

Otomatisasi Flame Trap Berbasis Sistem Pneumatik Pada Kendaraan Pengangkut BBM

Ahmad Zayadi*¹⁾, Masyhudi²⁾, Setyo A ³⁾

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional, Jakarta

*Korespondensi : zayadahmad43@gmail.com

Abstract - Flame trap merupakan sebuah perangkat yang dipasang pada knalpot mobil tangki bahan bakar minyak (BBM) dengan bertujuan untuk mencegah terjadinya percikan api yang ditimbulkan akibat hasil pembakaran pada mesin mobil tangki bahan bakar minyak (BBM). Flame trap merupakan fitur keselamatan dasar tetapi memiliki peran sebagai kunci keselamatan pada kendaraan yang berada di area yang mudah terbakar atau zona berbahaya. Hal tersebut dilakukan untuk menghindari terjadinya ledakan di area pengisian bahan bakar minyak (BBM). Flame trap berbasis sistem pneumatik merupakan sebuah inovasi yang dikembangkan untuk memudahkan para awak mobil tangki, sehingga tidak lagi diperlukan pemasangan secara manual serta mengurangi potensi kecelakaan yang berdampak pada kesehatan awak mobil tangki akibat menghirup gas yang dihasilkan dari proses pembakaran pada mesin mobil tangki melalui knalpot. Topik penelitian ini diambil dari kasus di PT. X. Dilakukan perencanaan dan perhitungan alat flame trap berbasis pneumatik, menentukan tekanan pada sistem dan menghitung tekanan hilang yang terjadi. Dengan hasil tekanan minimum yang dibutuhkan sistem sebesar 3, 2482 bar dan tekanan yang tersedia pada tangki 9,8 bar. Maka perancangan alat flame trap berbasis pneumatik dinyatakan aman karena tekanan yang tersedia cukup untuk memenuhi kebutuhan sistem pneumatik.

Kata Kunci: Flame trap, Pneumatik, Mobil tangki BBM

Abstract – *Flame trap is a device mounted on the exhaust of fuel tank car aims to prevent the occurrence of sparks caused by burning results in the tank car engine. The flame trap is a basic safety feature but has a key safety role in vehicles in combustible areas or dangerous zones. This is done to avoid the explosion in the fuel replenishment area. Flame trap based pneumatic system is an innovation developed to facilitate the crew of the tank car, so it is no longer necessary manual installation and reduce the potential accidents that impact on the health of tank crews due to inhaling gas generated from the combustion in the tank car engine through the exhaust. This final project topic is taken from the case in PT Pertamina (Persero). Planning and calculation of pneumatic-based flame trap tools, determining the pressure on the system and calculating the lost pressure that occurs. With the minimum required system pressure of 3.2482 bar and pressure available on the 9.8 bar tank. So the design of pneumatic based flame trap tools is declared safe because the pressure available is sufficient to meet the needs of the pneumatic system.*

