900 °F			

## B. Tipe *Ruture Disk*

Berbagai tipe *rupture disk* antara lain adalah :

- Tipe Konvensional

Tipe ini berbentuk kubah dari metal dengan sebuah holdernya yang didesain untuk meledak (membuka) ketika *overpressure* terjadi pada cekungannya. Tipe konvensional berbentuk kubah dengan ‘*flat-seat*’ atau ‘*angular-seat*’ didesain untuk servis dengan kondisi operasi 70% atau kurang dari rata-rata tekanan ledak *disk*-nya ketika tekanan yang terbatas terulang dengan variasi temperatur yang terjadi. Jika kondisi vakum atau kondisi tekanan balik terjadi, *disk* harus dilengkapi dengan tambahan alat untuk mencegah pengaruhnya terhadap disk, sementara alat pencegah vakum disediakan jika keadaan vakum (*full vacuum*) pada kondisi terus menerus (*continuous service*) terjadi . Desain khusus juga tersedia bila tekanan balik mencapai nilai 15 psig. *Disk* akan pecah jika ledakan terjadi.

- *Scored Tension-Loaded Rupture Disk*

*Scored Tension-Loaded Rupture Disk* didesain untuk membuka pada perpipaan (*scored lines*) yang sudah diperhitungkan. Tipe disk ini didesain untuk mengizinkan rasio yang lebih dekat (biasanya 85%) dari nilai tekanan operasional sistem pada saat mencapai tekanan ledakan.

Karena '*scored lines*' mengontrol saat membuka, tipe disk ini biasanya tidak pecah saat terjadi ledakan. Tipe ini dibuat dengan material yang lebih tipis dari tipe yang lainnya untuk tekanan ledakan yang sama. Disk secara mekanikal mengontrol tekanan ledakan dan pola ledakan. Semakin tebal disk semakin kuat daya tahannya pada kerusakan mekanikal. Dalam sejumlah kasus disk akan bertahan dalam kondisi vakum penuh tanpa tambahan penguat atau alat penguat.

- Tipe *Disk Komposit*

Berbentuk datar, kubahan metal atau nonmetal dengan berbagai komposisi dalam konstruksinya. Bentuk kubah didesain untuk pecah bila tekanan berlebih terjadi pada cekungan kubahnya, sedangkan yang berbentuk datar didesain untuk pecah bila tekanan berlebih terjadi pada sisi yang dibuat dan ditunjuk oleh manufaktur. Tipe kubah tersedia dalam '*flat seat*' dan '*angular seat*' dengan operasional yang tipikal pada 80% dari rata-rata tekanan ledakan (*burst pressure*) dengan perubahan tekanan yang terbatas dengan variasi temperatur. Tekanan ledak dikontrol oleh kombinasi dari '*slit top section*' dan metal atau nonmetal *seal* dibawah '*top section*'.

Umumnya tipe komposit tersedia pada tekanan ledak dibawah tipe konvensional berbentuk kubahan dan memberi ketahanan yang lebih baik pada kondisi korosif dari material seal yang dipilih. '*Slit top section*' menentukan saat terbuka/pecahnya *rupture disk* dan didesain untuk meminimalkan pecahnya *top section* ketika dibuat dengan *seal non metal*. Alat tambahan tetap harus disediakan jika ada kondisi vakum dan tekanan balik.

Bentuk datar dipakai untuk *vessel* bertekanan rendah atau isolasi peralatan seperti buangan udara (*exhaust header*) atau sisi outlet dari PRV. Jika hanya sebagai pembatas untuk korosi, maka tipe komposit datar beroperasi pada kondisi 50% dari rata-rata tekanan ledak (*burst pressure*) dan dipasang di antara *flanges* dibandingkan jenis lainnya.

*Rupture disk* yang bereaksi pada kedua sisi menyediakan tekanan positif atau proteksi keadaan vakum.

- *Reverse-Acting Rupture Disk*

Berbentuk kubahan dari metal padat yang didesain untuk meledak bila tekanan balik terjadi pada sisi cembungnya. Tipe ini didesain untuk mengizinkan rasio yang lebih dekat dengan tekanan operasional dari sistem kepada tekanan ledakan sampai 90% dari rata-rata tekanan ledaknya. Biasanya tipe ini tidak pecah karena disk digerakkan oleh tekanan balik pada sisi cembungnya dan semakin tipis material *disk* yang digunakan semakin menambah ketahanan korosi, menghilangkan alat tambahan untuk menghadapi kondisi vakum, menyediakan umur yang lebih panjang pada kondisi vakum yang berubah-ubah dan fluktuasi temperatur.

- *Graphite Rupture Disk*

Dibuat dari grafit yang dipadatkan dengan bahan penguat dan didesain untuk meledak oleh tekanan karena membengkok atau seperti 'digunting'. Tipe ini tahan terhadap berbagai asam, alkali, dan bermacam larutan organik. Operasional sampai 70% dari rata-rata tekanan ledak umumnya diizinkan. Alat tambahan digunakan bila ada tekanan balik 15 psig atau lebih.

### C. Penggunaan *Ruture Disk*

*Rupture disk* digunakan sebagai alat utama pada kondisi *relief* jika penggunaan PRV tidak praktis, contoh situasinya adalah :

- Peningkatan tekanan yang tiba-tiba. PRV tidak dapat bereaksi lebih cepat atau tidak dapat mencegah *overpressure*, contohnya *rupture* dalam *tube* penukar panas, atau dalam reaksi yang cepat dan selintas dalam *vessel*.
- Area yang luas untuk *relief* diperlukan, karena jumlah aliran yang besar atau tekanan *relief* yang rendah, menyebabkan area *relief* dengan PRV tidak praktis.

- PRV tidak dapat beroperasi ketika sedang diperbaiki atau tidak mudah dipasang.

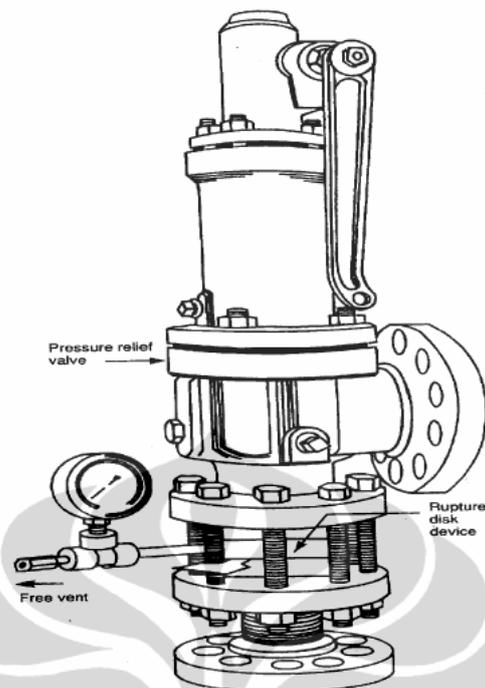
*Rupture disk* dapat digunakan pada pabrik pengolahan dengan gas, *upstream* dari Relief Valve, untuk mengurangi kebocoran yang kecil dan gangguan pada *valve*. Tekanan pada rongga antara *rupture disk* dan *valve* harus dimonitor untuk melihat kinerja *rupture disk*-nya.

#### D. Kombinasi Penggunaan PRV dan *Rupture Disk*

Dianjurkan digunakan dalam kondisi PRV yang diizinkan untuk dipasang, dan sistem mengandung media yang dapat membuat korosi pada PRV atau menambah kinerja pada operasional. Lebih jauh lagi dianjurkan untuk meminimalkan hilangnya media yang berharga pada aliran, menghindari bahan yang berbahaya, material yang beracun bocor dan masuk pada PRV

- Pemasangan pada Inlet PRV

Kapasitas *rupture disk* dan PRV harus sama, dan bila *rupture disk* dan PRV adalah '*close coupled*' tekanan ledak yang diperhitungkan dan set pressure PRV harus dalam nilai nominal yang sama. Ruang antara PRV dan *rupture disk* harus bebas dari adanya ventilasi, sensor tekanan (pressure gauge), indikator lainnya sesuai ASME code. Jika ada bahan yang berbahaya dan beracun pada proses maka vent bebas ke atmosfer harus dibuang secara aman. Gambar 2.6 berikut memperlihatkan contoh pemasangan *rupture disk* pada inlet PRV <sup>[14]</sup>;



**Gambar 2.6** Pemasangan *rupture disk* pada inlet PRV

- Pemasangan pada Outlet PRV

Digunakan untuk melindungi valve (PRV) dari atmosfer atau fluida downstream atau mencegah material berbahaya dan racun yang bocor di outlet PRV ke atmosfer. Instalasi, kapasitas, efek dari tekanan balik dari PRV dan *rupture disk* harus sesuai dengan rekomendasi manufaktur dan ASME code

Sistem pembuangan akhir dari fluida yang berbahaya dan beracun atau tidak dapat dipakai kembali biasanya akan menuju ke dalam *vent system* atau *flare system* tergantung dari kondisi system operasional keseluruhan yang terpasang pada unit yang dimaksud.

*Vent system* adalah sistem yang didesain untuk membuang gas/fluida ke atmosfer tanpa pembakaran. Ada beberapa macam bentuk dari sistem vent yakni :

### 1. *Cold vent*

Adalah sistem yang menangani aliran fluida buangan yang signifikan jumlahnya biasanya dari peralatan yang bertekanan. Untuk memastikan dispersi gas/ fluida buangan menuju ke tempat yang aman, cold vent biasanya dibuat dengan ketinggian tertentu, (minimum 15 meter di atas tanah atau platform dengan panjang lebih dari 2 meter mendekati vent stack), dan outlet PSV menuju atmosfer dibuat 3 m di atas tanah atau deck. Perhitungan dispersi harus dibuat pada kondisi buangan gas beracun atau berbahaya.

Lokasi penempatan vent jenis ini harus di desain dengan benar untuk menghindari kemungkinan pengapian fluida buangan karena adanya kapal, helicopter, dan kendaraan lain yang mendekat. Dispersi gas buangan yang besar ke atmosfer dapat membuat kemungkinan fluida buangan mencapai titik pengapiannya, juga bila cold vent dipakai dalam proses continue atau semi-continue dapat membuat kemungkinan gas hidrokarbon terbuang dalam jumlah yang cukup besar, alternatif lain penggantinya adalah penggunaan flare.

