



## **ANALISIS PERHITUNGAN REACTION FORCE PADA DISCHARGE POINT DARI SAFETY VALVE SISTEM PERPIPAAN REAKTOR NUKLIR**

Kukuh Prayogo<sup>1</sup>, Putut Hery Setiawan<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir, Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Gedung 71, Tangerang Selatan, 15310

### **ABSTRAK**

*ANALISIS PERHITUNGAN REACTION FORCE PADA DISCHARGE POINT DARI SAFETY VALVE SISTEM PERPIPAAN REAKTOR NUKLIR. Telah dilakukan perhitungan reaction force pada safety valve di sistem perpipaan reaktor nuklir. Tujuan dari perhitungan ini adalah untuk mengetahui efek yang terjadi pada sistem perpipaan apabila dikenakan gaya reaksi akibat beroperasinya safety valve apakah masih dalam batas yang diperkenankan sesuai code dan standar yang berlaku. Hasil dari perhitungan ini kemudian dimasukkan ke dalam software stress analisis CAESAR II untuk dibuat pemodelan sehingga dapat dipastikan sistem perpipaan dalam kondisi aman atau tidak mengalami overstress dan overload.*

*Kata kunci : Reaction force, discharge point, safety valve, sistem perpipaan reaktor nuklir.*

### **ABSTRACT**

*ANALYSIS CALCULATION OF REACTION FORCE AT POINT OF DISCHARGE FROM SAFETY VALVE PIPING SYSTEMS NUCLEAR REACTOR. Reaction force calculations have been performed on the safety valve in the piping system of nuclear reactor. The purpose of this calculation is to determine the effects that occur in piping systems where the reaction force due to the operation subject to a safety valve if still within the limits permitted according to applicable codes and standards. The results of this calculation are then incorporated into CAESAR II software analysis stress for modeling to ensure that the piping system is in a safe condition or does not experience overstress and overload.*

*Keywords: Reaction force, discharge point, safety valve, piping system nuclear reactor.*

## **1. PENDAHULUAN**

Sebuah *safety valve* (katup pengaman) adalah mekanisme katup untuk melepas suatu fluida secara otomatis dari boiler, bejana tekanan, atau sistem lain ketika tekanan atau temperatur melebihi batas yang telah ditetapkan.

Perangkat ini adalah bagian dari satu sistem katup pengaman yang lebih besar yaitu katup pengaman tekanan (PSV) atau katup pelepas tekanan (PRV). Bagian lain adalah *relief valves*, *safety relief valves*, *pilot-operated relief valves*, *low pressure safety valves*, and *vacuum pressure safety valves*.

Katup pengaman pertama kali digunakan pada ketel uap selama revolusi industri. Boiler generasi awal sangat rentan terjadi ledakan karena tidak dilengkapi katup pengaman. Katup pengaman vakum (atau gabungan katup pengaman tekanan / vakum) digunakan untuk mencegah tangki agar tidak rusak saat pengosongan atau ketika air bilas dingin digunakan setelah CIP panas atau SIP.

Katup pengaman juga dikembangkan untuk melindungi peralatan seperti bejana tekanan dan penukar panas. Ada dua jenis proteksi yang umum digunakan di industri yaitu proteksi termal dan proteksi aliran. Katup relief termal (*thermal relief valves*) umumnya dicirikan oleh ukuran katup relatif kecil yang diperlukan untuk memberikan perlindungan dari tekanan yang berlebihan yang disebabkan oleh ekspansi termal. Dalam kasus ini katup kecil ini memadai karena kebanyakan



cairan hampir mampat, sehingga sejumlah cairan yang relatif sedikit dibuang melalui katup akan menghasilkan pengurangan substansial dalam tekanan.

Perlindungan aliran ditandai dengan katup pengaman yang jauh lebih besar daripada yang dipasang dalam perlindungan termal dan umumnya untuk digunakan dalam situasi di mana jumlah yang signifikan dari gas atau cairan volume tinggi harus segera dibuang dalam rangka melindungi integritas dari *vessel* atau sistem perpipaan. Perlindungan ini secara alternatif dapat dicapai dengan memasang sistem proteksi integritas tekanan tinggi.