Keywords: *Flame trap, Pneumatic, fuel tank car*

I. Pendahuluan

Di era pasar global saat ini sektor transportasi memainkan peran yang sangat penting dalam pertumbuhan perekonomian nasional untuk jangka panjang. Selama periode 2000 – 2015 konsumsi bahan bakar mendapat kenaikan yang cukup signifikan, tercatat kurang lebih 1,63 juta barel konsumsi minyak per hari pada akhir tahun 2015. Guna menjaga kestabilan akan kebutuhan penggunaan minyak khususnya di dalam negeri PT. X Terminal Bahan Bakar Minyak (BBM) merupakan terminal distribusi BBM di bawah direktorat Supply and Distribution (SnD) Marketing Operational Region (MOR), memiliki tugas pokok yakni menerima, menimbun dan menyalurkan BBM. Terminal ini memiliki fasilitas tangki timbun dan mendistribusikan rata-rata untuk melayani kebutuhan masyarakat melalui outlet retail (SPBU, SPBN). Saat ini, Terminal BBM telah dimodernisasi dengan sistem kontrol otomasi yang terpadu yakni New Gantry System (NGS). Di wilayah Marketing Operation Region, Ada tiga keunggulan yang diberikan dengan diimplementasikan sistem otomasi yang terpadu di TBBM. Yaitu, penggunaan teknologi modern, pengisian mobil tangki secara multi-produk simultan sehingga pelayanan lebih cepat, lebih baik, dengan tetap mengedepankan aspek ketepatan kualitas, kuantitas BBM, serta HSSE. Pada area NGS, filling shed merupakan salah satu sarana fasilitas penyaluran BBM ke mobil tangki. Tentunya mobil tangki yang masuk ke area tersebut harus memiliki standar Pertamina edisi 1 manajemen kendaraan serta sistem yang terpasang pada mobil tangki sudah terintegrasi dengan sarana fasilitas NGS. Mengacu pada panduan Zone Hazardous Location standard International Electrotechnical Commission (IEC) area filling shed termasuk dalam class I adalah lokasi yang memiliki kandungan gas dan uap yang mudah terbakar. Pada proses pengisian BBM ke Mobil Tangki BBM, uap BBM terkonsentrasi dalam jumlah besar di area filling shed, jika terdapat gesekan pada material yang dapat menimbulkan percikan api, maka dapat terjadi sebuah ledakan. Ledakan dapat terjadi disebabkan oleh 3 elemen yaitu sumber api, udara dan bahan mudah terbakar. Untuk menghindari percikan api maka pada mobil

tangki diwajibkan menggunakan flame trap sebagai perangkat keamanan dan keselamatan ketika memasuki area Terminal BBM. Saat ini telah dilakukan sebuah inovasi dengan melakukan modifikasi, yaitu menambahkan sistem pneumatik pada flame trap sehingga dapat memudahkan awak mobil tangki untuk menggunakan flame trap ketika memasuki area filling shed. Pada penelitian ini yang akan dibahas adalah perbandingan antara flame trap manual dengan flame trap berbasis pneumatik dengan menghitung dan menganalisa perpindahan panas yang terjadi pada material yang digunakan dan keefektifan pengoperasian alat tersebut.

II. Tinjauan Literature

Pneumatik

Pneumatik adalah sebuah sistem penggerak yang menggunakan tekanan udara sebagai tenaga penggerak. Cara kerja pneumatik sama saja dengan hidrolik yang membedakannya hanyalah fluida kerjanya. Jika pneumatik menggunakan udara sebagai fluida kerjanya sedangkan hidrolik menggunakan cairan oli sebagai fluida kerjanya. Dalam pneumatik tekanan udara inilah yang berfungsi untuk menggerakkan sebuah silinder kerja. Silinder kerja tersebut yang nantinya mengubah tenaga/tekanan udara tersebut menjadi tenaga mekanik (gerakan maju mundur pada silinder).

A. Kelebihan pada sistem pneumatik:

1. Ramah lingkungan/bersih (jika terjadi kebocoran dalam sistem perpipaan).
2. Udara sebagai fluida kerjanya memiliki jumlah yang tak terbatas.
3. Lebih cepat dan responsif jika dibandingkan dengan hidrolik
4. Harganya yang murah.

B. Kekurangan pada sistem pneumatik :

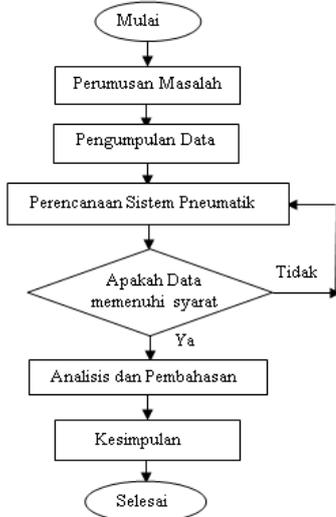
1. Daya mekanik yang dihasilkan kecil
2. Membutuhkan perawatan yang lebih tinggi, karena udara sebagai penggerak biasanya kotor dan mengandung air sehingga gesekan antara piston cylinder dan rumah cylinder besar dan mempercepat kerusakan pada air cylinder.