### 2. *Degassing Vebt*

Adalah sistem vent yang menangani aliran fluida yang rendah biasanya dari peralatan yang bertekanan rendah contohnya adalah sump tank atau alat lain yang telah dimodifikasi menjadi peralatan yang bertekanan sangat rendah.

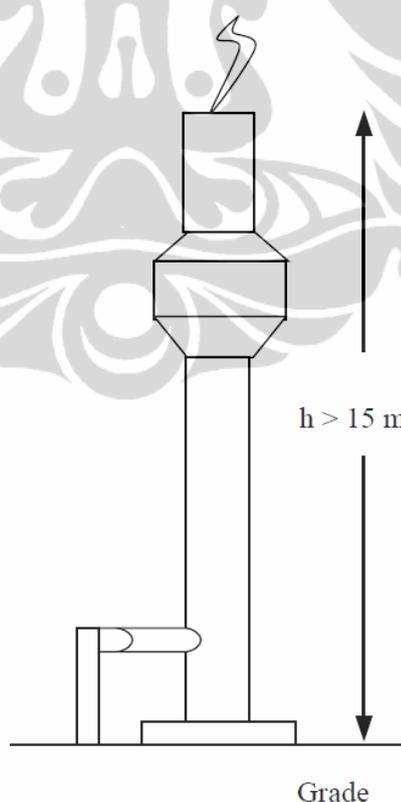
### 3. *Liquid Burner*

Adalah alat portable atau bisa dibawa dengan mudah yang digunakan selama pengetesan sumur, operasi stimulasi, atau pengurangan tekanan dalam perpipaan. Penggunaannya bersifat sementara dan tidak dapat digunakan dalam spesifikasi operasi selanjutnya.

*Flare system* adalah sistem yang didesain untuk sebagai alat pembuangan gas / fluida yang tidak terpakai dengan proses pembakaran. Secara fisik dapat dibagi atas :

### 1. *Elevated Flare*

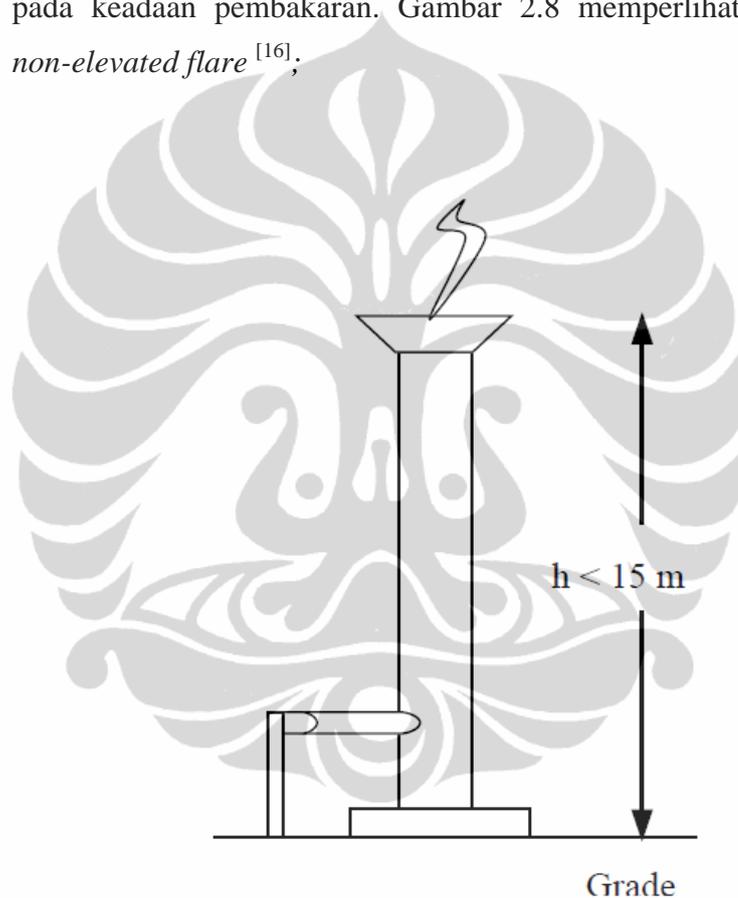
Adalah flare dengan tip (*discharge point*) lebih dari 15 meter di atas permukaan tanah atau platform untuk memastikan bahwa dispersi gas buangan oleh karena 'efek jet' tercampur dengan udara menghasilkan api yang cukup untuk terjadi pembakaran. Flare jeni ini paling banyak digunakan di industri kimia dan pengolahan minyak. Perhitungan untuk memastikan ketinggian dari flare itu cukup dengan dispersi gas yang baik serta radiasi yang terjadi di sekitar flare tidak meracuni lokasi atau peralatan yang lain harus dibuat dengan baik. Gambar 2.7 memperlihatkan tipikal *elevated flare* <sup>[15]</sup>;



**Gambar 2.7** Tipikal *elevated flare*

## 2. *Non-Elevated Flare*

Adalah flare dengan tip yang lebih rendah dari 15 meter di atas permukaan tanah atau platform. Dari sisi safety dan jenis proses ini hanya memiliki sedikit nilai tambah dibanding *elevated flare* seperti toleransi yang lebih baik dengan adanya cairan dalam fluida buangan, tidak ada kondisi vakum dalam sistem flare tersebut, tetapi dispersi gas tidak mencukupi terjadinya efek jet yang baik pada keadaan pembakaran. Gambar 2.8 memperlihatkan tipikal *non-elevated flare* <sup>[16]</sup>;

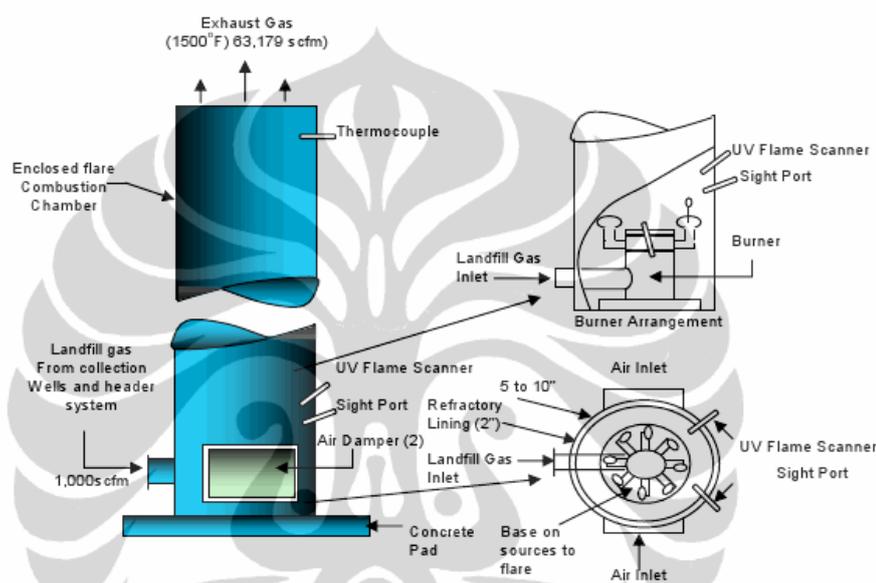


**Gambar 2.8** Tipikal *non-elevated flare*

## 3. *Ground Flare*

Adalah satu atau lebih sistem burner pada level yang rendah yang tidak memerlukan struktur tambahan yang juga dapat menghemat biaya konstruksi desain, dengan syarat lokasi dan lingkungan yang cukup ada untuk memenuhi radiasi dan noise yang mungkin terjadi.

Desain *ground flare* mempunyai kelemahan diantaranya adalah pengontrolan berbagai variasi yang besar dalam aliran gas buangan, dispersi fluida buangan yang jelek dalam kondisi pembakaran. Untuk memastikan flux dari radiasi panas pada setiap burner dalam flare tipe ini, serta distribusi aliran yang lebih baik maka tipe *Non Enclosed Ground Flare* sebaiknya dihindari dalam pemilihan desain. Gambar 2.9 memperlihatkan tipikal *ground flare* <sup>[17]</sup>;



Gambar 2.9 Tipikal *Gound flare*

### 2.3 DESAIN RELIEF VALVE

Dalam operasi keseharian dari kilang minyak dan gas bumi, *overpressure* dapat terjadi dan berpotensi menyebabkan kecelakaan kerja dan kerusakan peralatan. Keadaan *overpressure* dapat diatasi dengan memasang peralatan pengaman yang disebut *pressure relief system*. Desain yang akurat dari *pressure relief system* sangat diperlukan untuk meminimalisasi terjadinya kecelakaan akibat *overpressure* seperti kebakaran atau ledakan. *Pressure relief system* terdiri dari *pressure relief device*, *flare piping system*, *flare separation drum* dan *flare system*. Suatu *pressure relief device* didesain untuk membuka dan melepas kelebihan tekanan dan kemudian menutup kembali pada kondisi tekanan normal untuk mencegah aliran balik dari fluida yang dilepas/ dibuang (kecuali untuk *rupture disk*).