Konsentrasi tulisan ini adalah ke arah penjelasan operasional dan perhitungan dari pembuangan tekanan sistem untuk reaktor nuklir dimana ada air sebagai fluidanya. Metoda Perhitungan, penseleksian yang lebih jauh dapat mengacu pada API RP 520, API RP 521, GPSA, ASME, standar internasional dan berbagai standar lain yang telah ada. Elemen utama dari sistem pembuangan tekanan adalah alat pembuang tekanan (SV/PSV/PRV/BDV), *vent scrubber* serta *vent* sistemnya. *Pressure Relief Valves* (PRV) atau jenis *Relief Valves* lainnya digunakan untuk melindungi perpipaan dan alat-alat proses dari kelebihan tekanan. Penggunaan dan seleksi yang tepat serta lokasi dan pemeliharaan *relief devices* sangat penting untuk melindungi personel dan *equipment* dengan mengacu kepada kode-kode dan aturan-aturan yang ada.

Pendefinisian kapasitas maksimum dari fluida yang akan dibuang ke *relief* sistem tersebut memerlukan analisa yang dalam dengan asumsi umum bahwa dua keadaan *emergency* oleh kegagalan *equipment* yang tidak saling berhubungan atau *operator error* tidak akan terjadi secara sekaligus. *Sequence* dari keadaan tersebut harus diperhitungkan, dengan jalan mengetahui keseluruhan desain operasional termasuk mengenali tipe driver pompa yang digunakan, sumber *cooling water*, *spare* yang disediakan (misal pada *vessel body*), layout pabrik, instrumentasi, dan philosophy dari *emergency shut down*-nya

Perhitungan *safety relief valve* sangat perlu untuk dilakukan karena di lingkungan reaktor nuklir keamanan merupakan hal yang diutamakan. Apalagi bila terjadi gempa bumi maka beban akan bertambah sehingga frekwensi natural sistem perpipaan lebih kecil dari frekwensi natural gempa, akibatnya terjadi getaran pada sistem perpipaan dan dapat menyebabkan kerusakan serius sehingga penting untuk dilakukan perhitungan.

## 2. DASAR TEORI

*Pressure Safety Valve* adalah anggota dari dari kelompok *Pressure Relief Device*.. *Pressure Relief Devices* merupakan peralatan mekanis yang berfungsi melindungi sistem perpipaan dan 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.

Ada beberapa definisi penting yang dipakai yang berkaitan dengan *pressure relieve device* yaitu sebagai berikut:

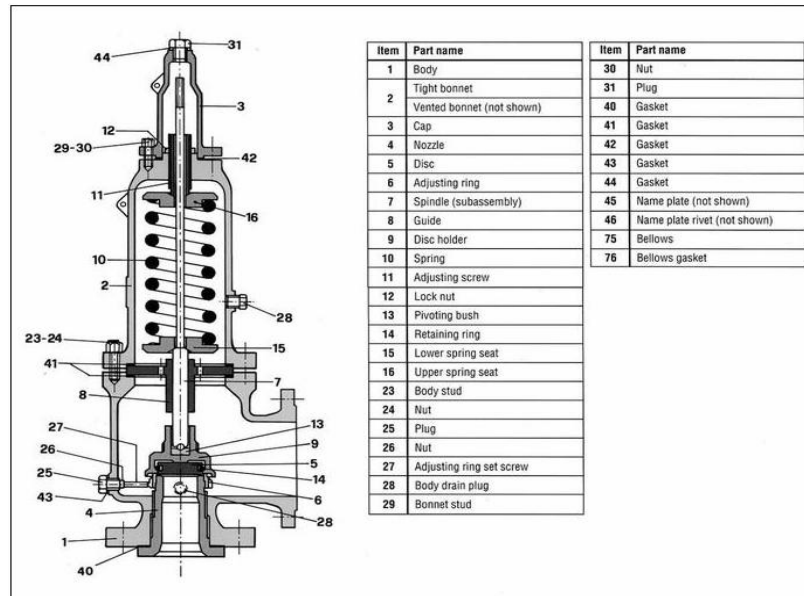
- a. *Relief Valve* atau *Pressure Relief Valve (PRV)*, adalah suatu alat otomatis pembuang tekanan yang digerakan oleh *static pressure upstream* dari *valve* dan yang membuka proporsional terhadap kenaikan tekanan diatas tekanan bukaan. *Relief valve* digunakan terutama pada fluida cair seperti air atau minyak. 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.
- 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.

Namun di kalangan industri banyak yang mencampuradukkan istilah tersebut di atas dan hanya memakai istilah *relief valve* saja.



