

## STUDI STABILITAS KATUP PENGAMAN

R. Indrawanto, Hery Adrial, Maman Mulyaman  
Slamet Suprianto, Royadi

### ABSTRAK

**STUDI STABILITAS KATUP PENGAMAN.** Perhitungan stabilitas katup pengaman harus dilaksanakan dalam rancangan instalasi katup pengaman dalam suatu industri atau instalasi PLN PWR. Dengan dicapainya stabilitas katup pengaman, fungsi katup pengaman sebagai pelindung bejana pada tekanan tinggi, dapat berfungsi dengan baik. Pada makalah ini akan ditentukan stabilitas katup pengaman pada kondisi terbuka dengan menentukan berapa persen katup blow-down harus terbuka, dengan data-data sebagai berikut : Tekanan katup terbuka = 2500 Psi, Panjang total pipa *upstream* antara katup dan tangki = 107,5 inch, Diameter pipa bagian dalam = 4,9 inch, Diameter *nozzle* = 2,13 inch, Koefisien *discharge* = 0,9, Waktu katup terbuka = 0,014 det. Dalam perhitungan didapat katup *blow-down* harus terbuka > 20 %

### ABSTRACT

**STABILITY STUDY ON SAFETY VALVE.** Stability calculation on the safety valve should be done in the design of safety valve instalation for nuclear Power Plant or in the industry. Good stability of the safety valve quarrantee that the safety valve fuction as a vessel protection would be good. On this paper would be determined stability on the safety valve in open condition, also how far safety valve shold be open, with parameter data shown below : Valve opening pressure = 2500 Psi, Total length of up stream = 107,5 inch, inside pipe diamter = 4,9 inch, valve nozzle diameter = 2,13 inch, Valve discharge coefisient = 0,9 valve opening time = 0,014 seconds. Base on the calculation during opening position of the blow-down valve, should be open greater than > 20 %

### PENDAHULUAN

Dalam PLTN atau industri yang beroperasi dengan tekanan tinggi ( $P \geq 150$  bar); penggunaan katup keselamatan sebagai sistem proteksi tekanan tinggi pada bejana, sangat diperlukan. Katup keselamatan direncanakan harus membuka jika tekanan pada bejana melebihi batas-batas keselamatan yang telah ditetapkan dan menutup kembali jika tekanan kembali normal.

Pada instalasi industri, letak katup keselamatan dihubungkan dengan bejana melalui pipa masukan atau pipa keluaran dengan ukuran/susunan dari

katup bervariasi untuk berbagai instalasi. Telah diketahui bahwa rugi-rugi tekanan karena gesekan pada jalur masukan yang panjang, dapat mempengaruhi unjuk kerja katup.

Pada umumnya katup pengaman direncanakan membuka dan menutup dalam waktu yang singkat, dan pada kondisi tersebut timbul perubahan tekanan Akustik yang mengakibatkan rugi-rugi tekanan bertambah, sehingga stabilitas dari katup keselamatan menjadi berkurang.

Dari hasil percobaan instalasi pengujian katup keselamatan EPRI di USA, ditunjukkan bahwa susunan pipa

pada daerah inlet (masukan) dapat mempengaruhi stabilitas katup pengaman.

Pengertian stabilitas ialah bahwa katup harus membuka jika batas tekanan telah dilampaui dan juga katup harus menutup jika tekanan telah kembali normal. Terjadinya osilasi tekanan harus dapat diredam selama katup dalam kondisi membuka atau menutup<sup>(1)</sup>

Dalam perencanaan katup keselamatan pada bejana PWR/BWR atau bejana yang digunakan dalam industri, masalah stabilitas merupakan masalah utama. Ketidak stabilan katup keselamatan menyebabkan tekanan tinggi pada bejana (melewati batasan disain) tidak dapat dibebaskan dengan baik. Akibatnya bila dibiarkan dapat menimbulkan keretakan pada bejana tersebut.

Keretakan pada bejana dalam PLTN/BWR menimbulkan bahaya pelepasan zat radioaktif, tapi yang paling merugikan baik PLTN ataupun instalasi industri keduanya harus dipadamkan.

Untuk menjamin bahwa unjuk kerja katup keselamatan berfungsi dengan baik dari tahap perencanaan awal kriteria stabilitas harus dipenuhi.

Pada PLTN jenis PWR/BWR komponen katup keselamatan termasuk komponen kelas satu, dimana sebelum dipasang diperlukan sertifikat hasil pengujian dari pabrik. (Gambar. 1).

Di PRSG katup keselamatan digunakan pada tangki SCA "Supply Compressed Air" dan juga di pendingin sekunder.