### 2.3.1 Analisis penyebab Terjadinya *Overpressure*

Ada empat kemungkinan yang dapat menyebabkan terjadinya kelebihan tekanan dalam suatu peralatan proses yaitu :

1. Kenaikkan input bahan
2. Penurunan output bahan
3. Kenaikkan input panas
4. Penurunan penghilangan panas

Contoh-contoh dari penyebab terjadinya kelebihan tekana antara lain adalah :

- 1) Kenaikkan input bahan seperti;
  - Kegagalan dan membukanya *control valve* upstream suatu *vessel*
  - Kekeliruan atau ketidaksengajaan sehingga membuka *valve* di bagian *upstream* suatu *vessel*.
  - *Tube rupture* dalam *reboiler*
- 2) Penurunan output bahan seperti;
  - Kegagalan dan menutupnya *control valve* yang terletak di bagian *downstream* sebuah *vessel*
  - Kekeliruan atau ketidaksengajaan menutup *valve* yang terletak di *downstream* sebuah *vessel*
  - Kegagalan kompresor yang terpasang di bagian *downstream* sebuah *vessel*
  - Kegagalan pompa yang terpasang di *downstream*, sebuah *vessel*
- 3) Kenaikkan input bahan seperti;
  - Kegagalan suatu *valve* untuk menutup bahan bakar ke *fired heater*
  - Kenaikkan pemindahan panas karena kenaikan beda suhu di dalam sebuah *reboiler*
  - Kebakaran yang terjadi sekitar sebuah *vessel*
- 4) Penurunan penghilangan panas seperti;
  - Kegagalan air pendingin
  - Kegagalan *condenser* udara
  - Kegagalan sirkulasi aliran penghilang panas

Empat kemungkinan di atas adalah kemungkinan penyebab kelebihan tekanan yang tidak berkaitan (*unrelated casualties*). Dalam menganalisis suatu sistem untuk pemasangan *relief valve* maka telah diterima sebagai panduan umum (*general practice*) mengadakan asumsi bahwa satu atau lebih penyebab kelebihan tekanan *overpressure* yang tidak berkaitan tidak akan terjadi secara bersamaan. Sebagai contoh, tidak perlu berasumsi bahwa sebuah pompa akan mengalami kegagalan pada saat terjadi *tube rupture*, dan pada saat yang sama operator menutup *valve* yang salah secara tidak sengaja. Namun didalam kejadian *general power failure* maka dapat dengan mudah terjadi secara simultan kegagalan pompa *reflux*, kegagalan air pendingin dan kegagalan *condenser* udara yang kesemuanya penyebab terjadinya *overpressure*. Penyebab-penyebab semacam ini merupakan penyebab yang berkaitan dan pengaruhnya secara simultan harus diperhitungkan.

### 2.3.2 Standar dan Rekomendasi

Didalam mendesain suatu *Relief Valve*, harus mengikuti standard dan rekomendasi yang berlaku. Standard dan rekomendasi merupakan referensi yang dipakai untuk melakukan perhitungan-perhitungan desain suatu peralatan termasuk juga perhitungan *relief valve*. Untuk perhitungan *relief valve* dipakai standar dan rekomendasi sebagai berikut :

- a. ASME-Boiler and Pressure Vessel Code Section I, Power Boilers, and Section V2I, Pressure Vessels.

Dalam standar ini telah dikembangkan untuk menetapkan aturan-aturan tentang *safety* meliputi desain, fabrikasi, dan inspeksi selama konstruksi *boiler* dan *pressure vessel*. Dalam standar tersebut termasuk juga section mengenai *pressure relief devices*.

- b. API *Recommende Practice*

API (*American Petroleum Institute*) telah menerbitkan standard an rekomendasi yang merupakan hasil pengalaman bertahun-tahun dari para insinyur dalam bidang industri peminyakan. Penerbitan tersebut dimaksudkan untuk melengkapi ASME *boiler and pressure vessel code section VI* tersebut di atas dan bukan untuk mengganti ketentuan-ketentuan dan aturan-aturan yang telah berlaku. Meskipun API *Recommended Practice* tidak mengikat, namun rekomendasi-

rekomendasi yang terdapat di dalamnya merupakan sumber pengalaman engineering yang sangat berharga sehingga perlu para engineer membiasakannya untuk mengenal penerbitan tersebut. Khusus untuk perhitungan *relief valve*, API mengeluarkan beberapa standard an rekomendasi yaitu :

- *API Recommended Practice 520 Part 2 – Installation of pressure relief systems in Refineries.*
- *API Recommended Practice 521 – Guide for Pressure-Relieving and Depressuring Systems.*
- *API Recommended Practice 527 - Seat Tightness of Pressure Relief Valves.*

Dalam API RP 520 dan RP 521 terdapat beberapa definisi penting yang dipakai yang berkaitan dengan *pressure relief valve* :

1. *Maximum Allowable Working Pressure (MAWP)*

Adalah tekanan maksimum yang diperkenankan dari suatu *vessel* untuk suhu tertentu. Tekanan ini didasarkan pada perhitungan untuk tiap elemen di dalam *vessel* dengan tebal dinding nominal tidak termasuk tambahan ketebalan untuk korosi dan ketebalan yang diperlukan untuk menahan beban selain tekanan. MAWP dipakai sebagai basis untuk menentukan *set pressure* dari *relief valve* yang melindungi *vessel* tersebut. Terkecuali untuk *relief valve* yang dipasang semata-mata hanya untuk melindungi *vessel* terhadap *external fire* atau *external heat*, maka *set pressure* suatu *relief valve* menurut ASME Section V2I tidak diperkenankan melampaui MAWP dari *vessel* yang dilindunginya. Jika *relief valve* yang disediakan terdiri lebih dari satu, hanya satu *valve* saja yang perlu diset pada MAWP sedangkan yang lainnya boleh diset di atas MAWP, namun tidak boleh melampaui 105% MAWP.

2. *Tekanan Desain (Design pressure)*

Adalah tekanan yang dipakai untuk mendesain suatu *vessel* dengan tujuan untuk menentukan tebal minimum dinding *vessel* yang diperkenankan atau karakteristik fisik minimum dari bagian bagian yang berbeda dalam *vessel*. *static head* harus di tambahkan kepada tekanan desain untuk menentukan ketebalan bagian tertentu dari *vessel*.

### 3. Akumulasi (*Accumulation*)

Adalah kenaikan tekanan diatas maximum allowable working pressure vessel selama pembuangan melalui *relief valve* dinyatakan dalam % dari MAWP atau dalam psi. Perlu dicatat bahwa akumulasi adalah berkaitan dengan MAWP.

### 4. Tekanan Berlebih (*Overpressure*)

Adalah kenaikan tekanan diatas *set pressure* dari *relief valve*. Jadi *overpressure* berkaitan dengan *set pressure* suatu *relief valve*

## 2.3.3 Neraca Bahan dan Panas

Pendekatan dasar yang digunakan untuk menghitung laju pembuangan (*relieving rate*) adalah menyangkut neraca massa dan panas di sekeliling *vessel* yang harus dilindungi terhadap *overpressure*. Kadang-kadang neraca massa dan panas normal dapat disesuaikan untuk menggambarkan sedikit perbedaan antara kondisi operasi normal dengan kondisi *relieving*. Apabila kondisi *relieving* sangat jauh berbeda dengan kondisi operasi normal maka perhitungan neraca massa dan panas harus didasarkan pada kondisi laju *relieving* tersebut. Yang perlu diperhatikan adalah bahwa neraca massa dan panas ini akan dipergunakan untuk menentukan kebutuhan pembuangan (*relieving requirement*).

## 2.3.4 Perhitungan Kapasitas *Relief Valve*

Aliran yang melalui *relief valve* dapat berupa salah satu dari beberapa jenis yaitu berikut;

- Aliran gas atau uap
- Aliran Subsonic atau non-choked flow
- Sonic atau choked flow
- Aliran liquid
- Aliran fasa campuran
- Gas mengandung butiran liquid
- Liquid mengandung

Tiap jenis aliran tersebut memiliki formula atau prosedur tersendiri untuk menentukan laju alir atau ukuran *nozzle* yang dibutuhkan.

Kapasitas *relief valve* pada umumnya dinyatakan dalam luas area *orifice* yang kemudian diameternya dihitung berdasarkan luasan tersebut. Untuk menghitung luas area *orifice*, perlu dilakukan perhitungan terlebih dahulu terhadap laju *relieving* untuk masing-masing penyebab *overpressure*. Selain itu perlu dilakukan analisis terhadap tekanan dan temperatur dari masing-masing kemungkinan terjadinya *overpressure*. Berdasarkan data diameter *orifice*, tekanan, dan temperatur tersebut akan diperoleh kapasitas dan tipe *valve* yang sesuai.

Pendefinisian kapasitas maksimum dari fluida yang akan dibuang ke *relief system* memerlukan analisis yang dalam dengan berbagai asumsi. Penentuan asumsi awal sangat yang diperlukan dalam menentukan kapasitas maksimum suatu *relief valve*. Asumsi awal yang diperlukan adalah bahwa dua keadaan darurat (*emergency*) oleh kegagalan peralatan yang tidak saling berhubungan atau kesalahan operator tidak akan terjadi secara bersamaan (*no double jeopardy*). Rangkaian (*sequence*) dari keadaan tersebut harus diperhitungkan dengan jalan mengetahui keseluruhan desain operasional termasuk mengenali tipe driver pompa yang digunakan, sumber *cooling water*, cadangan (*spare*) yang disediakan (contoh pada *vessel body*), layout pabrik, instrumentasi, dan filosofi dari *emergency shut down*-nya.

Beberapa contoh kasus kegagalan (*failure*) aliran fluida yang mungkin terjadi dan masuk pada *relief system* adalah :

a) *Blocked Discharge / Blocked Outlet*

Outlet dari hampir semua *vessel*, pompa, kompresor, *fired heater*, atau peralatan lainnya dapat terhalang/tertutup oleh kesalahan mekanikal (*mechanical failure*) atau kesalahan manusia. Dalam hal ini, kapasitas *relief*-nya biasanya adalah kapasitas aliran maksimum dari suatu pompa, kompresor, atau sumber aliran lainnya pada kondisi *relief*-nya.

b) *Fire Exposure / Fire Case*

Adanya api adalah salah satu keadaan terakhir yang diprediksi yang dapat terjadi dalam sebuah pabrik pengolahan fluida yang ada gasnya, tetapi hal ini dapat mengakibatkan kondisi tertinggi dari suatu *relief*. Jika api dapat terjadi dalam luas suatu pabrik maka kondisi ini dapat mempengaruhi sizing dari suatu *relief* sistem secara keseluruhan, bagaimanapun juga karena peralatan (equipment) dapat terdispersi secara geografi, efek dari “*fire exposure*” pada *relief system* terbatas pada plot area tertentu. Uap yang dibangkitkan (*vapor generation*) akan jauh lebih tinggi di *vessel* yang tidak diinsulasi. Cara dan formula untuk menentukan jumlah *relief load* disesuaikan dengan sistem dan fluidanya. Kondisi *fire* dapat membuat kelebihan tekanan (*overpressure*) pada uap dan cairan yang dilewatkan (*vapor-filled* dan *liquid-filled*) serta sistem dua fasa.

