

## Evaluasi Kegagalan *Pressure Control Valve* (PCV) Pada *Line 8-GZ-654-5205-F9E-100A*

Dzikri Insan Kamil<sup>1\*</sup>, Raden Dimas Endro Witjonarko.<sup>2</sup>, Nurvita Arumsari<sup>3</sup>

Program studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>1,2</sup>

Program studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>3</sup>

Email: [dzikrinsan@gmail.com](mailto:dzikrinsan@gmail.com)<sup>1\*</sup>; [dimasend@yahoo.com](mailto:dimasend@yahoo.com)<sup>2\*</sup>; [arum.up3d@gmail.com](mailto:arum.up3d@gmail.com)<sup>3\*</sup>;

---

**Abstract** - *Pressure control valve (PCV) is one valve that serves to control the amount of flow or to limit the pressure in the piping system. Pressure-lowering devices such as pressure control valve (PCV) can produce a high level of acoustical energy because one of the causes occurs at pressure reducing. Continuous vibration can cause failure of each pressure control valve (PCV). The method used in this study is identification by using fault tree analysis (FTA). Where from the results of the fault tree analysis (FTA) method, a critical component of the pressure control valve (PCV) will be obtained. From the critical component, the probability of failure (POF) and consequence of failure (COF) values will be obtained by referring to previous research and API 581 standards. The analysis using the fault tree analysis (FTA) method, the critical component occurs at the body valve where there is erosion due to degradation. The value of the rate of degradation failure by referring to the OREDA (Offshore Reliability Data Handbook) is 8,47/10<sup>6</sup> hours. From the results of the failure rate and referring to the previous research, the critical matrix values based on API 581 standard are included in the medium high criteria*

**Keyword:** *Pressure Control Valve, Critical Matrix, API 581, OREDA, Probability of Failure, Consequence of Failure.*

---

### Nomenclature

<b>t</b>	Minimum wall thickness (in)
<b>P</b>	Tekanan desain (psi)
<b>OD</b>	Diameter luar pipa (in)
<b>S</b>	Allowable stress (psi)
<b>E</b>	Quality control
<b>W</b>	Weld joint strength
<b>Y</b>	Coefficient
<b>Tr</b>	Remant lifetime (years)
<b>Tacc</b>	Thickness actual (mm)
<b>Tm</b>	Thickness minimum (mm)
<b>EL</b>	Erosion rate (mm/years)
<b>ρt</b>	Density of target material (kg/m <sup>3</sup> )

### 1. PENDAHULUAN

Dalam proses pengolahan minyak dan gas, tentu saja banyak sekali instrument – instrument yang digunakan salah satu instrument tersebut adalah *pressure control valve* (PCV). *Pressure control valve* (PCV) merupakan salah satu valve yang berfungsi untuk mengontrol jumlah aliran atau untuk membatasi tekanan didalam sistem perpipaan. Alat penurun tekanan seperti *pressure control valve* (PCV) dapat menghasilkan tingkat *acoustical energy* yang tinggi karena salah satu penyebabnya terjadi pada *pressure reducing*<sup>[6]</sup>. Getaran yang terjadi secara terus menerus dapat menyebabkan kegagalan setiap kompoen *pressure control valve* (PCV). Dengan menggunakan metode *fault tree analysis* (FTA) untuk mendapatkan *basic event* pada komponen

terjadinya kegagalan maka dapat mengetahui probabiitas kegagalan pada komponen tersebut sebagai dasar dalam permasalahan terjadinya kegagalan.

Kegagalan yang kerap terjadi pada *pressure control valve* (PCV) yaitu berupa terjadinya gagal terbuka dan tertutup pada komponen *spring*, terjadinya *internal leaking* dan *external leaking* pada *gasket* dan *diaphragma casing*, terjadinya *abnormal instrument reading* dan *delayed operation* pada *loading pressure connection* dan kegagalan yang sering terjadi pada *body valve* yaitu terjadinya korosi dan erosi. Penyebab kegagalan pada *pressure control valve* (PCV) berupa *pressure drop inlet* yang berlebihan, *back paessure* yang berlebihan, *valve* yang terlalu besar, dan rentang laju alir yang terlalu besar<sup>[6]</sup>.

