



Modifikasi Aktuator Open Close Flapper Puppert Valve di Bag Filter 421-BF1

M. Rizky Kurniansyah¹, Hamdi², dan Henry Arifandy³

¹Program Studi Konsentrasi Rekayasa Industri, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

²Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

³Maintenance Department, PT Solusi Bangun Indonesia, Jalan Glondonggede Kerek No.KM.3, Merkawang, Tambakboyo, Tuban, Jawa Timur 62352

*Corresponding author *E-mail address*: m.rizkykurniansyah.tm20@mhs.pnj.ac.id

Abstrak

Bag Filter adalah alat yang digunakan untuk memisahkan partikel kering dari gas (udara) dan debu di dalam bag filter. Aliran gas yang kotor atau disebut dengan debu akan masuk ke dalam beberapa longsor atau purging filter (disebut juga kantong atau cloth bag). Berjajar secara parallel dan meninggalkan debu pada filter tersebut. Proses Pemisahan debu dan gas dilakukan di dalam Bag Filter untuk material debu diarahkan ke Chain Conveyor (CV). Untuk gas ditarik ole Fan untuk diarahkan ke stack. Di dalam Bag Filter ada 30 kompartement. mulai dari 1A-15A dan 1B-15B dalam 1 kompartement mempunyai 8 pneumatic purging. Untuk mendorong debu dan 1 Puppert Valve untuk jalur keluarnya gas menuju ke stack. Di Puppert Valve ini sering mengalami kerusakan pada bagian shaft dan penguncinya. Untuk yang bagian shaft dari Puppert Valve ini sering mengalami patah. Kemudian untuk bagian pengunci atas dan pengunci bawah ini sering mengalami lepas hal ini diakibatkan karena open close dari flapper tekanannya terlalu keras. Apabila pneumaticnya tidak di setting dengan kecepatan yang seimbang. Berdasarkan permasalahan tersebut penulis merumuskan masalah bagaimana untuk mengatasi kurangnya kerusakan Puppert Valve di Bag Filter. Untuk mengatasi permasalahan tersebut penulis akan memodifikasi Puppert Valve yang ada di Bag Filter untuk mengurangi kerusakan pada bagian shaft dan penguncinya. karena apabila Puppert Valve ini patah maka saat menggantinya itu harus menunggu Kiln stop terlebih dahulu. Agar tidak sering mengalami patah pada shaft dan penguncinya sering lepas maka harus memodifikasi pada bagian Puppert Valve.

Kata-kata kunci: Bag Filter, Gas, Debu, Chain Conveyor (CV), Fan, Puppert Valve

Abstract

Bag Filter is a tool used to separate dry particles from gas (air) and dust in the filter bag. The flow of dirty gas or called dust will enter into several avalanches or purging filters (also called bags or cloth bags). Lined up in parallel and leave dust on the filter. The process of separating dust and gas is carried out in the Bag Filter for dust material directed to the Chain Conveyor (CV). For gas is pulled ole Fan to be directed to the stack. Inside the Filter Bag there are 30 compartments. starting from 1A-15A and 1B-15B in 1 compartment has 8 pneumatic purging. To push dust and 1 Puppert Valve for gas exit to the stack. In Puppert Valve, this often suffers damage to the shaft and lock. For which the shaft part of the Puppert Valve is often broken. Then for the top lock and bottom lock, this often comes off, this is due to the open close of the flapper, the pressure is too hard. If the pneumatic is not set at a balanced speed. Based on these problems, the author formulates a problem on how to overcome the lack of damage to the Puppert Valve in the Filter Bag. To overcome this problem, the author will modify the Puppert Valve in the Bag Filter to reduce damage to the shaft and lock. because if this Puppert Valve is broken, then when replacing it, you have to wait for the Kiln to stop first. In order not to often break the shaft and the lock often comes off, you have to modify the Puppert Valve