c) *Tube Rupture*

Kegagalan posisi dari instrument dan *control valves* harus dievaluasi secara hati-hati. Dalam prakteknya, *control valves* tidak boleh gagal dalam keadaan normal. Sebuah *valve* dapat macet dalam posisi yang salah (membuka/menutup), atau loop kontrolnya gagal. Perlindungan untuk faktor ini harus disediakan, dengan kondisi yang mengacu pada koefisien aliran (*flow coefficient*) dari manufaktur dan perbedaan tekanan untuk *control valves* yang spesifik dan fasilitas yang mengikutinya.

d) Ekspansi Panas (*Thermal Expansion*)

Jika isolasi dari *process line* pada ruang dingin (*cold side*) sebuah *heat exchanger* (HE) dapat menimbulkan tekanan berlebih akibat adanya panas yang masuk dari ruang panas (*hot side*), maka *line* atau *cold side* dari HE tersebut harus diproteksi dengan sebuah *relief valve*. Jika peralatan atau *line* dapat diisolasi pada kondisi *full liquid*, *relief valve* harus disediakan untuk *thermal expansion* pada kontainer liquid itu. Rendahnya temperatur proses, radiasi matahari (*solar radiation*), atau perubahan pada kondisi temperatur atmosfer mengharuskan proteksi panas di dalamnya. *Flashing* pada *control valve* juga harus dipertimbangkan.

e) *Blowdown Case*

Adalah keadaan dimana fluida terjebak pada kondisi *blowdown* (misalnya kondisi *settle out* pada kompresor yang *fail*) dalam suatu unit yang dimatikan karena kegagalan mekanikal atau gangguan dari unit proses lain dimana perkiraan jumlah fluida yang terjebak yang harus dibuang pada unit tersebut dihitung berdasarkan volume dari sistem tersebut secara keseluruhan, misalnya ada suction dan *discharge scrubber* serta *air cooler* dari suatu unit kompresor, maka jumlah laju *blowdown*-nya diperkirakan dari jumlah volume yang dapat terjebak pada *suction scrubber*, *discharge scrubber*, *air cooler*, kompresor dan sistem perpipaan diantara *shutdown valve* yang mengikuti unit ini di *discharge* dan *suction*-nya.

f) Kegagalan Utilitas (*Utility Failure*)

*Loss* (hilangnya) dari air pendingin dapat terjadi dalam sebuah pabrik. Yang terpengaruh akibat adanya *loss* dari air pendingin adalah kolom fraksionasi, dan peralatan lain yang menggunakan air pendingin. Kegagalan air pendingin sering digunakan sebagai kasus utama perhitungan yang terjadi pada *flare system*.

*Electric Power Failure* (mirip *Cooling Water failure*), dapat terjadi pada area pabrik dan membuat efek-efek yang bervariasi. Pompa elektrik dan motor penggerak *air cooler* yang sering digunakan dalam unit proses, pada saat hilangnya listrik dapat membuat hilangnya *reflux* dengan cepat ke sebuah fraksionator, juga motor penggerak kompresor dapat ikut mati. *Power failure* dapat membuat berbagai kapasitas yang perlu dibuang dengan segera. Pada kasus *instrument air system failure*, berhubungan atau tidaknya dengan *power failure* harus dipertimbangkan juga untuk mendesain *flare system* karena *pneumatic control loop* (*instrument control* yang digerakkan oleh air/udara) akan juga terganggu. Juga asumsi posisi *control valves* pada keadaan tanpa udara (*loss of air from instrument air system*):

Rumus-rumus kapasitas *relief valve* terdapat dalam *API Recommended Practice 520* dan katalog dari tiap *manufacture* dan biasanya dinyatakan dalam *orifice area* (in<sup>2</sup>).

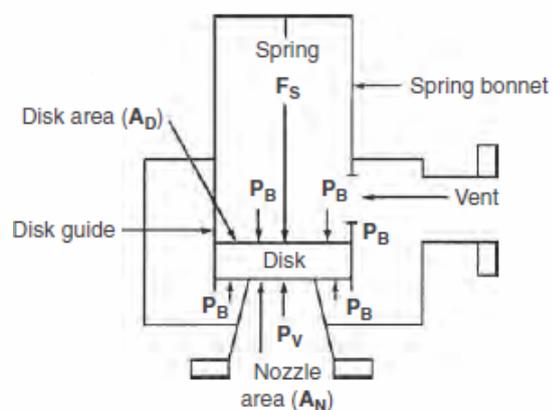
### 2.3.5 Pertimbangan Tekanan Balik (*Back Pressure*)

Tekanan yang ada pada bagian outlet dari PRV didefinisikan sebagai *back pressure*. *Back pressure* dapat mempengaruhi kerja PRV, terlepas dari apakah *valve* itu di-vent ke atmosfer atau discharge-nya dihubungkan ke pipa menuju *collection system*. Pengaruh *backpressure* meliputi variasi dalam *opening pressure*, reduksi kapasitas flow, instabilitas, atau kombinasi ketiganya. Kapasitas adalah maksimum aliran yang dapat dibuang oleh *relief valve*.

Terdapat dua jenis tekanan balik yaitu *superimposed back pressure* dan *built-up back pressure*.

- ***Superimposed back pressure*** adalah *back pressure* yang ada pada outlet dari PRV pada saat PRV tidak terbuka. *Back pressure* ini konstan jika outlet PRV dihubungkan ke *process vessel* atau sistem dengan tekanan tetap. Walaupun demikian, dalam banyak kasus, *superimposed back pressure* biasanya tidak konstan karena kondisi *discharge system* yang sering berubah.

*Superimposed backpressure* di outlet dari *conventional PRV* mempertahankan *valve disc* pada posisi *closed* dengan menambahkan gaya (force) pada gaya pegas (spring force). Akibatnya *set pressure* dari PRV akan berkurang sebagai fungsi dari *back pressure*. *Actual spring setting* dapat dikurangi dengan jumlah yang sesuai dengan *superimposed back pressure*. Gambar 2.10 berikut memperlihatkan hubungan antara *set pressure* dengan *back pressure* pada *conventional PRV* <sup>[18]</sup>;



**Gambar 2.10** Hubungan *set pressure* dan *back pressure* pada *conventional PRV*

$$(P_S + P_O)A_N = F_S + P_B A_N \dots\dots\dots(2.1)$$

$$P_S A_N = F_S + A_N (P_B - P_O) \dots\dots\dots(2.2)$$

$P_S = \textit{Set pressure}$

$P_O = \textit{Over pressure}$

Berdasarkan persamaan di atas maka jika *back pressure* lebih besar dari *over pressure* maka valve cenderung untuk menutup dan mengurangi aliran yang berujung pada ketidakstabilan dari operasi PRV..

Pada *balanced* PRV digunakan bellow atau piston untuk meminimasi atau menghilangkan efek dari *superimposed back pressure* terhadap *set pressure*. *Pilot-operated* PRV memiliki pilot yang di-vent ke atmosfer atau diseimbangkan (*balanced*) untuk menjaga *set pressure* dari pengaruh *superimposed backpressure*.

Balanced PRV atau *pilot-operated* PRV perlu dipertimbangkan jika *superimposed backpressure* tidak konstan. Walaupun demikian, jika *superimposed backpressure* kecil, *conventional* PRV dapat digunakan

- **Built-up back pressure** adalah *Back pressure* yang ada pada discharge system ketika PRV terbuka. *Built-up back pressure* terjadi karena *pressure drop* di dalam *discharge system* akibat adanya flow dari PRV. *Tail pipe* pendek yang di-vent ke atmosfer menghasilkan *built-up back pressure* yang lebih rendah daripada pipa yang panjang. Walaupun demikian, *choked flow* dapat terjadi di tail pipe. Dengan demikian, besarnya *built-up back pressure* perlu dievaluasi untuk seluruh sistem, terlepas dari konfigurasi outlet piping.

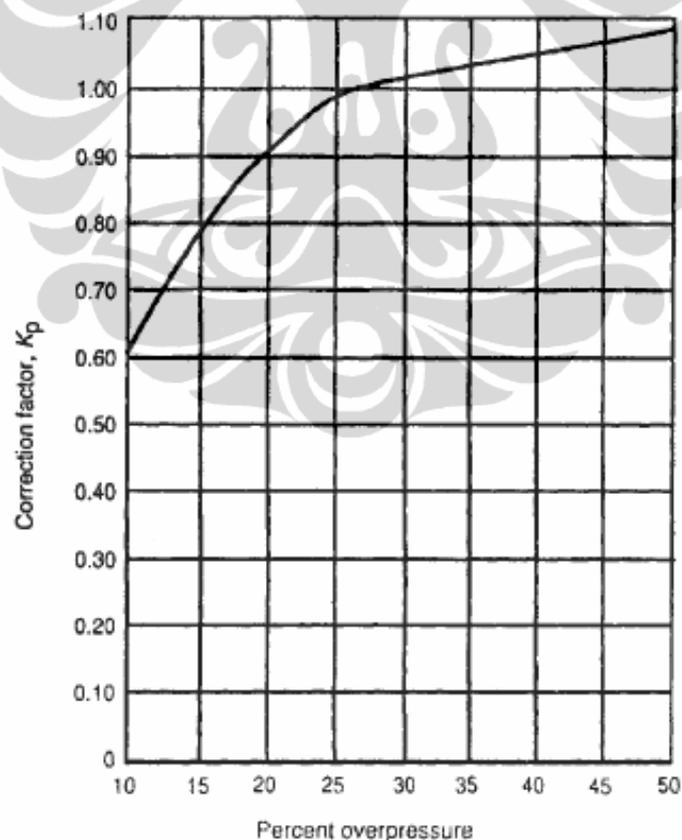
#### Efek *back pressure* terhadap operasi dan kapasitas flow dari *conventional* PRV

Pada saat *backpressure*-nya berlebih selama relief, kinerja *conventional* PRV tidak memuaskan. Gaya angkat (*lifting force*) PRV untuk membuka dilawan oleh *built-up backpressure*.

*Built-up backpressure* berlebih dapat menyebabkan valve beroperasi tidak stabil. Ketidakstabilan ini dalam bentuk *chatter* atau *flutter*. *Chatter* adalah gerak *reciprocating disc* yang cepat dan tidak normal, di mana disc

kontak dengan seat selama cycling. *Chatter* dapat menyebabkan kerusakan pada valve dan interconnecting piping. *Flutter* mirip dengan *chatter*, tetapi disc tidak kontak dengan seat selama cycling.