Pada penelitian ini dilakukan identifikasi kegagalan pada *pressure control valve* (PCV) dengan menggunakan metode *fault tree analysis* (FTA). Kemudian menentukan peluang kegagalan komponen pada *pressure control valve* (PCV). Setelah itu menentukan komponen kritis pada *pressure control valve* (PCV). Selanjutnya menentukan *consequence of failure* (COF) pada *pressure control valve* (PCV). Kemudian identifikasi matriks resiko dan bentuk kegagalan pada komponen kritis *pressure control valve* (PCV) dengan metode *computational fluid dynamic* (CFD).

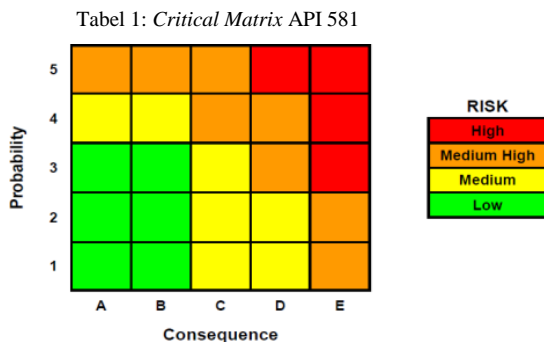
## 2. METODOLOGI .

### 2.1 Identifikasi Kegagalan

Proses identifikasi kegagalan menggunakan *fault tree analysis* (FTA) merupakan metode yang digunakan untuk menganalisa dengan tampilan visual dan mengevaluasi jalur dari suatu kegagalan pada sistem. *Fault tree analysis* (FTA) merupakan sebuah mekanisme untuk mengevaluasi tingkat bahaya pada sistem. *Fault tree analysis* merupakan gambaran grafik dari hubungan kegagalan dan kecelakaan tertentu. *Fault event* dari *basic event* yang mewakili kegagalan peralatan ataupun manusia, dapat dibagi menjadi kegagalan dan kesalahan.

### 2.2 Critical Matrix API 581

*Critical matrix* merupakan penentuan hasil kegagalan yang di dapatkan dari nilai *probability of failure* (POF) dan *consequence of failure* (COF). Penentuan *probability of failure* (POF) dan *consequence of failure* (COF) mengacu pada penelitian pendahulu dan menggunakan *handbook OREDA (Offshore Reliability Data Handbook)*. Dengan mengacu penelitian pendahulu dan *handbook OREDA (Offshore Reliability Data Handbook)*, didapatkan kritikal matrix menggunakan standard API 581<sup>[2]</sup>.



### 2.3 Ketebalan Minimum

Ketebalan material dalam suatu desain sangatlah penting, karena besar atau kecilnya ketebalan material yang dibutuhkan sebuah desain dipengaruhi oleh besar kecilnya tekanan dan *allowable stress* material yang digunakan. Penentuan ketebalan minimum (*allowable thickness*) berdasarkan standard ASME B31.3<sup>[3]</sup>.

$$t = \frac{P OD}{2 (SEW + PY)}$$

(1)

### 2.3 Lifetime

*Lifetime* merupakan umur pada sebuah komponen ataupun sistem hingga terjadinya kegagalan. Perhitungan *lifetime* dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan standard API 570<sup>[1]</sup>.

$$(2) Tr = \frac{(tacc - tm)}{EL}$$

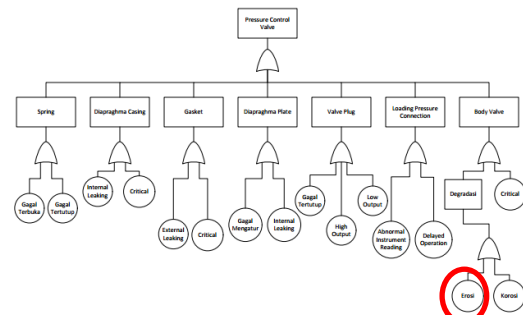
### 2.4 Computational Fluid Dynamic (CFD)

*Computational Fluid Dynamic* (CFD) adalah sekumpulan metodologi yang menggunakan computer untuk melakukan simulasi aliran fluida, perpindahan panas, reaksi kimia dan fenomena lairan lainnya. *Fluid dynamics* merupakan pembahasan tentang dinamika fluida (sifat – sifat aliran fluida dan *heat transfer*). *Computational* mengartikan bahwa bahasan tentang dinamika fluida dihitung dan disimulasikan dengan metode numerik dengan bantuan komputer. Dengan CFD dapat dibangun prototype, analisa, evaluasi serta optimalisasi suatu sistem.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Identifikasi Kegagalan Dengan Fault Tree Analysis (FTA)

Kegagalan pada *Pressure Control Valve* (PCV) dapat disebabkan oleh beberapa komponen pada *Pressure Control Valve* (PCV) yang mengalami masalah. Dengan *fault tree analysis* (FTA) untuk mengetahui terjadinya kegagalan.