Keywords: Bag Filter, Gas, Dust, Chain Conveyor (CV), Fan, Puppert Valve

1. PENDAHULUAN

Puppet Valve merupakan alat yang digunakan untuk buka tutup *flapper* yang tempatnya di dalam kompartemen *bag filter*. *Bag Filter* 421-BF1 mempunyai 30 kompartemen di dalam 1 kompartemen memiliki 8 *pulse jet cleaning*. Untuk mendorong debu yang disaring oleh fabric filter menuju ke *chain conveyor* (CV). Untuk gas yang ada di dalam *Bag Filter* 421-BF1 itu diarahkan keluar/ditarik oleh *fan* untuk diarahkan ke *stack* atau pembuangan. Disisi lain ada *Puppet Valve* di dalam 1 kompartement yang ada di *Bag Filter* 421-BF1. Fungsinya untuk mengatur keluarnya gas yang ditarik oleh *fan*, apabila *pulse jet* itu mengalami purging dan mendorong debu ke bawah menuju ke *chain conveyor* (CV). Maka posisi dari *Puppet Valve* harus dalam keadaan menutup agar tidak saling tarik menarik dengan *fan*. Sebaliknya apabila *pulse jet* tidak mengalami purging maka posisi dari *Puppet Valve* itu dalam keadaan open untuk membuang gas menuju ke *stack*. Jika terjadi saling tarik menarik karena *pulse jet* mengalami purging dan *fan* menarik gas. Maka hasil purgingnya tidak sempurna dan besar kemungkinan masih ada debu yang menempel di *fabric filter*/ kantong debu. Dalam penelitian ini dapat di analisa bahwa *Puppet Valve* untuk jalur keluarnya gas ini sering mengalami kerusakan pada bagian shaft dan penguncinya. Untuk bagian shaft ini sering mengalami patah dan untuk bagian penguncinya sering mengalami lepas.



Gambar 1. History Puppet Valve

Untuk mengatasi permasalahan ini agar tidak terulang berkali kali maka harus memodifikasi *Puppet Valve* tersebut. Untuk bagian yang di modifikasi itu bagian shaft dengan menambahkan pengunci ulir dan disambungkan dengan shaft tengah. Untuk penguncinya itu di modifikasi dengan di machining jadi satu antara pengunci dan sambungan shaft agar tidak mudah lepas. Apabila mengalami kerusakan terus menerus di bagian *Puppet Valve* akan menjadi kerugian. Karena sering di perbaiki, untuk mengganti *Puppet Valve* ini kiln harus dalam keadaan stop.

Permasalahan yang terjadi :

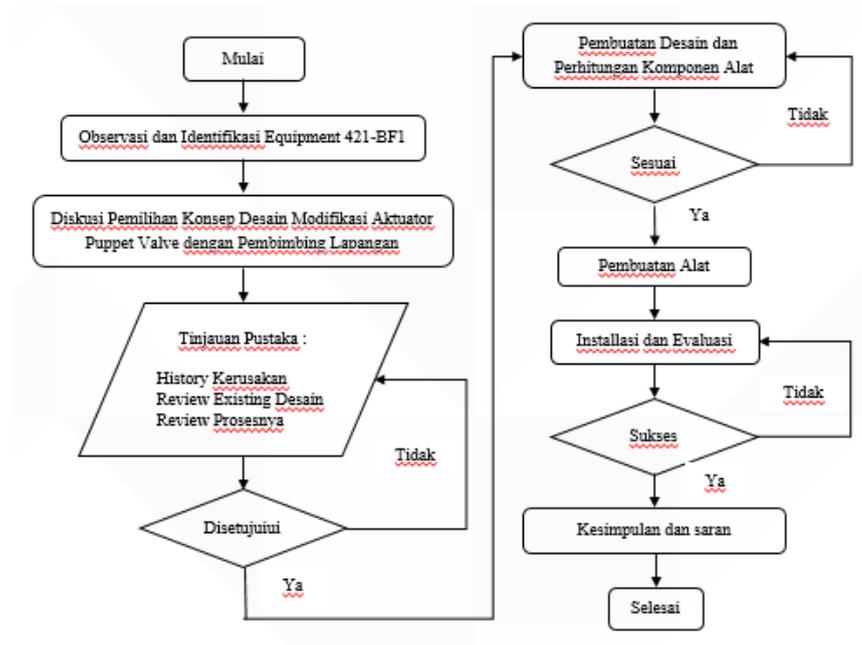
- Shaft tengah dari *Puppet Valve* sering patah
- Pengunci bawah sering lepas
- Pengunci atas sering lepas
- Open close dari flapper tekanannya terlalu keras
- Panjang dari sambungan shaft ukurannya terlalu kecil

