

# PERANCANGAN MESIN PEMBERSIH UNTUK PART INTERNAL ALAT BERAT DENGAN SISTEM PNEUMATIK

Windarta<sup>1</sup>  
windarta@ftumj.ac.id;  
Jurusan Teknik Mesin  
Universitas Muhammadiyah Jakarta

Rusi Rizkiyanto<sup>2</sup>  
russyrifky@gmail.com  
Jurusan Teknik Mesin  
Universitas Muhammadiyah Jakarta

## ABSTRAK

Pembuatan mesin ini untuk meningkatkan kualitas serta produktifitas, kurangnya kebersihan pada proses pencucian part internal alat berat serta membutuhkan waktu yang lama yang diakibatkan karena proses pembersihan masih manual dengan kuas dan mesin yang sekarang hanya bisa mengalirkan fluida tanpa mempunyai tekanan penyemprotan serta penggunaan alpha cleaner M yang banyak yaitu 190 liter/bulan. Perancangan mesin sistem pneumatik dengan menggunakan gun sand blasting untuk alat penyemprot sehingga fluida yang dikeluarkan mempunyai tekanan yang mampu membersihkan part sehingga proses menjadi cepat, udara bertekanan yang digunakan 100 psi dengan penggunaan nozzle dengan diameter dalam 9 mm, diameter luar 22 mm dan panjang nozzle 40 mm, 60 mm, serta 120 mm dari pengujian variasi panjang nozzle didapat hasil untuk ukuran panjang nozzle 40 mm penyemprotan sejauh 2,446 m, panjang nozzle 60 mm penyemprotan sejauh 3,253 m, dan untuk panjang 120 mm penyemprotan sejauh 4,450 m sehingga nilai rata-rata penyemprotan 3,383 m dengan kecepatan 2,023 m/s mampu membersihkan oli dengan cepat. Mesin ini dirancang mampu menahan beban 2400 N dengan nilai defleksi kerangka  $1,148 \times 10^{-6}$  m masih dibawah 1 mm jadi aman. Sistem mesin ini menggunakan bahan penyemprot jenis alpha cleaner M bersirkulasi dan terdapat filter sehingga penggunaan fluida lebih lama yaitu 50 liter/bulan. Jadi mesin sistem pneumatik ini lebih cepat, bersih, dan konsumsi alpha cleaner M lebih sedikit.

**Kata kunci :** Mesin pembersih sistem pneumatik, Tekanan udara, nozzle, gun sand blasting, alpha cleaner M

## 1. Pendahuluan

Part internal alat berat merupakan salah satu part yang berperan utama untuk sebuah engine, komponen ini berfungsi sebagai pengatur kerja dalam sebuah mesin, yang berguna untuk mengatur keluar masuk bahan bakar dan udara yang ada didalam sebuah box engine. Komponen tersebut meliputi rocker arm, shaft, camfollower, pussrood dan bearing.

Komponen internal tersebut merupakan komponen yang sangat kritis,

sehingga dalam sebuah penanganan harus sangat hati-hati. Apabila komponen ini sudah pernah dipakai dalam engine pastinya banyak kerak oli yang menempel pada part tersebut, bahkan apabila engine tersebut tidak pernah dipakai dimungkinkan air dapat masuk sehingga terjadi karat.

Komponen internal yang kotor apabila dipasang kembali pada sebuah engine akan berakibat fatal untuk kinerja mesin tersebut, bahkan akan mengalami kegagalan

dalam kerjanya. Kegagalan tersebut terjadi karna *part* tersebut tidak bekerja secara maksimal dikarenakan keadaan *part* tersebut kotor.

Penggunaan *part* internal yang pernah dipakai, yang akan di gunakan kembali harus dilakukan pembersihan untuk menghilangkan kerak oli yang menempel pada *part*, sehinga bila dipasang kembali *part* tersebut tidak akan mengalami gangguan. Untuk menanggulanagi gangguan tersebut jalan keluar yang bisa diambil dengan dilakukan pembersihan, supaya kualitas dari *part* tersebut terajaga dan pembersihan harus benar-benar bersih supaya konsumen merasa puas walau *part* yang digunakan tergolong *part* bekas.