Dalam melakukan perhitungan stabilitas ini digunakan metode yang

sederhana dan menggunakan perhitungan tangan.

## TEORI

Sebelum membahas teori terlebih dahulu akan diketengahkan gambar katup keselamatan seperti di bawah ini. (Gbr. 2). Umumnya instalasi katup keselamatan terdiri dari pipa, bejana tekanan tinggi katup keselamatan dua katup pengatur dan bagian keluaran.

Berdasarkan hasil percobaan bagian inlet pada instalasi katup keselamatan dapat mempengaruhi stabilitas katup dan bagian yang terpengaruh ialah bagian tekanan yang pada masukan. Beberapa parameter yang mempengaruhi stabilitas keselamatan katup ialah :

### *Pengaruh Tekanan Akustik*

Katup keselamatan digunakan sebagai pelindung tekanan tinggi dan direncanakan harus dapat membuka dan menutup dalam waktu yang cukup singkat ( 50 mdet.).

Jika katup dalam posisi terbuka tekanan diam pada bagian inlet pada katup, akan berubah secara tiba-tiba karena terjadi ekspansi yang mendadak pada volume katup tersebut. Keadaan tersebut mengakibatkan pembentukan gelombang suara yang merambat menuju bejana melalui pipa inlet. Jika gelombang tersebut sudah mencapai bejana gelombang akan dipantulkan kembali menuju katup. Pada saat katup dalam posisi terbuka ataupun tertutup dalam waktu yang cukup singkat, goyangan (osilasi) tekanan akan terjadi.

Untuk kondisi pipa inlet sepanjang L dengan luas pipa dan katup terbuka penuh sebelum gelombang

pantul mencapai katup, rugi-rugi tekanan pada katup.

$$\Delta P = \frac{C \dot{m}}{g A} + \frac{\dot{m}^2}{2 \rho_0 A^2} \quad (1)$$

dengan syarat  $L > C \frac{t}{2}$

dimana :

$C$  = kecepatan suara

$\dot{m}$  = laju alir uap pada katup

$t$  = waktu katup membuka atau menutup

$$C = \sqrt{\frac{\gamma P_0}{\rho_0}}$$

dimana :

$P_0$  = ialah tekanan pada bejana (vessel)

$\gamma$  =  $C_p/C_v$  (konstanta gas ideal)

$\rho_0$  = rapat uap jenuh

Pada saat katup dalam posisi terbuka laju alir uap dapat ditentukan dengan :

$$\dot{m}_0 = 51,45 C_D A_N P_0 \left[ \frac{0,1906 P_0 - 1000}{0,2292 P_0 - 1061} \right] \quad (2)$$

dimana :

$\dot{m}_0$  ialah laju alir uap

$C_D$  ialah Koefisiendischarge

$A_N$  ialah luasnozle

$P_0$  ialah Tekananker jadesain

untuk kondisi pipa inlet yang pendek, sehingga gelombang pantul dari bejana dapat mencapai katup sebelum katup terbuka penuh, rugi-rugi tekanan dengan

$$\Delta P = \frac{C \dot{m} 2L}{g A C t_v} + \frac{\dot{m}^2}{2 \rho_0 A} \left( \frac{2L}{C t_v} \right)^2 \quad (3)$$

$$\text{jika } L \leq \frac{C t_v}{2}$$

### Pengaruh Friksi

Jika katup terbuka dan mulai terjadi aliran tekanan diam pada masukan (inlet) akan menurun disebabkan rugi-rugi gesekan pada inlet (masukan) rugi-rugi gesekan dapat ditentukan dengan rumus di bawah ini :

$$\Delta P_f = \sum \left( \frac{(K + fL/10)}{2g \rho_0} \right) \frac{\dot{m}}{A^2} \quad (4)$$

$$\text{untuk } L > \frac{C t_v}{2}$$

dimana :

$K$  = ialah koefisien kehilangan yang disebabkan perubahan luas seperti koefisien kehilangan masukan, perubahan diameter.

### Pengaruh pada Keluaran Pipa

Umumnya instalasi Katup Keselamatan terdiri dari saluran pembuatan jika katup terbuka zat cair keluar melalui saluran pembuangan akan menimbulkan kenaikan pada bagian pembuangan. Dari hasil percobaan diketahui bahwa, kenaikan tekanan pada saluran pembuangan dapat meningkatkan stabilitas katup keselamatan.

### Stabilitas Katup Keselamatan

Pengertian stabilitas katup keselamatan dapat digolongkan dalam stabilitas katup dalam posisi membuka dan dalam posisi menutup. Dalam posisi membuka tidak terjadi osilasi dan terus membuka sampai batas-batas tekanan yang ditentukan dan juga pada

posisi menutup harus tetap menutup tidak terjadi osilasi tekanan.