Pada aplikasi PRV konvensional, *built-up backpressure* tidak boleh melebihi 10% set pressure pada 10% *allowable overpressure*. Untuk *allowable overpressure* > 10%, digunakan *maximum allowable built-up backpressure* yang lebih tinggi. Jika *superimposed backpressure* konstan, *spring load* dapat direduksi untuk mengkompensasi *superimposed backpressure*. Jika *downstream piping* didesain dengan kriteria *back pressure* di atas, tidak diperlukan *back pressure capacity correction* ( $K_b = 1,0$ ) dalam persamaan valve sizing, untuk gas pada critical flow atau untuk liquid. Gambar 2.11 berikut memperlihatkan hubungan antara  $K_p$  dan % *overpressure* untuk *conventional PRV* <sup>[19]</sup>;

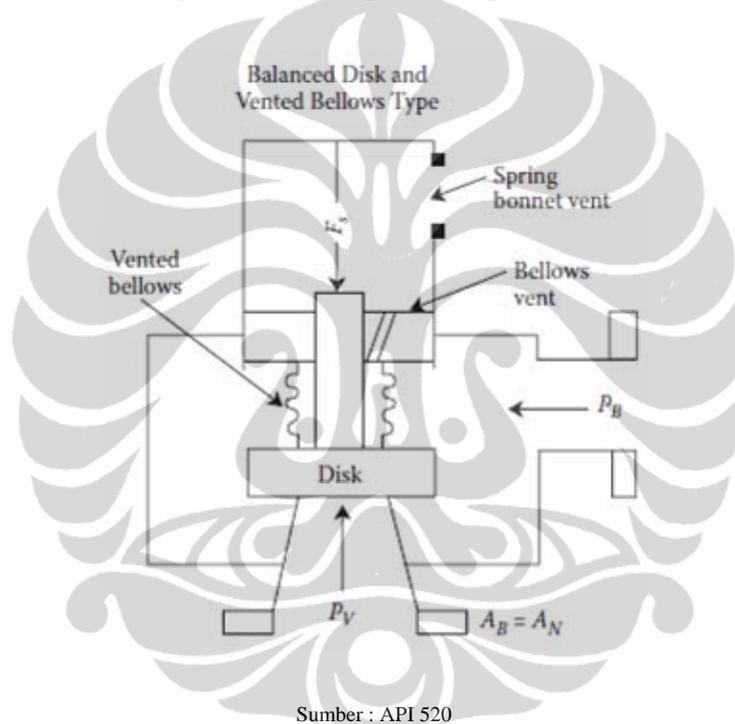


**Gambar 2.11** Hubungan antara  $K_p$  dan % *overpressure* pada *conventional PRV*

Jika *back pressure* diduga akan melebihi batas, *balanced* atau *pilot-operated* PRV perlu digunakan.

Efek Tekanan Balik (*back pressure*) terhadap operasi dan kapasitas flow dari *balanced* PRV

Pada *balanced* PRV, *back pressure* menghasilkan gaya menutup (*spring force*) pada disc. Gaya ini mereduksi *lift* dan mereduksi *flow capacity*. Gambar 2.12 berikut memperlihatkan hubungan antara set pressure dengan *spring force* akibat *back pressure* pada *balanced* PRV <sup>[20]</sup>;



Sumber : API 520

**Gambar 2.12** Hubungan antara *set pressure* dan *spring force* pada *balanced* PRV

$A_B$  = effective bellows area

$A_D$  = disk area

$A_N$  = nozzle seta area

$A_P$  = piston area (top)

$F_S$  = spring force

$P_V$  = vessel gauge pressure

$P_B$  = superimposed back pressure

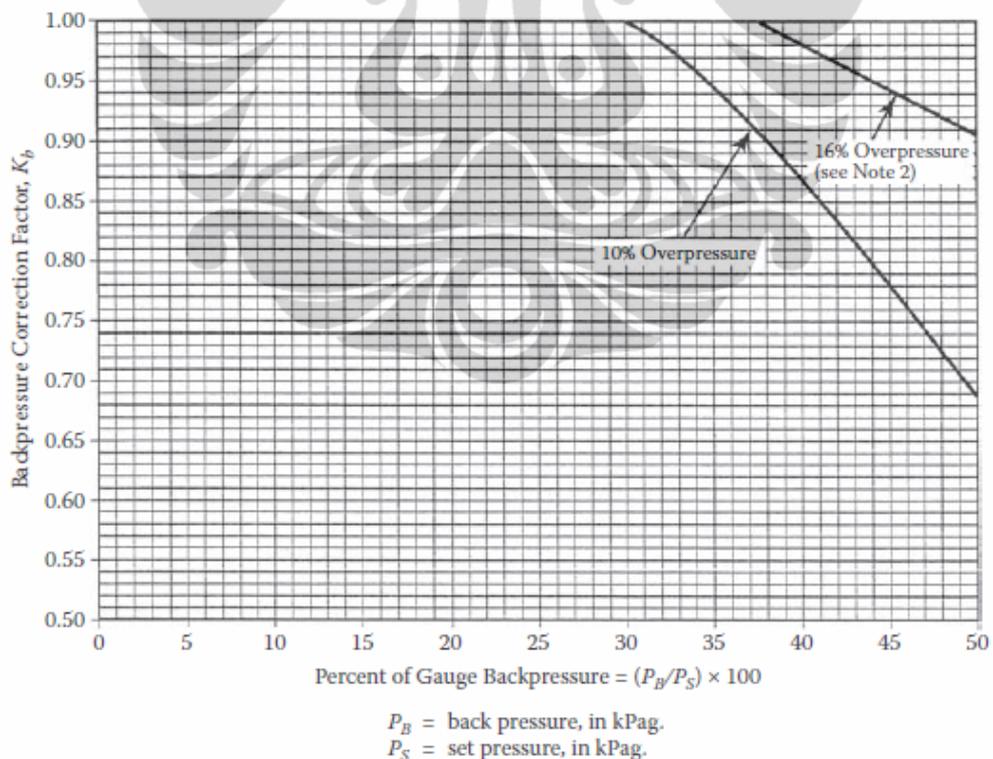
$P_S$  = set pressure

$P_V = P_S$  dan  $F_S = (P_V)(A_N)$  sehingga ;

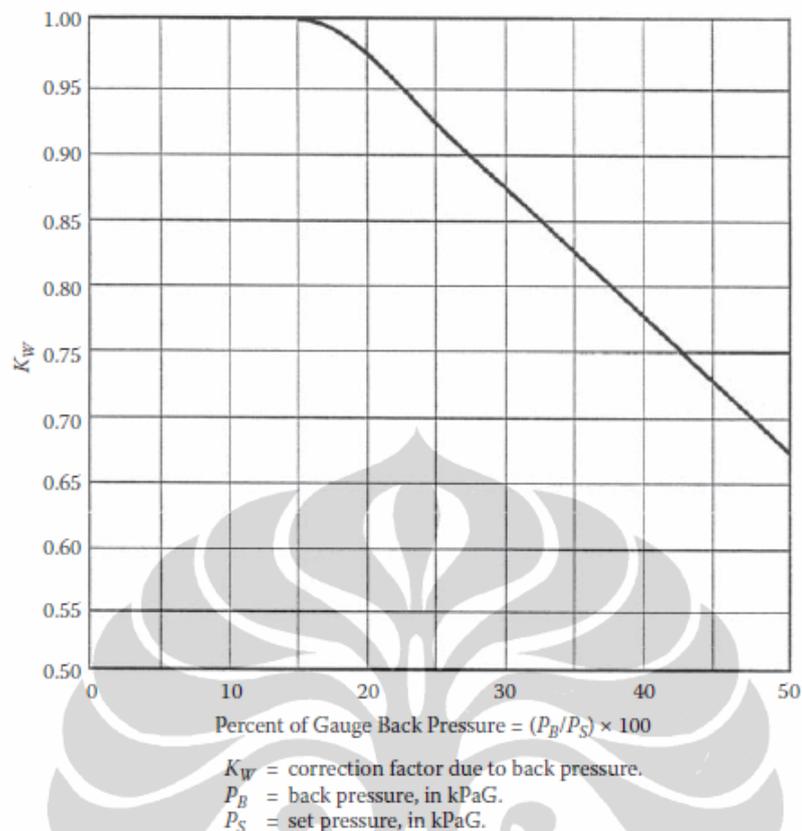
$$P_S = F_S/A_N \dots\dots\dots(2.3)$$

*Balanced PRV* perlu digunakan jika *built-up backpressure* terlalu tinggi untuk *conventional PRV* atau jika *superimposed backpressure* bervariasi lebar. *Balanced PRV* umumnya digunakan jika tekanan balik total (superimposed ditambah built-up) tidak melebihi 50% set pressure.

Faktor koreksi kapasitas karena adanya tekanan balik, disebut *backpressure correction factor* ( $K_b$ ), disediakan oleh manufacturer untuk menghitung reduksi flow ini. Faktor koreksi aliran ( $K_b$ ) untuk *balanced PRV* untuk *compressible fluid* (gas atau vapor) diperlihatkan dalam Gambar 2.13 [21] sedangkan untuk *incompressible fluid* (liquid) diperlihatkan dalam Gambar 2.14 [22];



**Gambar 2.13** Capacity correction factor ( $K_p$ ) pada *balanced-bellows PRV* untuk *compressible fluid*



**Gambar 2.14** Capacity correction factor ( $K_w$ ) pada *balanced-bellows* PRV untuk *incompressible fluid*

$K_b$  dan  $K_w$  pada kedua gambar itu diaplikasikan untuk *balanced* PRV dengan *back pressure* maksimum 50% dari set pressure. Jika tekanan balik melebihi 50%, diperlukan konsultasi dengan *manufacturer* diperlukan untuk memperoleh  $K_b$  dan  $K_w$ .

#### Efek *back pressure* dan header design pada sizing dan seleksi PRV

- **Conventional PRV.** Untuk *conventional* PRV yang terkoneksi ke *flare header*, ada sejumlah hal yang mempengaruhi sizing dan seleksi PRV. PRV *discharge line* dan *flare header* mesti didesain sehingga *built-up backpressure* tidak melebihi batas yang diperbolehkan. Sistem *flare header* didesain untuk memastikan *superimposed backpressure*, yang disebabkan venting atau relief dari sumber lain, tidak mencegah bukaan (opening) PRV. *Superimposed, built-up*, dan tekanan balik total harus dicantumkan dalam data sheet PRV.