Proses pembersihan yang sekarang digunakan masih menggunakan mesin *filter wash*, tetapi mesin ini hanya bisa mengalirkan *fluida* alfaclianer dari penampungan utama ke tempat pembersiha dengan menggunakan pompa yang kapasitasnya kecil sehingga tekanannya pun kecil, sehingga pembersihan yang digunkan untuk menghilangkan oli dari komponen masih manual dengan menggunakan kuas sebagai alat pembersih dan *apha cleaner* sebagi perontok oli. Mesin ini tidak maksimal penggunaanya karna proses lama dan kurang bersih. Oleh karna itu perlu dibuatkan alat pembersih baru, sehingga dengan ini penulis merencanakan “ Mesin Pembersih *Part Internal* Dengan Sistem *Pneumatik*”.

## 2. Metode Perencanaan Mesin Pembersih Oli

Proses pembersihan *part internal* alat berat membutuhkan perlakuan khusus dan tingkat kebersihan yang baik, oli di bagian dalam yang susah dihilangkan serta memakan waktu yang lama adalah yang menjadi

kendala. Mesin khusus pembersih *part internal* alat berat menggunakan cara ditembak dengan cairan alpha cleaner dengan tekanan 100 psia.

Tahap perencanaan mesin pembersih oli sistem pneumatik terdiri dari :

- a. Menentukan kapasitas mesin
- b. Menentukan tekanan udara
- c. Menentukan ukuran nozzle
- d. Jenis fluida

## 3. Kapasitas Mesin Yang Dibutuhkan

Penentuan kapasitas mesin diambil dari berapa berat *part internal* untuk satu *engine* terdiri dari *rocker arm*, *push rood*, *sahft*, *camfollower* dan *cros head*. *Part* tersebut berbeda-beda *massa* untuk tiap jenis *engine*. berat *engine* diambil ukuran yang paling besar supaya dalam perencanaan sebuah mesin, kerangka dapat menahan komponen. *massa* dari *part internal* alat berat ini digolongkan menjadi 4 kategori seperti pada tabel 1

Tabel 1 Massa komponen *part internal* alat berat (Asep, 2011).

Type Engine	Massa (kg)
12V 140	60
6D 170	70
6D 140	30
6D 125	25

Tabel 1 diatas menyatakan komponen yang paling berat yaitu 70 kg untuk type 6D 170, massa dari fluida yang akan dipakai untuk pembersih *part internal* tersebut yaitu 50 kg massa kerangka 25 kg, cover 20 kg, jaring 6 kg, dan bak penampung fluida 25 kg. Jadi kapasitas mesin yang akan dibuat mampu menahan beban 196 kg. Untuk faktor tambahan 1,2 (Sularso & Suga, 2008)

sehingga didapat beban maksimum mesin  $196 \times 1,2 = 235,2 \text{ kg}$ .

#### 4. Tekanan udara

Udara bertekanan digunakan untuk menembakan *alpha cleaner* untuk pembersih *part internal* yang akan dibersihkan. Udara bertekanan yang dibutuhkan sebagai tenaga utama harus mempunyai tekanan sebesar 60-100 psi tekanan udara yang digunakan dalam perencanaan mesin ini adalah 100 psia. Dengan demikian udara bertekanan pada instalasi bisa digunakan. Hose yang digunakan adalah tipe high pressure

#### 5. Ukuran Nozzel

Perencanaan mesin ini menggunakan *gun sand blasting* sebagai pengganti dari pompa sebagai penggabung udara bertekanan dan *alpha cleaner* pemindah. *Gun* yang direncanakan terdapat dua *nozzle* sebagai peningkat tekanan, sedangkan ukuran dari *nozzle* yang direncanakan seperti pada tabel 2 berikut :

Tabel 2 Ukuran *nozzle* (Clemco Industries Corp, 2007)

Ukuran	Nozzle 1 (input)	Nozzle 2 (output)
Diameter dalam	5 mm	9 mm
Diameter luar	10 mm	22 mm
Panjang	87 mm	40, 60 dan 120 mm