Terdapat banyak jenis *relief valve* yang tersedia untuk memenuhi aplikasi di berbagai macam industri. Meskipun beberapa standar baik nasional maupun internasional memberikan klasifikasi *relief valve* yang berbeda-beda namun secara umum *relief valve* terbagi atas :

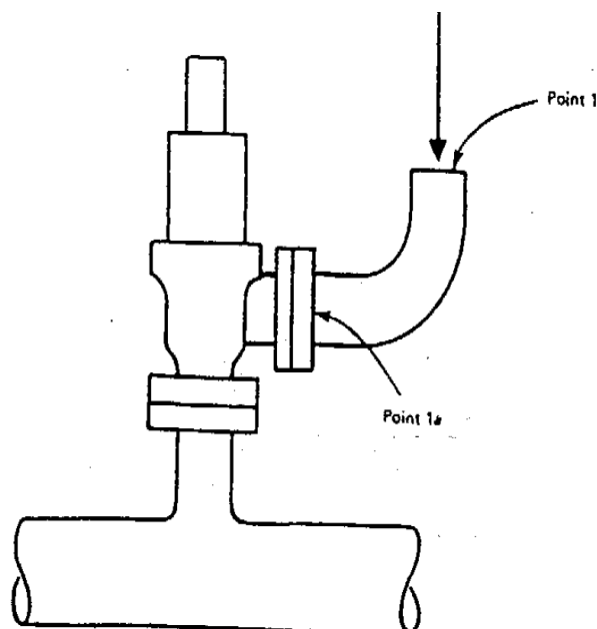
1. *Spring-Loaded Pressure Relief Valves* (*relief valves* dengan *spring/spiral* tekan)
  - a. *Non-Balanced (Conventional) Pressure Relief Valve*
  - b. *Balanced Pressure Relief Valve*
2. *Special Pressure Relief Valve*
  - a. *Pilot-Operated Valve*
  - b. *Rupture Disk*



Gambar 1. Typical Conventional Relief Valve

Ada dua macam gaya dinamik yang bersifat merusak yang berhubungan dengan peralatan *relief* yaitu *thrust* pada antarmuka katup ke atmosfer dan guncangan akustik akibat perubahan momentum fluida. Gaya dinamik yang berhubungan dengan peralatan relief dapat mengakibatkan kerusakan mekanik pada equipment dan support.

Gaya reaksi ( $F$ ) karena aliran *steady-state* setelah pembukaan katup pengaman mencakup efek momentum dan tekanan. Gaya reaksi yang terjadi diperlihatkan seperti pada gambar berikut,



Gambar 2. Gaya Reaksi pada Safety Valve

Perhitungan gaya reaksi dapat diselesaikan dengan persamaan sebagai berikut,

$$F = \frac{W}{273} \sqrt{\frac{k.T}{(k+1).M} + (A.P)} \quad (1)$$

Dimana :

- F = gaya reaksi (kg)
- W = aliran fluida (kg/h)
- k = rasio panas spesifik
- T = temperatur absolute di inlet ( $^{\circ}$ K)
- M = berat molekuler fluida proses
- P = tekanan statis di outlet ( $\text{kg}/\text{cm}^2\text{G}$ )
- A = luas area outlet ( $\text{cm}^2$ )

Dalam sistem discharge terbuka, momen yang terjadi akibat gaya reaksi katup dapat dikalkulasi dengan mengalikan gaya, diameter luar nominal pipa masuk dan faktor beban dinamik seperti pada persamaan berikut :

$$\text{Moment} \geq (\text{DLF})(F_1)(D) \quad (2)$$

Dimana ;

- $F_1$  = gaya
- D = diameter luar nominal pipa
- DLF = faktor beban dinamik

Di dalam sistem perpipaan ada beban-beban yang terjadi seiring waktu, gaya-gaya internal dan momen biasanya lebih besar daripada yang dihasilkan oleh aplikasi statik dari beban. Amplifikasi ini sering dinyatakan sebagai faktor beban dinamis (DLF) dan didefinisikan sebagai rasio maksimum defleksi dinamis setiap saat untuk defleksi yang akan dihasilkan dari aplikasi statis beban. Untuk struktur pada dasarnya memiliki satu derajat kebebasan dan aplikasi beban tunggal, nilai DLF akan berkisar antara satu dan dua tergantung pada *time-history* dari beban yang diterapkan dan frekuensi natural struktur. Jika sistem perpipaan disupport secara rigid maka instalasi katup pengaman dapat dianggap ideal sebagai sebuah sistem satu derajat kebebasan



dan *time-history* dari beban-beban yang diaplikasikan sering diasumsikan sebagai fungsi *single ramp* antara kondisi tanpa beban dan kondisi *steady-state*.

### 3. METODE PERHITUNGAN.

Metode ini meliputi perhitungan gaya reaksi pada *safety valve* ke atmosfer, yang hasilnya digunakan untuk menghitung kekuatan pipa *discharge* dan *support*. Beban yang bekerja pada *support* pipa *discharge* dan momen *bending* yang bekerja pada pipa *discharge* harus dikalkulasi apabila dikehendaki. Prosedur perhitungan ini tidak digunakan untuk pipa *discharge* yang ujungnya berbentuk T.