Data permasalahan *Puppet Valve*

- a. Bag Filter Raw Mill 421-BF1 Kompartemen 5A
 Tanggal : 10 November 2021
 Permasalahan : Shaft aktuator *Puppet Valve* damper pecah bagian atas dan pengunci bagian atas lepas
- b. Bag Filter Raw Mill Kompartemen 15B

- Tanggal : 24 Desember 2021
 Permasalahan : Shaft aktuator Puppet Valve bagian bawah patah
- c. Bag Filter Raw Mill 421-BF1
 Tanggal : 31 Mei 2023
 Permasalahan : Puppet Valve tidak bisa membuka jadi dalam keadaan tertutup dan tidak bisa digerakkan
- d. Bag Filter Raw Mill 421-BF1 Kompartemen 10B
 Tanggal : 27 Juni 2023
 Permasalahan : Puppet Valve stuck di dalam

2. METODE PENELITIAN



Gambar 2. Diagram Alir Pengerjaan

Adapun metode-metode yang perlu disiapkan untuk Modifikasi *Aktuator Puppet Valve* seperti pada Gambar 2 diantaranya,

1. **Observasi Equipment** yaitu mencari dan melakukan penilaian terhadap equipment yang akan dilakukan proses memodifikasi
2. **Menentukan Desain *Puppet Valve*** yaitu mencari konsep desain untuk memodifikasi *Puppet Valve* yang sesuai agar tidak terjadi kerusakan lagi.
3. **Tinjauan Pustaka** yaitu mencari data history kerusakan, membuat desain existing, dan mencari data proses pembuatannya.
4. **Perencanaan Komponen dan Pembuatan Desain** yaitu melakukan pemilihan atau seleksi komponen berdasarkan beberapa indikator lalu diikuti dengan pembuatan desain Modifikasi *Aktuator Puppet Valve*.
5. **Analisa Perhitungan Spesifikasi Komponen Alat sesuai Desain** yaitu melakukan pengecekan kesesuaian dimensi dan kapasitas setiap komponen pada desain dengan standar atau acuan yang berlaku
6. **Pembuatan Alat (Fabrikasi dan Assembly)** yaitu Proses realisasi alat dengan berbagai proses seperti machining, permesinan, penyambungan mekanik, dan lainnya.
7. **Instalasi dan Evaluasi** yaitu overview equipment secara keseluruhan untuk menilai fungsionalitas equipment *Aktuator Puppet Valve* yang sudah dibuat.
8. **Kesimpulan dan Saran** yaitu pembahasan mengenai kelebihan dan kekurangan equipment yang dibuat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mendapatkan hasil Modifikasi *Aktuator Puppet Valve* yang sesuai di area 421-BF1 diperlukan analisa dari hasil penelitian yang terlampir pada sub-bab berikut.

Aktuator Puppet Valve

Aktuator Puppet Valve adalah alat yang digunakan untuk buka tutup flapper yang dimana flapper ini gerakannya membuka dan menutup aliran gas yang akan dibuang ke stack. rencana kebutuhan proses Modifikasi *Aktuator Puppet Valve* yang mencakup kebutuhan buka tutup flapper dan kondisi lokasi keberadaan *Aktuator Puppet Valve*. Berikut, hasil analisa *Aktuator Puppet Valve* sesuai kebutuhan buka tutup flapper untuk area Bag Filter 421-BF1 terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Item Puppet Valve