III. Metodologi Penelitian

Dalam perencanaan alat maka dibutuhkan data skematik sistem pneumatik sebagai dasar dalam merancang sebuah alat agar dapat mempersiapkan alat dan bahan

yang akan digunakan pada saat melakukan perhitungan sehingga diharapkan alat bekerja dengan baik dan benar.

metodologi penyelesaian masalah seperti yang dapat dilihat pada diagram alir di bawah ini :

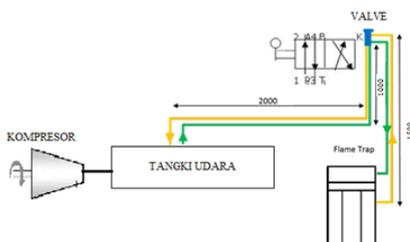


Gambar 3.1. Diagram alir metodologi

Data Masukan

Proses pengambilan data tersebut dilakukan pada mobil tangki yang digunakan adalah merk Hino seri 500 Type New Ranger FM 260 JD mesin diesel 4 langkah.Sistem Pneumatik.

Dalam perencanaan alat maka dibutuhkan data skematik sistem pneumatik sebagai dasar dalam merancang sebuah alat agar dapat mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan pada saat melakukan perhitungan sehingga diharapkan alat bekerja dengan baik dan benar.



Gambar 3.2 Skematik sistem pneumatik

Dengan melakukan observasi di lapangan, melalui mobil tangki mempunyai 4–5 tangki udara yang tersedia dengan kapasitas masing-masing tangki 9,8 kg/cm², sehingga total tekanan udara yang dimiliki sebesar 49 kg/cm².

Flame Trap otomatis diciptakan dengan melakukan pemanfaatan tekanan udara yang tersedia di mobil tangki. Komponen exhaust

brake padaflame trap otomatis di mobil tangki bekerja dengan menerima tekanan sesuai dengan desain manufakturnya, tentu pada hal ini membutuhkan modifikasi pada jalur pipa udara untuk member tekanan agar kinerjaflame trap dapat bekerja dengan baik. Dengan hasil seperti terlihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 3.1. Spesifikasi Mobil Tangki

NO	PARAMETER	NILAI
1	Tenaga Maksimum	215 PS / 2500 rpm
2	Torsi Maksimum	62 kgm / 1500 rpm
3	Jumlah silinder	6
4	Tekanan Gas Buang @Maks. load	3 Bar
5	Tangki Udara	9,8 kgf/cm ²

IV. Menghitung Perencanaan Sistem Pneumatik.

Perencanaan Sistem Pneumatik untuk Menggerakkan Exhaust Brake Valve Menentukan gaya tahan gas buang :

$$A = \pi \cdot r^2$$

$$= 3,14 \cdot 2^2$$

$$= 12,56 \text{ In}^2$$

Menentukan besar gaya minimum yang dibutuhkan :

$$F = p \cdot A$$

$$= 43,5 \cdot 12,56$$

$$= 546,36 \text{ N} = 55,71 \text{ kgf}$$

4.1 Menentukan Diameter Silinder Pneumatik

Untuk mencari diameter silinder pneumatik minimal yang akan dibutuhkan, maka pada perencanaan awal diambil tekanan kerja dari sistem sebesar 3 kgf/cm² dan gaya yang dibutuhkan untuk menahan gas buang sebesar 55,71 kgf sedangkan untuk nilai μ diambil 0,85 (Tenaga fluida pneumatik, 1991 : L78). Data ini kemudian digunakan dalam perencanaan silinder pneumatik. Diameter minimal dapat dicari dengan persamaan. Dengan data yang telah diketahui :