- **Balanced PRV.** Tekanan balik total dapat mempengaruhi kapasitas PRV. Ada dua langkah untuk men-sizing *balanced PRV*. Mula-mula PRV di-sizing menggunakan *preliminary back pressure correction factor*,  $K_b$ . Nilai  $K_b$  diset 1,0 atau nilai lainnya berdasarkan asumsi tekanan balik total. Sesudah *preliminary size* dan kapasitas PRV ditentukan, *discharge line* dan *header size* dapat ditentukan berdasarkan kalkulasi *pressure drop*. Pada *sizing* akhir, kapasitas, tekanan balik, dan  $K_b$  selanjutnya dapat dihitung. Tekanan balik harus tercantum dalam data sheet PRV.
- **Pilot-operated PRV.** Pada *pilot-operated PRV*, *set pressure* dan kapasitas tidak dipengaruhi tekanan balik pada kondisi *critical flow*. *Tail pipe* dan *flare header sizing* umumnya berdasarkan pertimbangan lain.

### 2.3.6 Pertimbangan Overpressure

Nilai  $K_p$  pada aliran liquid dipengaruhi nilainya oleh besaran *overpressure*. Nilai  $K_p$  umumnya berada pada kisaran 0.6 untuk *overpressure* 10%, 1.0 untuk *overpressure* 25% dan 1.1 untuk *overpressure* 50%.

Analisa regresi untuk menghasilkan persamaan  $K_p$  dilakukan terhadap data unjuk kerja dari berbagai *manufactur valve* yaitu sebagai berikut;

Untuk % *overpressure* < 25%

$$K_p = -0.0014 (\% \text{ overpressure})^2 + 0.073 (\% \text{ overpressure}) + 0.016 \dots\dots\dots(2.4)$$

Untuk 25 < % *overpressure* < 50%

$$K_p = 0.00335 (\% \text{ overpressure}) + 0.918 \dots\dots\dots(2.5)$$

### 2.3.7 Pertimbangan Viskositas

Bila fluida yang akan di buang melalui relief valve bersifat kental (*viscous*), asumsi awal yang digunakan untuk menghitung luas area efektif dengan mengasumsikan terlebih dahulu bahwa fluida tersebut bersifat *non-viscous* ( $K_v=1$ ). Dari tabel Crosby's untuk standard effective orifice area kemudian dipilih ukuran yang lebih besar dari hasil perhitungan. Selanjutnya menghitung bilangan Reynold's melalui formula sebagai berikut;

$$R_{NE} = \frac{2800GQ}{\mu A} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana;

$G$  = *Spesific gravity* fluida

$Q$  = Laju alir fluida yang di *relief*, gpm

$\mu$  = Viskositas fluida, cP

$A$  = Luas area *orifice*

Gunakan nilai  $R_{NE}$  diatas untuk menghitung nilai  $K_v$  melalui persamaan berikut;

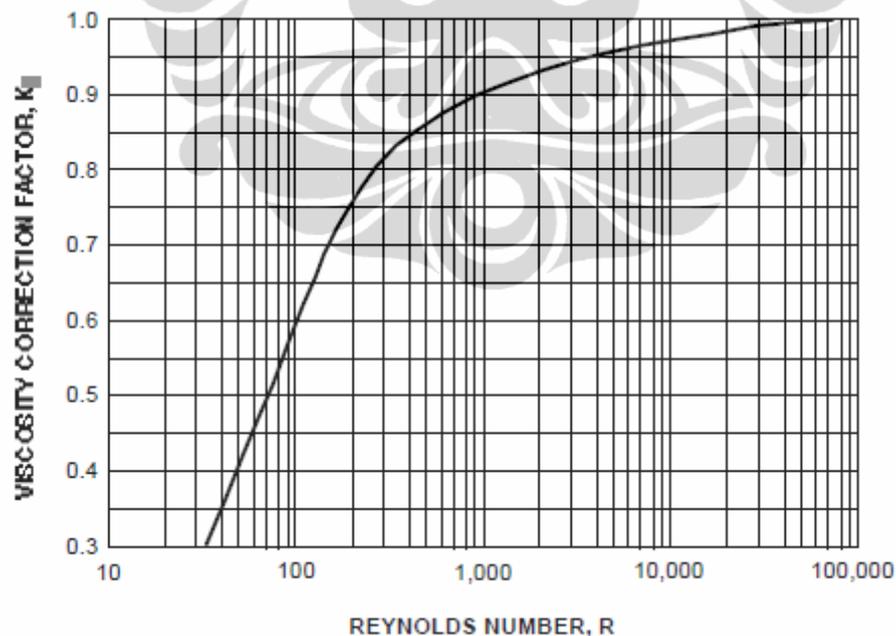
Untuk  $R_{NE} < 200$ ,

$$K_v = 0.27 \ln R_{NE} - 0.65 \dots\dots\dots(2.7)$$

Untuk  $200 \leq R_{NE} < 10.000$

$$K_v = -0.00777 (\ln R_{NE})^2 + 0.165 \ln R_{NE} + 0.128 \dots\dots\dots(2.8)$$

Selain menggunakan formula di atas, penentuan nilai  $K_v$  juga dapat dilakukan melalui grafik seperti diperlihatkan dalam Gambar 2.15 <sup>[23]</sup>;



**Gambar 2.15** Hubungan antara nilai  $K_v$  dan bilangan *Reynold*

Kemudian hitung luas area efektif terkoreksi dengan menggunakan  $K_v$  yang telah dihitung tersebut. Hasilnya dibandingkan dengan luas area aktual yang telah dihitung pada tahapan sebelumnya. Jika luas area terkoreksi lebih kecil dari luas area aktual yang dihitung sebelumnya, ulangi kembali perhitungan tersebut hingga diperoleh luas area terkoreksi lebih besar dari luas area aktual.

### 2.3.8 Perhitungan *Relieving Rate*

Perhitungan laju pembuangan fluida (*relieving rate*) dilakukan dengan memanfaatkan data neraca massa dan panas. Rumus dasar yang dipergunakan adalah :

$$In = Out + \text{Akumulasi} \dots\dots\dots(2.9)$$

Sehingga prosedur perhitungan *relieving rate* adalah sebagai berikut :

- a. Hitung massa yang masuk selama kondisi *relieving*
- b. Hitung panas yang masuk selama kondisi *relieving*, konversikan panas ini menjadi kecepatan penguapan yang masuk
- c. Hitung massa yang keluar selama kondisi *relieving*
- d. Hitung panas yang keluar selama kondisi *relieving*, konversikan panas ini menjadi kecepatan pengembunan yang keluar.
- e. Hitung kecepatan pembuangan yaitu  $(a+b) - (c+d)$

Tekanan dan temperatur harus dipertimbangkan untuk menentukan individual *relieving rate*. Keduanya mempengaruhi volume dan komposisi dari fluida gas dan cair. Ketika panas ditambahkan ke liquid, vapour akan dihasilkan. Laju pembentukan vapour dipengaruhi kondisi kesetimbangan (*equilibrium*) yang disebabkan oleh meningkatnya tekanan di dalam *confined space* dan panas yang dimiliki aliran yang mengalir secara kontinu ke dalam dan ke luar peralatan proses.

### 2.3.9 Perhitungan Kapasitas dan Luas Area *Orifice*

Untuk melindungi *vessel* atau sistem dari *overpressure* pada saat outlet sistem atau *vessel* terblokir, kapasitas minimum *relief device* adalah sebesar kapasitas dari sumber tekanan. Sumber tekanan berlebih meliputi pompa, kompresor, *high-pressure*

*supply header, stripped gas* dari *rich absorbent* dan panas proses. Dalam kasus alat penukar panas (*heat exchanger*), sistem keluaran yang tertutup (*closed outlet*) dapat menyebabkan tekanan naik akibat ekspansi panas atau pembentukan vapour. Jumlah material yang dibuang melalui *relief valve* ditentukan pada kondisi *relieving*, bukan kondisi operasi normal

Formula perhitungan kapasitas dan luas area *orifice* berbeda untuk tiap jenis fluida yang mengalir melalui *relief valve*. Begitu tekanan dan laju relieving diketahui baik pada *vessel* maupun perpipaan, luas area efektif dari *orifice* dapat ditentukan. Luas area *orifice valve* yang dipilih harus sama atau lebih besar dari luas area efektif yang dihitung. Industri valve telah memberikan standar ukuran *orifice* dan mengidentifikasikannya dengan huruf mulai dari D yang memiliki luas area 0.110 in<sup>2</sup> sampai T yang memiliki luas area 26 in<sup>2</sup>. Ukuran luas area orifice standar berdasarkan industri manufaktur diperlihatkan dalam Tabel 2.4 berikut <sup>[24]</sup>;

**Tabel 2.4** Luas area *orifice* standar berdasarkan *manufacturer*

NOZZLE ORIFICE AREAS	
Size Designation	Orifice Area, in <sup>2</sup>
D	0.110
E	0.196
F	0.307
G	0.503
H	0.785
J	1.280
K	1.840
L	2.850
M	3.600
N	4.340
P	6.380
Q	11.050
R	16.000
T	26.000

#### A. Luas Area *Orifice* untuk Liquid :

Perhitungan luas area *orifice* untuk fluida cair menggunakan persamaan sebagai berikut;

$$A = \frac{Q\sqrt{G_L}}{38K.K_p.K_w.K_v.K_c\sqrt{1.25P - P_b}} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

A = Luas orifice, in<sup>2</sup>

Q = Laju alir liquid, gpm

G = *Specific gravity liquid* pada suhu aliran

P = *set pressure*, psig

P<sub>b</sub> = *back pressure*, psig

K<sub>d</sub> = *Coefficient discharge* yang harganya diperoleh dari *valve manufacture*.

= 0.62 jika dipasang dengan *rupture disk*

= 0.65 jika dipasang tanpa *rupture disk*

K<sub>p</sub> = Faktor koreksi kapasitas karena adanya *overpressure*.

= 0.6 Untuk 10% *overpressure*

= Gambar 2.11 untuk *overpressure* > 10%

K<sub>w</sub> = Faktor koreksi karena adanya *back pressure*.