Gambar 1. Fault Tree Analysis Pressure Control Valve (PCV)

### 3.2 Laju Kegagalan Komponen Pressure Control Valve (PCV)

Berdasarkan *basic event* setiap komponen pada *fault tree analysis* akan dilakukan pengolahan data untuk menentukan laju kegagalan. Hasil laju kegagalan mengacu pada OREDA (*Offshore Reliability Data Handbook*).

Tabel 2: Laju Kegagalan Komponen Pressure Control Valve (PCV)

Komponen	Basic Event	Laju Kegagalan
Pressure Control Valve (PCV)	Gagal Terbuka	2.81
	Gagal Tertutup	2.31
	Internal Leaking	0.07
	Critical	6.76
	External Leaking	0.29

Gagal Mengatur	0.55
High Output	0.03
Low Output	0.03
Abnormal Instrument Reading	0.24
Delayed Operation	1.00
Degradasi	8.47

### 3.3 Uji Distribusi Data

Dengan mengacu pada penelitian terdahulu oleh Marvin Rausand & Jorn Vatn (2010) mengenai *Reliability Modeling of Surface Controlled Subsurface Safety Valves*. Distribusi yang digunakan yaitu dengan mengansumsikan menggunakan model eksponensial<sup>[7]</sup>.

### 3.4 Identifikasi Probability of Failure (PoF)

Berdasarkan hasil uji distribusi mengacu ke penelitian terdahulu, data komponen *pressure control valve* menggunakan distribusi eksponensial. Data yang digunakan merupakan data komponen yang paling kritis yaitu saat terjadinya degradasi dikarenakan memiliki laju kegagalan sangat tinggi. Dari hasil tersebut didapatkan bahwa nilai *probability* pada komponen *body valve* yang disebabkan oleh degradasi sebesar  $1,5 \times 10^4$ . Berdasarkan *standard API 581*, *probability* tersebut termasuk kedalam kategori 5 yaitu  $P_i > 3,06E - 02$ .

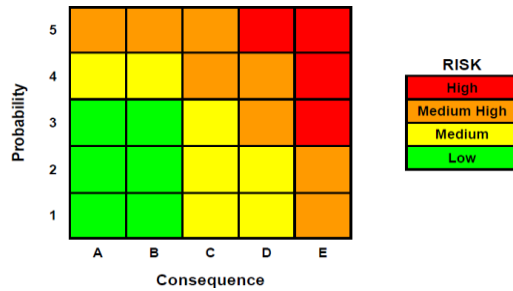
### 3.5 Identifikasi Consequence of Failure (CoF)

Dengan mengacu pada penelitian terdahulu oleh Nima Khakzad, Faisal Khan, Paul Amyotte (2011) mengenai *Safety Analysis in Process Facilities*. Dari penelitian terdahulu didapatkan bahwa dampak yang diakibatkan oleh degradasi akan menyebabkan pengeluaran biaya yang cukup tinggi pada *external environment*, dan memiliki nilai konsekuensi biaya sebesar \$15000. Berdasarkan *standart API 581*, konsekuensi tersebut termasuk kedalam kategori B.