$$F = 55,71 \text{ kgf}$$

$$P = 3 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\mu = 0,85$$

$$F = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot P \cdot \mu$$

$$55,71 \text{ kgf} = D^2 \frac{3,14}{4} \cdot 3 \text{ kgf/cm}^2 \cdot 0,85$$

$$D^2 = \frac{55,71 \text{ kgf}}{2,00175 \text{ kgf/cm}^2}$$

$$D^2 = 27,83 \text{ cm}^2$$

$$D = \sqrt{27,83 \text{ cm}^2}$$

$$D = 5,28 \text{ cm} = 52,8 \text{ mm}$$

4.2 Gaya Dorong Piston

Gaya dorongan Piston dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut:

$$F_1 = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot P \cdot \mu$$

Dengan data yang telah diketahui :

$$D = 63 \text{ mm} = 6,3 \text{ cm}$$

$$d = 20 \text{ mm} = 2 \text{ cm}$$

$$P = 3 \text{ kgf} / \text{cm}^2$$

$$\mu = 0,85$$

$$F_1 = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot P \cdot \mu$$

$$F_1 = \frac{3,14}{4} (6,3 \text{ cm})^2 \cdot 3 \text{ kgf} / \text{cm}^2 \cdot 0,85$$

$$= 0,785 \cdot (39,69) \cdot 3 \cdot 0,85$$

$$F_1 = 79,45 \text{ kgf}$$

4.3 Gaya Tarikan Piston

Gaya tarikan piston dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut:

$$F_2 = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot P \cdot \mu$$

$$F_2 = \frac{3,14}{4} [(6,3 \text{ cm})^2 - (2,0 \text{ cm})^2] \cdot 3 \text{ kgf} / \text{cm}^2 \cdot 0,85$$

$$= 0,785 \cdot (35,69) \cdot 3 \cdot 0,85$$

$$F_2 = 71,44 \text{ kgf}$$

4.4 Konsumsi Udara

Kebutuhan konsumsi udara (V) volume pada saat silinder bergerak maju dihitung :

Dari data yang telah diketahui :

$$D \text{ (Diameter silinder)} = 63 \text{ mm}$$

$$\text{Tekanan kompresor} = 3 \text{ bar} = 3 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$d \text{ (Diameter rod)} = 20 \text{ mm}$$

$$h \text{ stroke} = 10 \text{ cm} = 100 \text{ mm}$$

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot h$$

$$V = \frac{3,14}{4} (63 \text{ mm})^2 \cdot (100 \text{ mm})$$

$$V = 0,3116 \text{ l}$$

$$= 311.567 \text{ mm}^3 \cdot 10^{-6} \frac{\text{l}}{\text{mm}^3}$$

Serta Pada saat silinder bergerak mundur dapat dihitung konsumsi udaranya :

$$V = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot h$$

$$V = \frac{3,14}{4} [(63 \text{ mm})^2 - (20 \text{ mm})^2] \cdot (100 \text{ mm})$$

$$= 280.166 \text{ mm}^3 \cdot 10^{-6} \frac{\text{l}}{\text{mm}^3}$$

$$V = 0,2802 \text{ l}$$

Maka dapat disimpulkan bahwa konsumsi udara yang dibutuhkan silinder dengan D = 63 mm, panjang langkahnya 100 mm untuk bergerak maju dan mundur adalah :

$$V_{\text{total}} = V_{\text{maju}} + V_{\text{mundur}}$$

$$= 0,3116 \text{ l} + 0,2802 \text{ l}$$

$$V_{\text{total}} = 0,5918 \text{ l}$$

4.5 Besarnya Kecepatan Silinder dan Kapasitas Udara

Besarnya kecepatan silinder didapatkan dari percobaan saat silinder extend dengan menggunakan persamaan :

$$v = \frac{s}{t}$$

Dari data yang diketahui :