No	Item Puppet Valve	Keterangan	Gambar
1	Pengunci Bawah	- Tinggi : 62 mm - Lebar : 24,5 mm - Diameter shaft Lingkaran yang menyambung ke Flaapper : 20,5 mm - Ukuran lubang pin : 15 mm	
2	Pin	- Pin : 31 mm - Diameter Pin : 15 mm	
3	Sambungan Shaft	- Tinggi : 120 mm - Lebar : 40 mm - Ukuran Ulir : M20 x 2,5 - Kedalaman ulir dalam : 40 mm - Ukuran lubang pin : 15 mm	
4	Shaft	- Tinggi : 470,80 mm - Diameter shaft : 20,5 mm - Tinggi ulir bagian shaft bawah : 30 mm - Ukuran ulir bagian shaft bawah : M20 x 2,5 - Tinggi ulir bagian shaft atas : 30,80 mm - Ukuran ulir bagian shaft atas : M10 x 2,5	
5	Pengunci atas	- Tinggi : 67 mm - Lebar : 24,50 mm - Ukuran ulir pengunci atas yang menyambung ke shaft ulir bagian atas : M10 x 2,5 - Ukuran lubang pin : 15 mm	
6	Buka Tutup	- Tinggi : 99,43 mm - Lebar : 113,30 mm - Tebal : 5 mm - Ukuran lubang pin : 15 mm	

Perencanaan Desain dan Perhitungan Alat

Setelah mengetahui *Aktuator Puppet Valve*, dilakukan perancangan desain dan diikuti perhitungan alat pada *Flapper Aktuator Puppet Valve*.

Perancangan Desain

1. Model dari shaft *aktuator puppet valve* menggunakan VCN 150

bahan ini merupakan bahan paling kuat yang digunakan di pabrik untuk berbagai komponen equipment. Menggunakan *round bar VCN 150* sudah semakin kuat untuk modifikasi shaft dari *Puppet Valve* dan untuk proses bubutnya juga bisa maksimal. Untuk proses pemakanan material VCN 150 tidak perlu banyak. Karena material ini sangat keras dan bisa merusak pahat bubut kalau laju pemakanannya itu cepat. *Round bar VCN 150* adalah jenis baja paduan yang terbuat dari bahan dengan kandungan kromium (Cr) dan vanadium (V). Baja paduan ini memiliki kekuatan tarik yang cukup

tinggi, yaitu sekitar 1000-3000 MPa. Dan memiliki sifat mekanis yang baik, termasuk ketangguhan dan keuletan yang baik.



Gambar 3. Shaft menggunakan VCN 150

Round bar VCN 150 juga memiliki stabilitas dimensi yang baik. Sehingga tidak akan mengalami perubahan bentuk atau dimensi yang signifikan selama penggunaan. Selain itu, baja ini mudah diproses dan dimesin, sehingga cocok untuk digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan toleransi yang ketat. *Round bar VCN 150* memiliki kekuatan, ketahanan aus, dan daya tahan korosi yang lebih rendah. Oleh karena itu, *round bar VCN 150* lebih cocok digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan kinerja yang baik atau pada aplikasi yang tidak membutuhkan ketahanan aus atau ketahanan korosi yang sangat tinggi.

2. Bentuk dari plate buka tutup menggunakan material plate *carbon steel ASTM A36*

ASTM A36 adalah spesifikasi standar untuk baja karbon struktural. Baja karbon adalah jenis baja yang mengandung karbon dalam jumlah rendah (biasanya kurang dari 0,3%). Serta unsur-unsur lain seperti *mangan, fosfor, belerang, dan silikon*. *Plate carbon steel ASTM A36* adalah plat baja karbon struktural yang memenuhi spesifikasi *ASTM A36*.



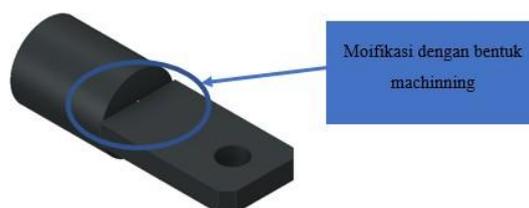
Gambar 4. Open Close menggunakan bahan plate

Plate carbon steel ASTM A36 memiliki kekuatan tarik yang cukup tinggi, yaitu sekitar 400-550 Mpa. Sehingga cocok untuk digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan kekuatan yang moderat. Kemampuan pembentukan yang baik, *Plate carbon steel ASTM A36* mudah dibentuk dan dipotong. Sehingga memudahkan proses fabrikasi. Baja *ASTM A36* memiliki ketangguhan yang baik, sehingga dapat menahan beban yang berubah-ubah atau beban kejut.