Gambar kurva tekanan katup selama katup terbuka dan tertutup dapat dilihat pada gambar di bawah ini. Untuk menghindari osilasi tekanan selama katup membuka harus dipenuhi

Sedangkan untuk katup pada saat menutup harus dipenuhi

$$P_o - P_{FC} > P_o - (\Delta P + \Delta P_F) \quad (6)$$

#### PERHITUNGAN :

Dalam bab ini akan dikemukakan perhitungan stabilitas katup keselamatan<sup>(1)</sup> pada kondisi "Blow down" dengan data-data sbb :

Tekanan katup = 2500 Psi (17,2 Mpa)  
terbuka  
Panjang total pipa = 107,5 inch (2,73 m)  
inlet antara katup dan tangki  
Diameter dalam = 4,897" (12,438 cm)  
katup pengaman  
Diameter nozzle = 2,13 inch (5,41 cm)  
Koefisien discharge = 0,9  
Waktu katup terbuka = 0,014 det.

Perhitungan "Blow down" pada saat katup terbuka

Laju aliran uap yang melalui katup dihitung dengan persamaan (2)

$$\text{didapat : } \dot{m} = 125,2 \text{ lb / det}$$

dan rugi-rugi tekanan akustik dihitung dengan rumus persamaan (1)

dengan ketentuan  $L > \frac{Ct}{2}$

$$P_o - P_{FC} > P_{IC} - P_{FC} + (\Delta P + \Delta P_F) \quad (5)$$

dimana :

$P_o$  = tekanan pada saat katup dibuka

$P_{FC}$  = tekanan akhir pada saat katup menutup

$P_{IC}$  = ialah tekanan awal pada saat katup menutup

didapat  $\Delta P = 275 \text{ Psia}$

rugi-rugi tekanan akibat gesekan selama katup terbuka dihitung dengan persamaan (4)

didapat :  $\Delta P_F = 14 \text{ Psia}$

untuk menentukan stabilitas katup digunakan persamaan (5)

didapat :  $P_{fc} = 2000 \text{ Psia}$

untuk mencapai stabilitas selama katup terbuka "Blow down" harus diatur dengan menentukan berapa % katup "Blow down" harus terbuka :

$$\text{"Blow down"} = \frac{P_o - P_{FC}}{P_o} \times 100 \%$$

didapat katup "blow down" harus diatur > 20 %.

#### Perhitungan "Blow down" Pada Saat Katup Tertutup.

Laju aliran uap yang melewati katup pada saat menutup, dapat dihitung dengan rumus :

$$\dot{m} = 0,85 \times \text{laju alir uap pada saat katup terbuka}$$

besarnya laju alir uap pada saat katup terbuka telah dihitung pada perhitungan sebelumnya didapat = 125,2 lb/det.

Maka diperoleh  $\dot{m} = 106,42 \text{ lb / det.}$

besarnya rugi-rugi tekanan akustik dan gesekan dihitung dengan rumus (3) &(4), didapat

$$\Delta P = 255 \text{ Psia}$$

$$\Delta P_F = 12 \text{ Psia}$$

Untuk menentukan stabilitas katup digunakan rumus :

$$P_o - P_{FC} > P_o - (\Delta P + \Delta P_F)$$

$$P_{FC} < 267$$

$$\text{diumpamakan } P_{FC} = 200 \text{ Psia}$$

Pengaturan "Blow down" =

$$\left( \frac{P_o - P_{FC}}{P_o} \right) \times 100\% = 92\%$$

Jadi selama katup menutup katup "Blow down" harus terbuka lebih besar dari 92 % untuk mencapai stabilitas.

## PEMBAHASAN

Dari hasil perhitungan didapat :

Selama katup keselamatan dalam posisi terbuka, dan proses "Blow down" terjadi, katup "Blow Down" harus diatur lebih besar dari 20 % untuk tercapainya stabilitas katup keselamatan (2).

Ini berarti katup "Blow down" harus diatur dengan coba-coba untuk menentukan posisi katup yang tepat.

Pengaturan ini biasanya dilakukan selama uji fungsi instalasi katup keselamatan, dari hasil uji fungsi kemudian direncanakan sistem otomatisasi katup "Blow down" yang dikendalikan dengan posisi terbuka dan tertutup keselamatan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan didapat :

Selama proses penurunan tekanan "Blow Down" terjadi katup "Blow Down" harus dibuka lebih besar dari 20 % selama katup keselamatan dalam posisi terbuka.