$$s = 100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m}$$

$$t = 2 \text{ s}$$

$$v = \frac{0,1}{2} = 0,05 \text{ m/s}$$

Kapasitas udara dapat dihitung dari persamaan :

$$Q = D^2 \cdot v \cdot Cr$$

$$= (0,04 \text{ m})^2 \cdot 0,05 \cdot 7,9$$

$$= 0,000632 \text{ m}^3 / \text{s}$$

4.6 Kerugian Tekanan Pada Pipa

Kerugian tekanan pada pipa dari persamaan Formula Harris tentang kerugian tekanan :

$$\Delta P = \frac{1,6 \cdot 10^3 \times Q^{1,85} \times L}{d^5 \times P}$$

Dari data yang telah diketahui :

$$\text{Tekanan Kerja Sistem} = 3 \text{ bar} = 3 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$Q \text{ (Konsumsi Udara)} = 0,000632 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$d \text{ (Diameter Pipa)} = \frac{1}{4} \text{ inch} = 0,0064 \text{ m}$$

$$L \text{ (Panjang Pipa)} = 9 \text{ m}$$

$$\Delta P = \frac{1,6 \cdot 10^3 \times Q^{1,85} \times L}{d^5 \times P}$$

$$\Delta P = \frac{1,6 \cdot 10^3 \times (0,000632)^{1,85} \times 9}{(0,0064)^5 \times 3 \cdot 10^5}$$

$$\Delta P = \frac{0,0174}{0,0000003} = 58.000 \text{ Pa} = 0,58 \text{ bar}$$

$$pl_1 = 0,58 \text{ bar}$$

4.7 Kerugian Tekanan Pada Belokan

Di dalam rangkaian sistem pneumatik terdapat belokan – belokan untuk saluran masuk udara ke media – media yang digunakan seperti silinder, katup 2 lubang. Belokan – belokan tersebut terbentuk sudut siku 90° (standard short radius elbow).

$$hl_b = C \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Dari data yang telah diketahui :

$$C = 0,9$$

$$h_{l_b} = 0,9 \cdot \frac{(7,72)^2}{2 \cdot 9,81} = 2,73$$

Jumlah belokan pada rangkaian sistem pneumatik ini terdapat 8 buah, maka kerugian head total pada belokan ialah :

$$h_{l_b} = 2,73 \cdot 8 = 21,84$$

$$p_{l_2} = 21,84 \cdot 1,3 \cdot 9,81$$

$$= 278,52 \text{ N/m}^2 = 0,0027852 \text{ Bar}$$

4.8 Perhitungan Kerugian Tekanan Udara Total

Maka kerugian tekanan udara total dalam perancangan mekanisme otomatisasi flame trap berbasis sistem pneumatik adalah sebagai berikut :

$$p_{l_t} = p_{l_1} + p_{l_2}$$

$$= 0,58 + 0,0027852$$

$$= 0,587852 \text{ bar}$$

V. HASIL PEMBAHASAN

Dari hasil perhitungan perencanaan dan pengukuran sistem pneumatik flame trap diperoleh parameter. Seperti terlihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.1 Hasil Parameter

No.	Parameter	Nilai
1.	Gaya untuk menggerakkan exhaust brake valve	55,71 kgf
2.	Perhitungan diameter silinder Pneumatik	58,2 mm
3.	Gaya Dorongan pada silinder pneumatik	79,45 kgf
4.	Gaya Tarikan pada silinder pneumatik	71,44 kgf
5.	Konsumsi Udara	0,5918 l
6.	Kecepatan silinder	0,05 m/s
7.	Kapasitas udara	0,000632 m ³ /s
8.	Kerugian Tekanan pada pipa	0,58 bar
9.	Kerugian Tekanan pada belokan	0,0027852 bar
10.	Perhitungan kerugian tekanan udara total	0,5828 bar
11.	Tekanan gas buang pada beban maksimal	3 bar