### 3.6 Critical Matrix API 581

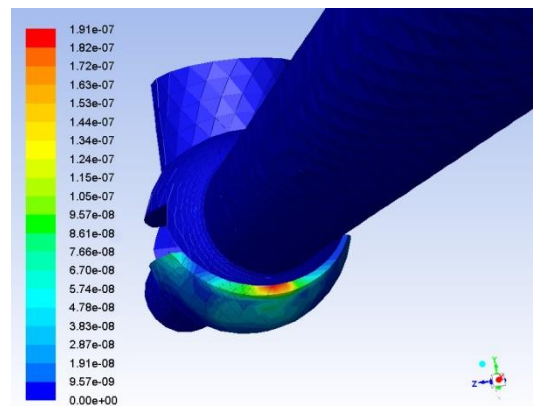
*Critical matrix* merupakan penentuan hasil kegagalan yang di dapatkan dari nilai *probability of failure* (POF) dan *consequence of failure* (COF). Dari hasil perhitungan *probability of failure* (POF) menggunakan metode eksponensial didapatkan nilai sebesar  $1,5 \times 10^4$ . Penentuan nilai *consequence of failure* (COF) mengacu penelitian terdahulu didapatkan nilai *consequence* yaitu sebesar \$15000. Berdasarkan *standard API 581* nilai kegagalan pada komponen kritis *pressure control valve* (PCV) tersebut masuk dalam criteria *medium high*.

Tabel 3: Hasil *Critical Matrix* API 581



### 3.7 Computational Fluid Dynamic (CFD) Pada Komponen Kritis

Dengan menggunakan metode *computational fluid dynamic* (CFD), dilakukan analisa pada komponen kritis. Pada komponen kritis tersebut terjadi kegagalan berupa degradasi yang mengakibatkan erosi pada *body valve*. Dari hasil *computational fluid dynamic* (CFD) lokasi erosi terjadi pada *body valve pressure control valve* (PCV). Variasi kontur warna yang menggambarkan daerah terdampak erosi dimana memiliki satuan  $\text{kg/m}^2\cdot\text{s}$ . Nilai lokasi daerah kritis yang terdampak oleh erosi ditunjukkan dengan warna merah, sedangkan nilai lokasi daerah tidak kritis yang terdampak oleh erosi ditunjukkan dengan warna biru. Nilai maksimum laju aliran massa yang hilang persatuan luasnya sebesar  $1.91E-07 \text{ kg/m}^2\cdot\text{s}$ .



Gambar 2. Kontur Lokasi Erosi Pada *Pressure Control Valve* (PCV)

### 3.8 Laju Aliran Masa Hilang Per Satuan Waktu

Perhitungan nilai aliran masa yang hilang per satuan tahun pada material terinstall digunakan untuk mengetahui berapa besar masa yang hilang per satuan tahun akibat erosi. Terjadinya erosi sendiri disebabkan oleh banyak faktor antara lain, faktor kecepatan aliran, faktor adanya padatan pada aliran, dan faktor ketahanan material itu sendiri. Perhitungan untuk menentukan nilai tersebut menggunakan rumus persamaan yang mengacu pada terbitan *Jurnal Internasional hasil Konferensi NACE International Conference, Shanghai Section* yang

berjudul *Evaluation of Different Modeling Methods Used for Erosion Prediction*, oleh Mysara Eissa Mohyaldin.

$$E_L \left( \frac{kg}{m^2 \cdot s} \right) = \frac{EL \left( \frac{mm}{year} \right) \cdot \rho t \left( \frac{kg}{m^3} \right)}{1000 \left( \frac{mm}{m} \right) \cdot 3600 \left( \frac{s}{hr} \right) \cdot 24 \left( \frac{hr}{day} \right) \cdot 365 \left( \frac{day}{year} \right)}$$

Dari hasil perhitungan tersebut didapat bahwa nilai erosi sebesar 0,767 mm/years pada lokasi komponen kritis *body valve* kontur degradasi berwarna merah.

### 3.9 Ketebalan Minimum

Perhitungan untuk menentukan ketebalan material diatur didalam *code standard* yang digunakan dalam acuan pengerjaan sebuah proyek. Penentuan ketebalan minimum (*allowable thickness*) berdasarkan ASME B31.3 menggunakan persamaan (1). Dari hasil persamaan tersebut didapat tebal minimum sebesar 0,163 in atau 4,136 mm.

$$t = \frac{P \cdot OD}{2 (SEW + P \cdot Y)} \quad (1)$$

### 3.10 Lifetime Pressure Control Valve (PCV)

Setelah dilakukan perhitungan tebal minimum pada komponen *pressure control valve* (PCV), maka dilakukan perhitungan *lifetime* yang dipengaruhi oleh korosi/erosi dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan dari API 570 pada persamaan (2). Dari persamaan tersebut diketahui bahwa umur pakai untuk *pressure control valve* kontur warna merah selama 23,6 tahun.