= 1 untuk relieving ke atmosfer

= 1 untuk *back pressure* kurang dari 15% (*conventional PRV*)

= Gambar 2.14 untuk *back pressure* > 15%.

K<sub>c</sub> = Faktor kombinasi

= 1 jika tidak dipasang *rupture disk*

= 0.9 jika dipasang *rupture disk*.

K<sub>v</sub> = Faktor koreksi karena *viscosity*. Menggunakan persamaan 2.8 atau Gambar

2.15.

## B. Luas Area Orifice untuk Gas

Persamaan-persamaan untuk menghitung kapasitas aliran dan luas area suatu *relief valve* untuk gas atau uap didasarkan pada hukum gas ideal dimana diasumsikan bahwa aliran yang melalui valve adalah *isentropic*. Deviasi dari hukum gas ideal dikoreksi dengan faktor kemampatan gas (Z).

Bila rasio dari tekanan absolute dowstream terhadap tekanan absolute upstream yang melalui *nozzle* lebih besar dari 0.5 maka aliran melalui *nozzle*

valve tersebut disebut aliran *subsonic*. Pada rasio tekanan 0.5 dan yang lebih rendah, aliran melalui *nozzle valve* tersebut disebut aliran sonic. Rasio tekanan aktual yang melalui *nozzle valve* merupakan fungsi dari koefisien isentropic ( $C_p/C_v$ ) dan diekspresikan melalui persamaan berikut;

$$\frac{P_{CF}}{P_1} = \left( \frac{2}{K + 1} \right)^{k/(k-1)} \dots\dots\dots(2.11)$$

$P_{CF}$  disebut sebagai tekanan *nozzle kritis* dan rasio tekanan disebut sebagai rasio tekanan kritis. Tekanan aliran pada suatu rasio tekanan dibawah rasio tekanan kritis disebut sebagai *subcritical*. Nilai dari rasio tekanan kritis untuk koefisien isentropic 1.01 sampai 2 dan diperlihatkan dalam Tabel 2.5 berikut <sup>[25]</sup>;

**Tabel 2.5** Rasio tekanan kritis pada berbagai nilai k

k	P <sub>CF</sub> /P <sub>1</sub>	k	P <sub>CF</sub> /P <sub>1</sub>
1.01	0.60	1.45	0.52
1.02	0.60	1.50	0.51
1.04	0.60	1.55	0.50
1.06	0.59	1.60	0.50
1.08	0.59	1.65	0.49
1.10	0.58	1.70	0.48
1.15	0.57	1.75	0.48
1.20	0.56	1.80	0.47
1.25	0.55	1.85	0.46
1.30	0.55	1.90	0.46
1.35	0.54	1.95	0.45
1.40	0.53	2.00	0.44

$$A = \frac{W\sqrt{TZ}}{CK.P_1.K_b\sqrt{M}} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$A = \frac{V\sqrt{T_1.Z}}{6.32CK_d.P_1.K_b\sqrt{M}} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

A = luas orifice, in<sup>2</sup>

W = laju alir gas, lb/hr

V = laja alir gas, cfm

T = suhu absolut dari inlet vapor, °R

Z = faktor kemampatan gas pada kondisi inlet

C = Konstanta aliran yang besarnya ditentukan oleh rasio panas spesifik dari gas berdasarkan formula sebagai berikut;

$$C = 520 \left[ k \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}} \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(2.14)$$

Nilai C pada berbagai nilai k diperlihatkan dalam Tabel 2.6 [26],

**Tabel 2.6** Nilai C pada berbagai nilai k

Constant		Constant		Constant	
k	C	k	C	k	C
1.00	315	1.26	343	1.52	366
1.02	318	1.28	345	1.54	368
1.04	320	1.30	347	1.56	369
1.06	322	1.32	349	1.58	371
1.08	324	1.34	351	1.60	372
1.10	327	1.36	352	1.62	374
1.12	329	1.38	354	1.64	376
1.14	331	1.40	356	1.66	377
1.16	333	1.42	358	1.68	379
1.18	335	1.44	359	1.70	380
1.20	337	1.46	361	2.00	400
1.22	339	1.48	363	2.20	412
1.24	341	1.50	364	---	---

$K_d$  = *Coefficient discharge* yang harganya diperoleh dari *valve manufacture*.

= 0.975 baik dipasang *rupture disk* maupun tidak

= 0.62 hanya untuk *rupture disk*

$K_b$  = faktor koreksi karena adanya *back pressure*.

= 1 untuk *conventional* dan *pilot-operated PRV*

= 1 jika *backpressure* kurang dari 30% *set pressure*

$P_1$  = *upstream pressure*. Adalah *set pressure* (psia) x 1.10 atau 1.20

(tergantung % *overpressure*) + atmosferik pressure, psia.

M = berat molekul gas.

### C. Luas Area Orifice untuk Steam

Luas area orifice untuk steam dihitung dengan menggunakan persamaan Napier's. Persamaan tersebut dibuat untuk rentang tekanan hingga 1515 psia.

$$A = \frac{W}{51.5KK_{SH}K_pP_1K_N} \dots\dots\dots(2.15)$$

A = luas area orifice, in<sup>2</sup>

K = koefisien *discharge*

= 0.975

K<sub>SH</sub> = *superheat correction factor* (Tabel 2.7) <sup>[27]</sup>.

= 1 untuk saturated steam

**Tabel 2.7 Steam Superheat Correction Factor (K<sub>SH</sub>)**

Set Pressure (kPaG)	Temperature (°C)									
	150	200	260	320	370	430	480	540	590	650
103	1.00	0.98	0.93	0.88	0.84	0.80	0.77	0.74	0.72	0.70
140	1.00	0.98	0.93	0.88	0.84	0.80	0.77	0.74	0.72	0.70
275	1.00	0.99	0.93	0.88	0.84	0.81	0.77	0.74	0.72	0.70
415	1.00	0.99	0.93	0.88	0.84	0.81	0.77	0.75	0.72	0.70
550	1.00	0.99	0.93	0.88	0.84	0.81	0.77	0.75	0.72	0.70
690	1.00	0.99	0.94	0.89	0.84	0.81	0.77	0.75	0.72	0.70
825	1.00	0.99	0.94	0.89	0.84	0.81	0.78	0.75	0.72	0.70
965	1.00	0.99	0.94	0.89	0.85	0.81	0.78	0.75	0.72	0.70
1,100	1.00	0.99	0.94	0.89	0.85	0.81	0.78	0.75	0.72	0.70
1,240	1.00	0.99	0.94	0.89	0.85	0.81	0.78	0.75	0.72	0.70
1,380	1.00	0.99	0.95	0.89	0.85	0.81	0.78	0.75	0.72	0.70
1,515	1.00	0.99	0.95	0.89	0.85	0.81	0.78	0.75	0.72	0.70
1,655	—	1.00	0.95	0.90	0.85	0.81	0.78	0.75	0.72	0.70
1,790	—	1.00	0.95	0.90	0.85	0.81	0.78	0.75	0.72	0.70
1,930	—	1.00	0.96	0.90	0.85	0.81	0.78	0.75	0.72	0.70
2,070	—	1.00	0.96	0.90	0.85	0.81	0.78	0.75	0.72	0.70
2,410	—	1.00	0.96	0.90	0.86	0.82	0.78	0.75	0.72	0.70
2,760	—	1.00	0.96	0.91	0.86	0.82	0.78	0.75	0.72	0.70
3,450	—	1.00	0.96	0.92	0.86	0.82	0.78	0.75	0.73	0.70
4,135	—	1.00	0.97	0.92	0.87	0.82	0.79	0.75	0.73	0.70
5,515	—	—	1.00	0.95	0.88	0.83	0.79	0.76	0.73	0.70
6,900	—	—	1.00	0.96	0.89	0.84	0.78	0.76	0.73	0.71
8,600	—	—	1.00	0.97	0.91	0.85	0.80	0.77	0.74	0.71
10,350	—	—	—	1.00	0.93	0.86	0.81	0.77	0.74	0.71
12,050	—	—	—	1.00	0.94	0.86	0.81	0.77	0.73	0.70
13,800	—	—	—	1.00	0.95	0.86	0.80	0.76	0.72	0.69
17,200	—	—	—	1.00	0.95	0.85	0.78	0.73	0.69	0.66
20,700	—	—	—	—	1.00	0.82	0.74	0.69	0.65	0.62

$$\begin{aligned}
K_N &= \text{capacity correction factor untuk dry saturated steam} \\
&= 1 \text{ bila } P_1 \leq 1515 \text{ psia} \\
&= \frac{0.02764P_1 - 1000}{0.03324P_1 - 1061} \text{ bila } P_1 > 1515 \text{ psia dan } < 3215 \text{ psia}
\end{aligned}$$

#### D. Luas Area Orifice untuk Kasus Fire

*Vessel* dapat berisi cairan atau gas/uap atau keduanya. Fasa liquid bisa berada pada kondisi *subcritical* pada temperatur dan tekanan operasi, kemudian menjadi *critical* atau *supercritical* selama terjadinya kebakaran seiring peningkatan temperatur dan tekanan di dalam *vessel*. Jumlah gas/uap yang dihasilkan dapat ditentukan dari bagian *vessel* yang dibasahi oleh cairan.

Jumlah dan komposisi fluida yang di-*relief* selama kebakaran bergantung pada laju panas yang masuk ke *vessel* dan lamanya kebakaran berlangsung. Jika laju panas yang masuk ke *vessel* diketahui, jumlah dan komposisi fluida yang di-*relief* dapat dihitung.

Pada tekanan dan temperatur di bawah titik kritis, laju pembentukan gas/uap sama dengan laju panas yang diserap dibagi dengan panas laten penguapan. Gas/uap yang di-*relief* adalah gas/uap yang berada dalam kesetimbangan dengan cairan, ketika *pressure-relief device* “bekerja” pada tekanan yang terakumulasi.