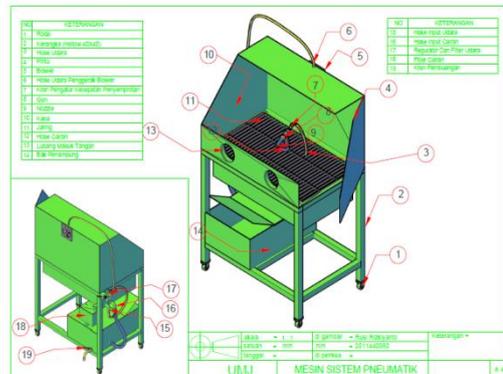
#### 6. Jenis Fluida

*Alpha cleaner* merupakan jenis pembersih serta anti karat yang bisa digunakan untuk semua jenis logam, *alpha cleaner* yang dipakai jenis M dengan

viskositas  $40 \text{ } ^\circ \text{c mm}^2/\text{s}$  yaitu sebesar 1.25 (LTD, 2007).

#### 7. Gambar Desain

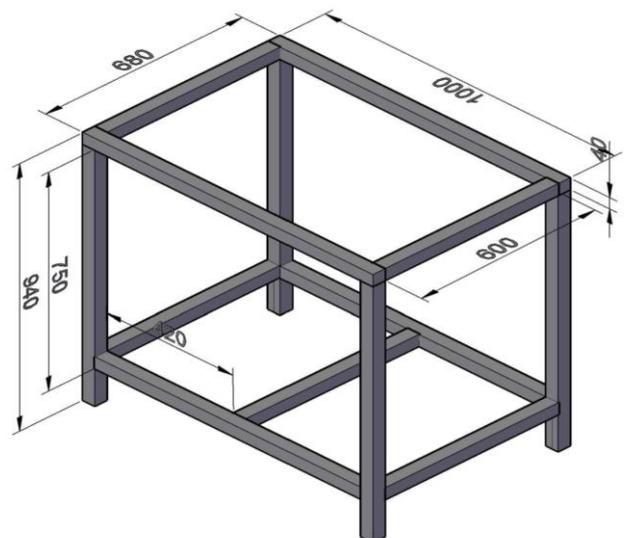
Gambar desain mesin pembersih oli yang direncanakan seperti ditunjukkan pada gambar 1 seperti berikut



Gambar 1 Desain mesin pembersih oli system pneumatik

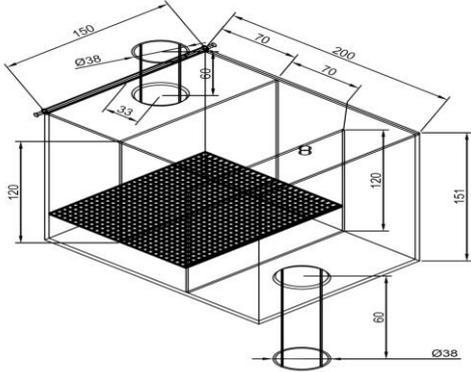
Mesin ini terdiri dari beberapa komponen utama yaitu :

- Rangka utama sebagai penopang beban seperti di tunjukan pada gambar 2



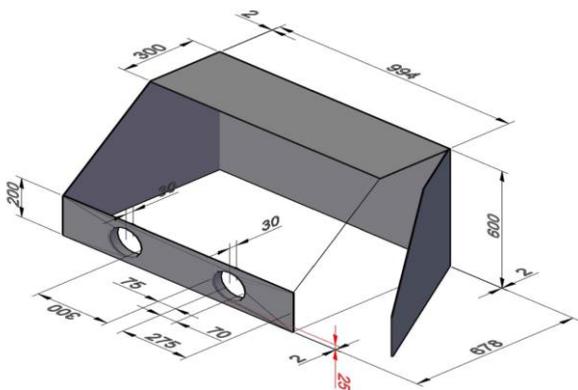
Gambar 2 kerangka mesin pembersih oli

- Filter yang berfungsi sebagai penyaring fluida di tunjukan pada gambar 3



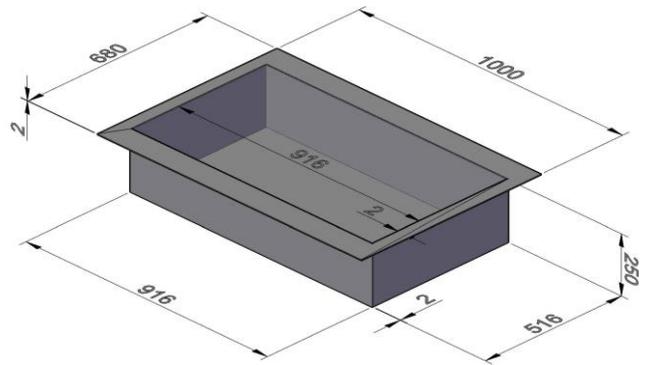
Gambar 3 Filter mesin pembersih oli

- Cover pelindung ini berguna untuk melindungi sipekerja dari cairan fluida pada saat proses pengerjaan seperti ditunjukkan pada gambar 4