Karena mudah dibentuk dan memiliki kekuatan yang cukup. *Plate carbon steel ASTM A36* dapat digunakan dalam berbagai aplikasi yang membutuhkan bahan struktural yang kuat dan mudah diproses.

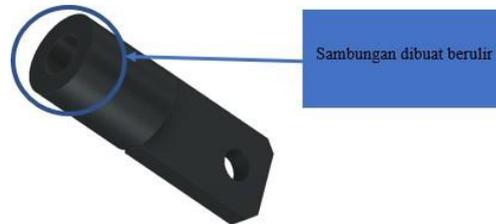
3. Sambungan shaft dibuat dalam bentuk machining dan dibuat berulir

Bentuk dari sambungan shaft yang dibuat atau dimodifikasi ini dengan menggunakan *round bar* dibuat berulir dengan ukuran panjang sambungan shaft yang berulir 50 mm. Dibuat berulir ini agar bisa menjadi semakin kuat apabila ada gerakan buka tutup dari *flapper*. Sambungan shaft berulir ini dibuat dengan cara sistem machining langsung di workshop agar sambungannya semakin kuat tidak ada retak dan tidak mudah patah.



Gambar 5. Modifikasi dengan bentuk machining

Dalam proses machining, sambungan shaft berulir dapat dihasilkan dengan akurasi yang sangat tinggi dalam hal dimensi dan bentuknya. Ini memastikan bahwa sambungan shaft berulir memiliki geometri yang tepat dan dapat berfungsi dengan efektif. Proses machining dapat menghasilkan permukaan yang sangat baik pada sambungan shaft berulir. Yang memungkinkan untuk menyelesaikan proses permukaan yang sangat baik dan presisi yang tinggi pada sambungan shaft berulir. Ini sangat penting untuk memastikan bahwa sambungan shaft berulir memiliki performa yang optimal. Proses machining dapat menghasilkan jumlah produksi yang tinggi dan konsisten dalam waktu yang relatif singkat. Yang memungkinkan untuk memenuhi kebutuhan produksi yang tinggi.



Gambar 6. Sambungan dibuat berulir

Perhitungan Alat

1. Menghitung Gaya (Force) pada Flapper Aktuator Puppet Valve

Diketahui :

$$\pi = 3,14$$

$$D^2 = 20,5 \times 20,5 = 420,25 \text{ mm}$$

Tebal Pengelasan = 6 mm

Rumus untuk menghitung luas penampang :

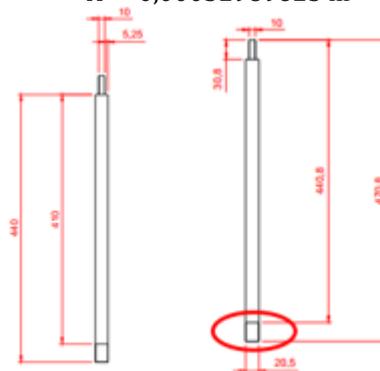
$$A = \frac{\pi}{4} \times d^2$$

$$A = \frac{3,14}{4} \times 420,25$$

$$A = \frac{1319,585}{4} \times 420,25$$

$$A = 329,89625 \text{ mm}$$

$$A = 0,00032989625 \text{ m}^2$$



Gambar 7. Ukuran dari diameter shaft

Rumus untuk menghitung luas penampang menggunakan data tebal pengelasan :

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times (26,5)^2 - \frac{1}{4} \times \pi \times (20,5)^2$$

$$A = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 702,25 - \frac{1}{4} \times 3,14 \times 420,25$$

$$A = 221,37 \text{ mm}$$

$$A = 0,00022137 \text{ m}^2$$



Gambar 8. Ukuran tebal pengelasan

P = Tekanan udara yang diberikan pada *flapper puppet valve* dalam satuan pascal (Pa).
= 2200 Pa