Rekomendasi untuk menghitung laju pembentukan gas/uap berdasarkan laju panas yang masuk ke *vessel* dan panas laten penguapan tidak valid jika berada di dekat titik kritis fluida. Pada kondisi ini panas laten penguapan mendekati nol dan panas sensible dominan. Jika tidak tersedia nilai panas laten penguapan untuk hidrokarbon di dekat titik kritis, nilai minimum 50 Btu/lb kadang-kadang dapat diterima sebagai pendekatan. Jika kondisi *relief* di atas titik kritis, laju gas/uap yang dilepas hanya bergantung pada laju saat fluida berekspansi akibat panas yang masuk ke *vessel*. Di atas titik kritis tidak terjadi perubahan fasa.

Persamaan untuk menentukan jumlah fluida yang dibuang melalui *relief valve* adalah sebagai berikut;

$$W = \frac{Q}{L} \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana :

$$Q = 21000FA_{wet}^{0.82} \dots\dots\dots(2.17)$$

W = vapor release, lb/hr

Q = panas yang masuk melalui permukaan basah, Btu/hr

L = panas laten dari fluida, Btu/lb

F = faktor lingkungan yang nilainya dapat dilihat pada Tabel 2.8<sup>[28]</sup>.

A<sub>wet</sub> = luas area basah, ft<sup>2</sup>

**Tabel 2.8** Faktor Lingkungan untuk *vessel*.

Equipment Type	Factor F <sup>(1)</sup>
<b>Bare Vessel</b>	1.0
<b>Insulated Vessel<sup>(2)</sup></b> (These arbitrary insulation conductance values are shown as examples and are in BTU's per hour per square foot per degree Fahrenheit):	
4	0.3
2	0.15
1	0.075
0.67	0.05
0.50	0.0376
0.40	0.03
0.33	0.026
<b>Water application facilities, on bare vessels<sup>(3)</sup></b>	1.0
<b>Depressurizing and emptying facilities<sup>(4)</sup></b>	1.0

Area permukaan basah untuk vessel dihitung dengan menggunakan formula dari *API Recommended Practice 520*.

- Tanki bulat

$$A_{wet} = \pi(E_s)(D) \dots\dots\dots(2.18)$$

- *Horizontal Cylinder with flat ends;*

$$A_{wet} = [\pi (D)(B)/180](L+D/2)-)D/2-E)\sin(B) \dots\dots\dots(2.19)$$

- *Horizontal Cylinder with spherical ends;*

$$A_{\text{wet}} = \pi (D)(E+[(L-D)(B)/180]) \dots\dots\dots(2.20)$$

- *Vertical Cylinder with flat ends;*

$$\text{Jika } E < L \text{ maka } A_{\text{wet}} = \pi (D)( D/4+E) \dots\dots\dots(2.21)$$

$$\text{Jika } E = L \text{ maka } A_{\text{wet}} = \pi (D)( D/2+E) \dots\dots\dots(2.22)$$

- *Vertical Cylinder with spherical ends;*

$$A_{\text{wet}} = \pi (E)( D) \dots\dots\dots(2.23)$$

$E$  = *Effective liquid level, ft*

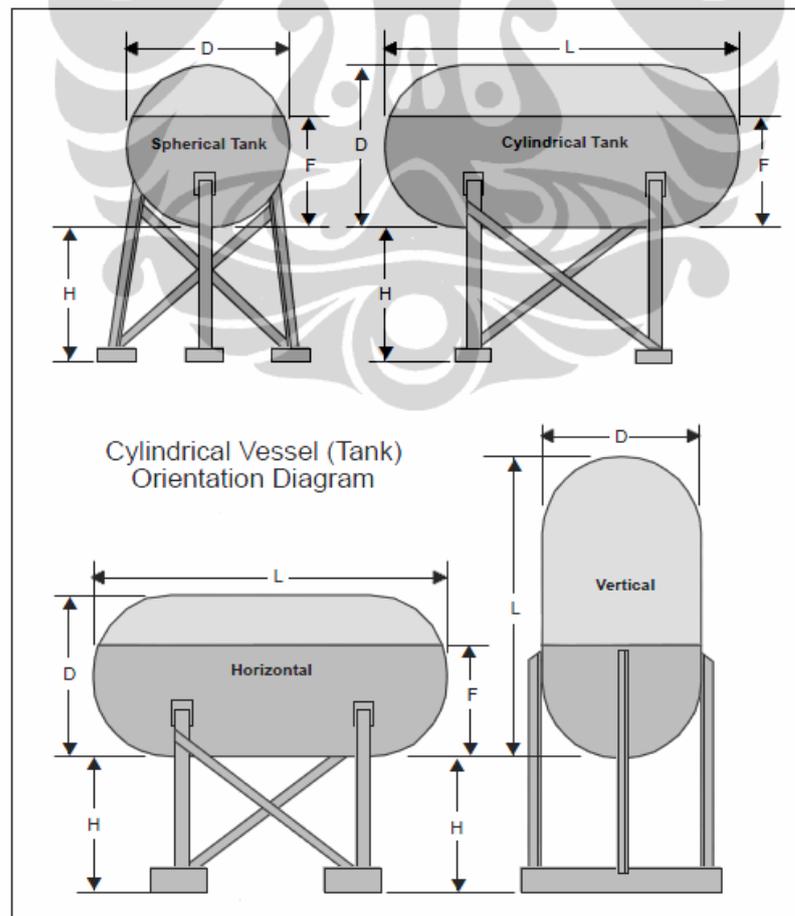
$D$  = *Vessel diameter, ft*

$B$  = *Effective liquid level angle, degrees*

$$= \cos^{-1} [1-(2)(E)/(D)]$$

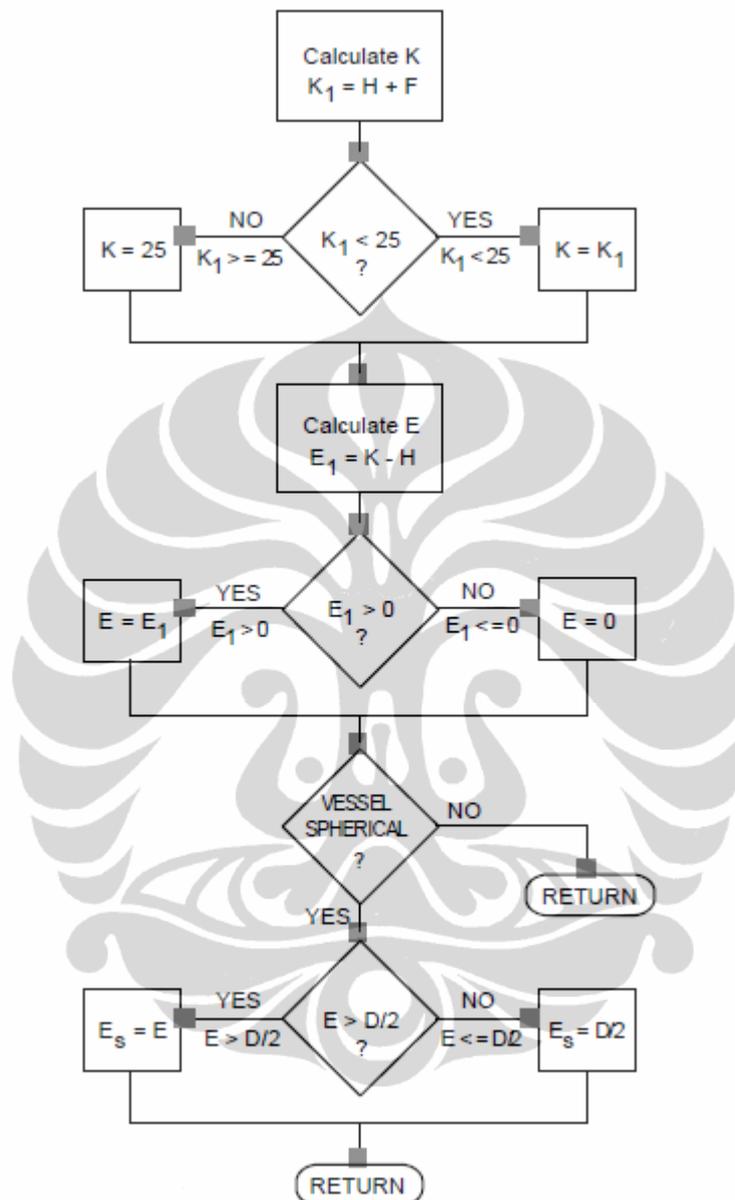
$L$  = *Vessel end to end length, ft*

Gambar 2.16 Memperlihatkan ilustrasi *pressure vessel* untuk perhitungan luas area permukaan basah <sup>[29]</sup>;



**Gambar 2.16** Ilustrasi *pressure vessel* untuk perhitungan luas area permukaan basah

Untuk menghitung ketinggian cairan efektif ( $E$ ) digunakan alur perhitungan seperti diperlihatkan dalam Gambar 2.17<sup>[30]</sup>,



**Gambar 2.17** Alur perhitungan tinggi cairan efektif

Dimana;

$K$  = Tinggi total efektif cairan, ft

$K_1$  = Tinggi total permukaan cairan, ft

$H$  = Elevasi vessel, ft

$F$  = kedalaman cairan dalam vessel, ft

$E$  = level cairan efektif, ft

$E_1$  = level cairan awal, ft

$E_2$  = *Effective spherical liquid level*, ft

### E. Sizing *Relief Valve* Untuk Fluida Dua Fasa

Sizing untuk fluida dua fasa dilakukan berdasarkan prosedur dalam API RP 520. Dalam desain ini, parameter-parameter fisik ditentukan secara hati-hati karena sedikit saja perubahan terjadi akan memberikan perubahan hasil sizing yang signifikan. Dalam prosedur desain ini, beberapa definisi diberikan sebagai berikut;

***Noncondensable gas.*** Adalah gas yang tidak mudah untuk terkondensasi dibawah kondisi tekanan dan temperatur normal. Gas yang tidak mudah mengembun antara lain udara, nitrogen, oksigen, hidrogen, karbon dioksida, *hydrogen sulfide*, dan karbon monoksida.

***Highly Subcooled Liquid.*** Adalah cairan yang tidak mengalami flashing setelah melewati PRV.

***Nominal Boiling Range.*** Adalah perbedaan dalam atmospheric boiling points antara komponen paling ringan dan komponen paling berat dalam sistem.

***Low Subcooling Region.*** Suatu area dimana *flashing* terjadi pada bagian *upstream* dari *throat*.

***High Subcooling Region.*** Suatu area dimana *flashing* terjadi pada *throat*.