Sedangkan selama katup keselamatan dalam posisi menutup katup "Blow Down" harus terbuka lebih besar dari 92 %.

Kedua kondisi tersebut harus dipenuhi demi tercapai stabilitas katup keselamatan.

## SARAN

Di PRSG katup keselamatan digunakan pada tangki SCA (Suplay Compress Air) dan pendingin sekunder. Pada tangki SCA katup keselamatan digunakan untuk membatasi tekanan yang berlebihan (dimana tekanan kerjanya 6 bar). Pada pendingin sekunder katup keselamatan digunakan untuk menghilangkan osilasi tekanan pendingin sekunder pada saat pendingin sekunder dinatkan.

Mengingat peranannya sangat penting, maka masalah perawatan harus mendapat perhatian yang sangat serius karena kegagalan akan mengakibatkan kerusakan. Untuk menjamin bahwa katup keselamatan berfungsi dengan baik perlu dipikirkan perancangan dan pembuatan fasilitas uji katup keselamatan (Gambar 1).

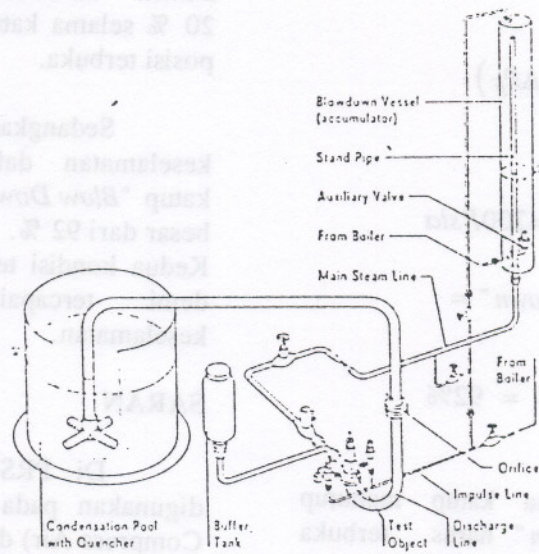
Karena tekanan kerja katup keselamatan di PRSG < 10 bar, tentu saja untaian uji katup keselamatan yang

direncanakan, lebih sederhana dari untaian uji katup keselamatan yang dibahas diatas.

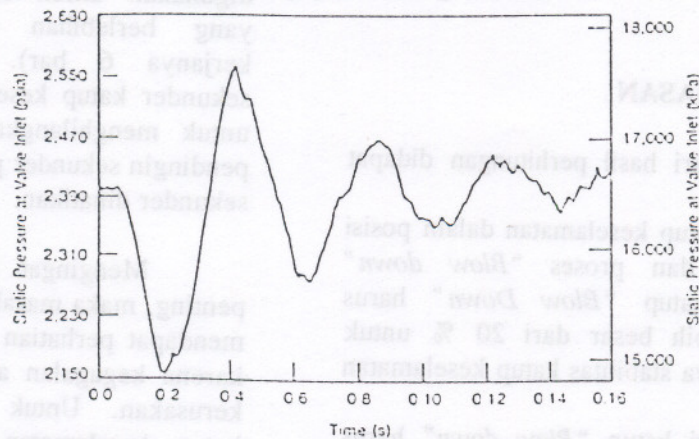
**DAFTAR PUSTAKA**

1. A. SINGH, on the stability of acoupled safety valve piping system, accepted for presentation at the second international topical meeting on nuclear reactor thermal hydraulic Santa Barbara, California, USA, January 11-14, 1983.
2. B. DERNBACH, K. RIEDLE, U SIMON KRAFWERK Union AG Erlangon, FRG, Valve Qualification for normal and accident condition in LWR, the second international topical meeting on nuclear reactor thermal hydraulic Santa Barbara, California, USA January 11-14, 1983