Gaya Reaksi pada *point discharge* dari *safety valve* akan dikalkulasi menggunakan persamaan (1) jika T (°K) dikonversi menjadi (°C + 273). Apabila T (°R) maka persamaan (1) akan menjadi :

$$F = \frac{W}{366} \sqrt{\frac{k.T}{(k+1).M}} \quad (3)$$

Persamaan untuk menghitung gaya reaksi yang digunakan di tulisan ini merujuk pada spesifikasi API RP520 *Fourth Edition* (1994). Gaya reaksi yang dihitung menggunakan persamaan di atas adalah pada *outlet safety valve discharge pipe*. Harus diingat bahwa persamaan diatas berdasar pada  $F = W/g \times V$ .

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.

*Pressure Relief Valve* (PRV) memegang peranan yang sangat penting dalam *process safety* di reaktor nuklir. PRV bekerja melindungi peralatan bertekanan dari kemungkinan terjadinya tekanan berlebih *overpressure*. Tekanan berlebih terjadi akibat ketidakseimbangan atau kekacauan aliran material dan energi dalam sistem sehingga terkonsentrasi di sejumlah bagian sistem. Analisis penyebab dan besarnya *overpressure* merupakan kajian neraca massa dan energi yang spesial dan kompleks, namun dalam tulisan ini dibatasi untuk melakukan perhitungan gaya reaksi yang diakibatkan oleh bekerjanya *safety valve* karena *overpressure*.

*Safety valve* terletak di sistem primer reaktor GA. Siwabessy sebelum masuk *Heat Exchanger*. Dari hasil survey di lapangan didapatkan data sebagai berikut :

- W = 591 kg/h
- k = 1,0107
- T = 313,15 °K
- M = 0,1802 kg/mol
- P = 1,224 kg/cm<sup>2</sup>
- A = 3,245 cm<sup>2</sup>

Maka dari data-data diatas dapat kita hitung dengan persamaan (1)

$$F = \frac{W}{273} \sqrt{\frac{k.T}{(k+1).M} + (A.P)}$$

$$F = \frac{591}{273} \sqrt{\frac{1,0107 \times 313,15}{(1,0107 + 1) \times 0,1802} + (3,245 \times 1,224)}$$

$$F = 57,632 \text{ kg}$$



Dari hasil perhitungan diperoleh hasil bahwa besarnya gaya reaksi yang terjadi akibat bekerjanya *safety valve* adalah 57,632 kg, kemudian hasil perhitungan ini dijadikan input data untuk analisis tegangan sistem perpipaan menggunakan software CAESAR II.

## 5. KESIMPULAN

Dengan selesainya perhitungan *reaction force* pada *discharge point* dari *safety valve* sistem perpipaan reaktor nuklir ini maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Gaya reaksi yang bekerja pada *safety valve* pada saat beroperasi adalah 57,632 kg.
2. Dari hasil perhitungan ini belum dapat diketahui apakah gaya reaksi yang bekerja menyebabkan *overstress* atau *overload* pada sistem perpipaan reaktor nuklir.
3. Untuk analisa lebih lanjut maka digunakan software analisis tegangan pada sistem perpipaan yaitu software CAESAR II ver. 5.1.
4. Dari analisa menggunakan software CAESAR II maka dapat diketahui efek yang terjadi akibat dari gaya reaksi *safety valve* sehingga apabila menimbulkan *overstress* maupun *overload* pada sistem perpipaan maka dapat direkomendasikan untuk menambah *support* pada sistem perpipaan, merubah *routing* sistem perpipaan, bahkan hingga mendesain ulang *safety valve* sehingga dapat dipastikan sistem perpipaan reaktor nuklir dinyatakan aman.

## 6. UCAPAN TERIMA KASIH

Disampaikan kepada pihak-pihak yang terlibat dalam pembuatan makalah ini, dimana obyek penulisan dilakukan di BATAN-PRSG.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

1. Lembar Data Operasi RSG-GA. Siwabessy, No.indent RSG.OR.29.03.42.10.
2. Malek, A. Mohammad, Pressure Relief Devices : ASME and API code Simplified, (New York: McGraw Hill, 2006).
3. American Petroleum Institute, API Recommended Practice 520, *Sizing, Selection, and Installation of Pressure-Relieving Devices in Refineries, Part I, Sizing and Selection*,(API, Washington D.C., 2000).
4. Anonymous, [http://en.wikipedia.org/wiki/Safety\\_valve](http://en.wikipedia.org/wiki/Safety_valve).