$$(2) Tr = \frac{(tacc - tm)}{EL}$$

## 4. KESIMPULAN

1. Berdasarkan identifikasi kegagalan pada komponen *pressure control valve* (PCV) terdapat beberapa komponen yang menyebabkan kegagalan seperti pada *spring, diaphragma casing, gasket, diaphragma plate, valve plug, loading pressure connection* dan *body valve*.
2. Identifikasi peluang kegagalan dengan mengacu penelitian terdahulu, didapatkan peluang kegagalan menggunakan distribusi eksponensial.
3. Dari hasil laju kegagalan yang terjadi pada *pressure control valve* (PCV) didapatkan bahwa nilai laju kegagalan paling tertinggi terjadi akibat degradasi yang memiliki laju kegagalan mencapai 8,47. Komponen yang terjadi degradasi yaitu pada *body valve*

dimana *body valve* merupakan komponen paling kritis pada *pressure control valve* (PCV).

4. Dengan mengacu pada penelitian terdahulu oleh Nima Khakzad, Faisal Khan, Paul Amyotte (2011) mengenai *Safety Analysis in Process Facilities*. Dari penelitian terdahulu didapatkan bahwa dampak yang diakibatkan oleh degradasi akan menyebabkan pengeluaran biaya yang cukup tinggi pada *external environment*, dan memiliki nilai konsekuensi biaya sebesar \$15000. Berdasarkan *standart* API 581, konsekuensi tersebut termasuk kedalam kategori B.
5. Dengan menggunakan *standard* API 581 sebagai acuan menggunakan tabel *critical matrix*, didapatkan kategori kedalam *medium high*.
6. Bentuk kegagalan pada komponen kritis terjadi pada *body valve* dimana terjadinya degradasi berupa erosi pada bagian bawah valve. Pada daerah erosi tersebut terjadi penipisan ketebalan sebesar 0,767 mm/years dan kehilangan satuan luas sebesar 1.91E-07 kg/m<sup>2</sup>.s pada daerah kontur berwarna merah.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah membantu dalam pembuatan penelitian ini. Pihak yang dimaksud adalah:

1. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan materi, motivasi, kasih sayang, do'a, dan nasehat hidup bagi penulis.
2. Bapak R. Dimas Endro W., selaku dosen pembimbing I yang selalu memberi pengarahan dan bimbingan selama pengerjaan jurnal tugas akhir.
3. Ibu Nurvita Arumsari, selaku dosen pembimbing II yang selalu memberi pengarahan dan bimbingan selama pengerjaan jurnal tugas akhir.
4. Pembimbing dari perusahaan EPC yang namanya tidak bisa disebutkan satu persatu.
5. Senior Teknik Perpipaan yang selalu memberi dukungan dan berbagi pengalaman.
6. Teman-teman seperjuangan Teknik Perpipaan 2014 yang selalu memberikan semangat dan kebersamaan

## 6. PUSTAKA

- [1] API 570. (2000). *Piping Inspection Code: In-Service Inspection, Rating, Repair, and Alteration of Piping Systems*. Washington DC: American Petroleum Institute.
- [2] API 581. (2016). *Risk-Based Inspection Methodology*. Washington DC: American Petroleum Institute.

- [3] ASME B31.3. (2016). *Process Piping*. New York: The American Society of Mechanical Engineer
- [4] Lee, S.-K., Kim, T.-R., & Park, S.-K. (2010). Degradation Mechanism of Check Valves in Nuclear Power Plants. *ELSEVIER*, 7.
- [5] Mohyaldin, M. E., Elkhatib, N., & Ismail, M. C. (n.d.). Evaluation of Different Modelling Methods Used for Erosion Prediction. *NACE International Conference*, 19.
- [6] PETROSYNC. (2014). A Partical Guide to the Application of the EI Guidelines : Acoustic and Flow Induced Vibration. Kuala Lumpur, Malaysia: PETROSYNC.
- [7] Rausand, M., & Vatn, J. (1998). Reliability Modeling of Surface Controlled Subsurface Safety Valves. *ELSEVIER*, 8.

**(HALAMAN SENGAJA DIKOSONGKAN)**