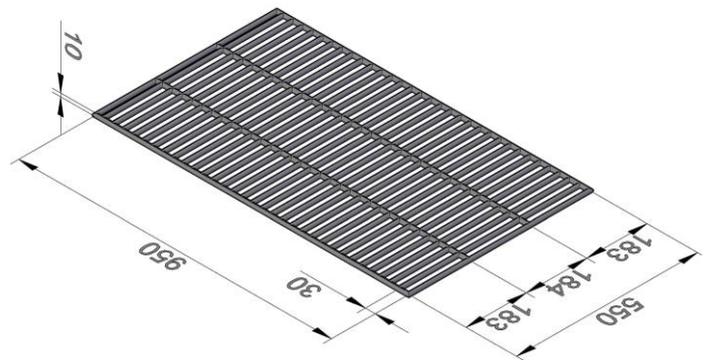
Gambar 4 Cover pelindung

- Bak penadah ini berguna untuk mengurangi pengabutan pada saat proses penyemprotan seperti di tunjukan pada gambar 5



Gambar 5 Bak penadah

- Jaring merupakan tempat untuk proses pembersihan part seperti yang ditunjukkan pada gambar 6

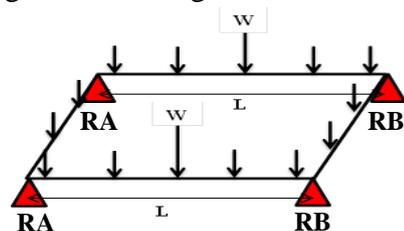


Gambar 6 Jaring penempatan part

## 8. Perhitungan kerangka

### 8.1. Analisa beban

Analisa beban pada mesin harus di perhitungkan dalam sebuah perancangan kontruksi mesin, yaitu pada kerangka yang ditunjukan pada gambar 2 dari gambar tersebut dapat di ambil analisa kesimpulan beban seperti gambar 7 sebagai berikut :



Gambar 7 Analisa beban mesin pembersih oli kapasitas 2400 N

Keterangan :

RA = Reaksi pada A ( N )

RB = Reaksi pada B ( N )

w = Beban terbagi rata untuk kerangka N/m

Beban maksimum yang direncanakan pada perancangan adalah  $240 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2$  ( $2352 \text{ N} \approx 2400 \text{ N}$ ). Beban tersebut merupakan beban merata sehingga beban dari satu penampang dibagi L. Dari panjang L tersebut mempunyai panjang 1000 mm. Sehingga dapat dihitung dengan cara sebagai berikut :

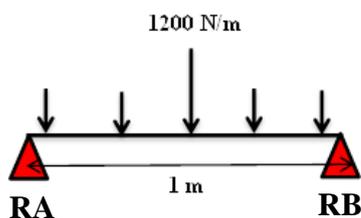
Perhitungan W untuk penampang yaitu :

$$w = \frac{1}{2} \frac{\text{berat beban pada satu penampang}}{L} \quad (1)$$

$$w = \frac{1}{2} \times \frac{2400 \text{ N}}{1 \text{ m}}$$

$$w = 1200 \text{ N/m}$$

Sebelum mencari nilai RA dan RB terlebih dahulu harus diketahui nilai W, dari persamaan (1) diperoleh nilainya untuk penampang  $1200 \text{ N/mm}$ . Untuk mencari nilai RA dan RB dapat dicari dengan persamaan (2).