F = Gaya dari gerakan *puppet valve* gerakannya naik turun

Dari data yang telah terkumpul maka didapat nilai sebagai berikut:

$$F = P \times A$$

$$F = 2200 \text{ Pa} \times 0,00032989625 \text{ m}^2$$

$$F = 725,77175 \text{ N}$$



Gambar 9. Gaya dari gerakan Puppet Valve

Di mana:

- F adalah gaya yang diberikan dalam satuan Newton (N).
- P adalah tekanan udara yang diberikan pada *flapper puppet valve* dalam satuan pascal (Pa).
- A adalah luas penampang *flapper puppet valve* dalam satuan meter persegi (m²).

2. Menghitung tekanan pada Flapper Aktuator Puppet Valve

Sebelum masuk di perhitungan Tekanan harus mencari gaya yang diterapkan pada *flapper* terlebih dahulu

P = Tekanan udara yang diberikan pada *flapper puppet valve* dalam satuan pascal (Pa) = 2200 Pa

$$F = P \times A$$

$$F = 2200 \text{ Pa} \times 0,00032989625 \text{ m}^2$$

$$F = 725,77175 \text{ N}$$

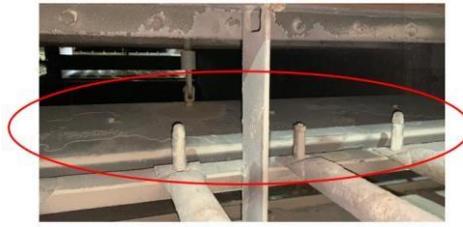
Rumus untuk menghitung tekanan pada *flapper puppet valve* dapat diterima sebagai berikut:

$$P = \frac{F}{A}$$

$$P = \frac{725,77175 \text{ N}}{0,00032989625 \text{ m}^2}$$

$$P = 2200000 \text{ N/m}^2$$

$$P = 2200000 \text{ Pa}$$



Gambar 10. Tekanan flapper

Di mana:

- P = Tekanan *flapper* (N/m^2 atau Pa)
- F = Gaya yang diterapkan pada *flapper*
- A = Luas penampang *flapper* (m^2)

3. Menghitung beban tarik pada Flapper Aktuator Puppet Valve

Rumus untuk menghitung beban tarik pada *flapper puppet valve* dapat diterima sebagai berikut:

$$T = P \times A$$

$$T = 2200000 \text{ N/m}^2 \times 0,00032989625 \text{ m}^2$$

$$T = 725,77175 \text{ N/m}^2$$

$$T = 74,008122 \text{ kgf/m}^2$$



Gambar 11. Puppet Valve menarik flapper

Di mana:

- T = Beban tarik
- P = Tekanan *flapper* (N/m^2 atau Pa)
- A = Luas penampang *flapper* (m^2)

4. Menghitung beban punter pada Flapper Aktutor Puppet Valve

Rumus untuk menghitung beban puntir pada *flapper puppet valve* dapat diterima sebagai berikut

$$I = \frac{(F \times t)}{2}$$

$$I = \frac{(725,77175 \text{ N} \times 8)}{2}$$

$$I = 2903,087 \text{ Nm}$$



Gambar 12. Waktu perubahan gaya purging

t = waktu perubahan gaya (s) = 8 detik karena di dalam satu kompartemen ada 8 pipa purging dan setiap akan penggantian purging ada jeda 1 detik, maka perubahan gaya puppet valve membuka menutup di dalam compartment ada 8 detik

Di mana:

- I = beban puntir (Nm)
- F = gaya yang diterapkan pada *flapper*
- t = waktu perubahan gaya (s)

5. Menghitung tensile strength pada Aktuator Puppet Valve

Perhitungan *tensile strength* bergantung pada jenis bahan yang digunakan. Berikut adalah rumus umum untuk menghitung *tensile strength*:

$$Tensile\ Strength = \frac{F}{A}$$

$$Tensile\ Strength = \frac{725,77175\ N}{0,00032989625\ m^2}$$

$$Tensile\ Strength = 2200000\ Pa$$

$$Tensile\ Strength = 2200\ Mpa$$



Gambar 13. Letak kekuatan dari Puppet Valve

Dimana:

- F adalah gaya yang diterapkan pada bahan (dalam satuan Newton atau pound).
- A adalah luas penampang bahan yang ditarik (dalam satuan meter persegi atau inci persegi).