12.	Kapasitas kompresor yang tersedia	5,9 bar
13.	Total panjang tube polyethylene	9 m
14.	Diameter tube polyethylene	0,0064 m atau 1/4"

Tekanan udara minimal dalam perencanaan sistem pneumatik adalah 3,5828 bar. Sedangkan tekanan udara maksimal pada kompresor adalah 5,9 bar. Oleh karena tekanan udara pada peralatan sistem pneumatik lebih besar maka tekanan udara yang dihasilkan kompresor cukup untuk menggerakkan flame trap, maka perancangan sistem pneumatik aman dan dapat menggunakan kompresor yang sudah ada pada sistem pneumatik pada mobil dengan mengambil sumber tekanan udara dari tangki penyimpanan mobil dengan kapasitas 9,8 bar. Jumlah minimum kapasitas tekanan yang dibutuhkan untuk menggerakkan flame trap adalah > 3,590 bar. Dan dapat diakomodasi oleh kapasitas tabung kompresor yang tersedia pada kendaraan.

VI. KESIMPULAN

Dari hasil perencanaan dan perancangan mekanisme otomatisasi flame trap berbasis sistem pneumatik maka dapat disimpulkan berikut :

1. Tekanan udara minimal dalam perancangan sistem pneumatik ini adalah 3,2482 bar. Bila tekanan pada kompresor adalah 5,9 bar, oleh karena tekanan yang dibutuhkan pada sistem pneumatik lebih kecil dari tekanan udara yang dihasilkan oleh kompresor, maka perancangan sistem pneumatik aman dan dapat diakomodasi oleh kapasitas kompresor yang tersedia pada kendaraan.
 2. Dengan menggunakan alat ini waktu pengoperasian alat lebih cepat dan efektif, serta lebih mudah untuk digunakan dibandingkan dengan alat manual atau konvensional.
 3. Meningkatkan aspek keamanan dan keselamatan dengan menggunakan flame trap berbasis pneumatik dibandingkan dengan alat manual atau konvensional
- Spesifikasi Teknis Alat :

No	PARAMETER	NILAI
1	Tekanan yang Dibutuhkan Untuk Menggerakkan Alat	$> 3,582$ kgf/cm ²
2	Diameter Pipa Flame Trap Stainless Steel (D_{flame})	4 inch
3	Diameter Silinder	63 mm
4	Diameter Rod	20 mm
5	Konduktivitas thermal Acourete Fiber (k_{af})	10,996 W/m.K
6	Tebal Fiber	1 mm = 0,001 m
7	Diameter Tube Polyethylene (D_{tube})	0,0064 m atau 1/4"
8	Total Panjang Tube Polyethylene (D_{tube})	2 x 4,5m = 9 m

VII. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Erlangga Fajar Satrio, Analisa Kerja Alat Penjebak Api pada Genset PLTG unit Gresik, Teknik Mesin Universitas Sepuluh November, 2016.
- [2] Rizki Dwi Ramadhan, Evaluasi Prosedur Penanganan Keadaan Darurat Area Class 1 di TBBM Balongan , Universitas Gajah Mada, 2016.
- [3] PT. PERTAMINA (Persero). "Modul Bahan Ajar BPA M&T Batch 2 2013 - Penerimaan & Penyaluran BBM / BBK dengan Mobil Tangki (Bridger)." 2013
- [4] Parker Fluid Connectors. "Thermoplastic Tubing". (Catalog 4660). Ravenna,Ohio: Parflex Division, 2008
- [5] PT. PERTAMINA (Persero). "Panduan Angkutan mobil tangki Volume 1 edisi 1."2007
- [6] Buchori, Luqman. Perpindahan Panas. Semarang: Universitas Diponegoro, 2004.
- [7] D. Merkle, B. Schrader & M. Thomes. Hydraulics Basic Level Textbook. FESTO. Edition 11/200