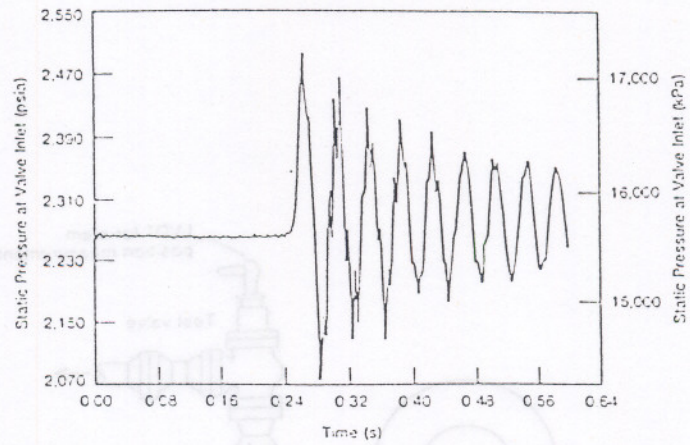
**LAMPIRAN**



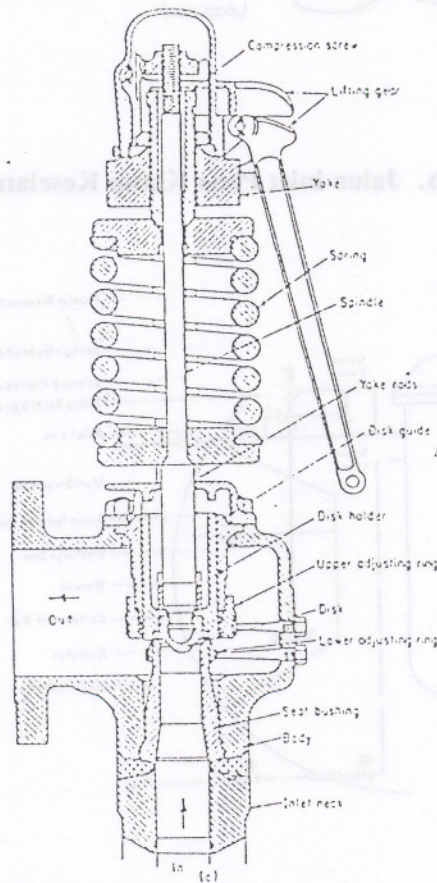
**Gambar 1. Instalasi Pengujian Katup Keselamatan**



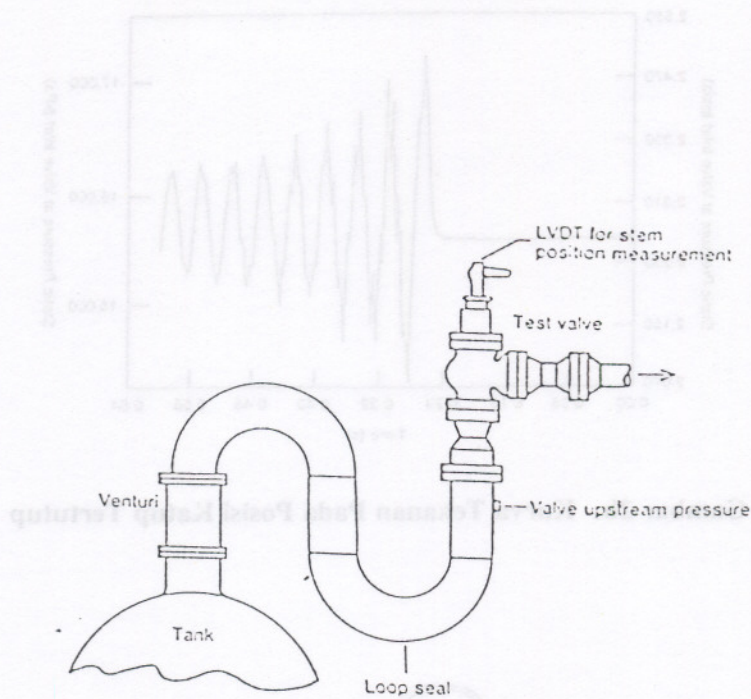
**Gambar 2a. Kurva Tekanan Pada Posisi Katup Terbuka**



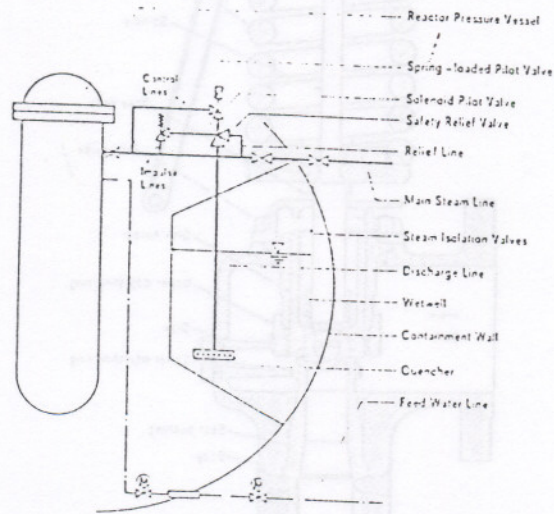
Gambar 2b. Kurva Tekanan Pada Posisi Katup Tertutup



Gambar 3a. Katup Keselamatan



Gambar 3b. Jalur Inlet Pada Katup Keselamatan



Gambar 3c. Susunan Katup Keselamatan Pada BWR