Pembuatan Alat

Proses pembuatan alat adalah tahapan eksekusi desain setelah semua desain alat sudah dilakukan analisa sesuai standar dan kebutuhan. Berikut adalah tahapan pembuatan pada masing-masing komponen alat yang terlihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Tahapan pembuatan alat

Fabrikasi		Assembly
Machining (Lathe)	Drilling	<i>Puppet Valve</i>
- Pengunci bawah - Pin - Sambungan shaft - Shaft - Pengunci atas	- Buka Tutup - Pengunci Bawah - Pengunci atas	- Pengunci bawah - Pin - Sambungan shaft - Shaft - Pengunci atas - Snap ring - Bolt - Mur

Prakiraan Biaya

Tabel 3 adalah estimasi biaya untuk modifikasi aktuator puppet valve.

Tabel 3. Estimasi biaya modifikasi

Jenis Item	Harga
Material	Rp.16.800.000,00
Man Power	Rp 10.074.865,00
Total	Rp 26.874.865,00

4. KESIMPULAN

Dengan Berdasarkan hasil Modifikasi Puppet Valve, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Untuk mengatasi permasalahan dari kerusakan Puppet Valve ada berbagai cara yaitu dengan memodifikasi sambungan dari shaftnya. Yang sebelumnya sambungan shaftnya dipasang dengan cara pengelasan. Kemudian di modifikasi secara langsung menggunakan sistem machining. Kemudian cara yang selanjutnya mengurangi tekanan dari plunger pneumatic actuator. Karena kecepatan dari gerakan flapper itu tergantung dari settingan pneumatic actuator.
- 2) Untuk menghindari Puppet Valve ini patah maka material yang sebelumnya menggunakan round bar Mild Steel ST37 diganti dengan menggunakan material round bar VCN 150. Karena dari material round bar VCN 150 bisa menerima tensile strength dan kekuatan dari round bar VCN 150 itu lebih kuat. Dibandingkan dengan material round bar Mild Steel ST37.
- 3) Solusi dari desain modifikasi ini yaitu dengan merubah sambungan dari Puppet Valve dan sambungannya dibuat berulir agar bisa di adjust. Untuk ulir dibuat menggunakan ukuran M20x2,5 sesuai dengan ukuran yang ada di data manual book.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada PT Solusi Bangun Indonesia, Tuban Plant. Khususnya untuk karyawan *Mechanical RMK-1* dan *Mechanical Workshop* yang telah banyak membantu dalam kelancaran penelitian ini. Semoga penelitan yang sudah dibuat dapat terus dikembangkan agar alat yang digunakan lebih memiliki nilai yang lebih tinggi baik dari sisi *knowledge* ataupun *management* baik untuk perusahaan ataupun perseorangan.

REFERENSI

1. Velbert-Langenberg. (2012). *Technical Data Bag Filter*. INTENSIV FILTER
2. Nederman. (2011). *Applications Bag Filter*.
3. Ebin Michael. (2015). *Compartmentalized Pulse-Jet Baghouses*. INDUSTRIAL POLLUTION.
4. DEKATECH. (2022). *Cara Kerja Bag Filter*. DWIMANUNGGAL KARYA INDONESIA
5. Hengky Setyawan. (2015). *Makalah Bag Filter*. POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
6. Product ptgaja. (2019). *VCN 150*.
7. Sontani Purnama. (2017). *Katalog Komposisi*.
8. SM490YA. *ASTM A36*. Beyond-Steel.
9. Agungherlambang17871. (2020). *Perhitungan Gaya dan Tekanan*. FLIPHTML5.
10. Suharno354. (2017). *Pengertian Tensile Strength*. PT ENGINEERING Practically Solutions.
11. H.N Gupta. (2009). *Rumus Tensile Strength*. *Manufacturing Processes*.
12. WESTERMAN. *Standard Ulir*. JUTZ-SCHARKUS.