Gambar 8 Analisa beban mesin pada satu kerangka penampang

$$\Sigma M_B = 0 \quad (2)$$

$$W \cdot 1/2L - RA \cdot L = 0$$

$$RA = \frac{W \cdot \frac{1}{2}L}{L} = 0$$

$$RA = \frac{1200 \text{ N/m} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1 \text{ m}}{1 \text{ m}}$$

$$RA = 600 \text{ N}$$

$$RA = RB = 600 \text{ N}$$

## 8.2 Defleksi

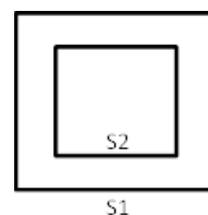
Sebelum mencari defleksi yang terjadi, bahan penampang persegi yang digunakan adalah besi hollow (baja karbon rendah  $E = 200 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ ) menurut tabel 2.1, terlebih dahulu harus mencari momen inersia (I) pada penampang lintang empat persegi dengan ukuran sisi luar  $S_1 = 40 \text{ mm}$  dan ukuran sisi dalam  $S_2 = 38,3 \text{ mm}$  maka momen inersia yang didapat dengan persamaan (3).

$$I = \frac{S_1^4 - S_2^4}{12} \quad (3)$$

$$I = \frac{40^4 - 38,3^4}{12}$$

$$I = 34019,48 \text{ mm}^4$$

Sehingga I yang didapat untuk besi hollow dengan ketebalan 1,7 mm dan dimensi  $40 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$  adalah  $34019,48 \text{ mm}^4$ . Bentuk penampang dari kerangka mesin pembersih inerpas seperti ditunjukkan gambar 9



Gambar 9 Penampang lintang empat persegi tampak depan

Penampang kerangka diatas mengalami kondisi defleksi dengan pembebanan merata, sehingga dapat dihitung dengan rumus persamaan (4).

$$Y_{\max} = \frac{-5wL^3}{384EI} \quad (4)$$

Berdasarkan data perhitungan diatas didapat data sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 w &= 600 \text{ N/mm} \\
 L &= 1 \text{ m} \\
 E &= 200 \times 10^9 \text{ N/m}^2 \\
 I &= 3,402 \times 10^4 \text{ mm}^4 = 3,402 \times 10^{-8} \text{ m}^4
 \end{aligned}$$

Defleksi dengan pembebanan merata didapat dari persamaan (5). Pada bagian penampang depan yaitu

$$Y_{\max} = \frac{-5wL^3}{384EI} \quad (5)$$

$$Y_{\max} = \frac{-5(0,6)(1)^3}{384(200 \times 10^9)(3,402 \times 10^{-8})}$$

$$Y_{\max} = 1,148 \times 10^{-6} \text{ m}$$

Dari data hasil perhitungan diatas maka dapat dipastikan nilai defleksi pada kerangka kurang dari 1 mm yaitu  $1 > 1,148 \times 10^{-6} \text{ m}$  berarti aman.

## 9. Pengujian Penyemprotan

Dari hasil pengujian penyemprotan untuk input udara bertekanan 100 psia = 4,14 - 6,89 bar serta menggunakan uji *nozzel* berukuran panjang 40, 60, dan 120 mm dan diameter 9 mm dengan Ketinggian penampung *fluida alpha cleaner* bagian bawah sampai tempat penyemprotan bagian atas 1000 mm serta panjang hose 2000 mm didapat waktu dan hasil penyemprotan seperti tabel 3.

Tabel 2 Waktu dan hasil penyemprotan

Panjang nozzel (mm)	Ketinggian titik bawah dengan	Panjang hose	Diameter nozzel	Waktu (s)	Panjang penyemprotan (m)
40	1	2	0,009	1,5	2,446
60	1	2	0,009	1,5	3,253
120	1	2	0,009	1,5	4,450
Jumlah					10.149
panjang rata-rata penyemprotan					3,383

)	atas (m)	(m)	(m)		
40	1	2	0,009	1,5	2,446
60	1	2	0,009	1,5	3,253
120	1	2	0,009	1,5	4,450
Jumlah					10.149
panjang rata-rata penyemprotan					3,383

Dari tabel 3 diambil panjang rata-rata penyemprotan yaitu 3,383 (m) sehingga kecepatan penyemprotan dapat dihitung dengan persamaan (9) dan (10) (Suwono, 1986) :

$$V_1 = \frac{2m}{1.53s} \quad (9)$$

$$= 1,3072 \text{ m/s}$$

$$P_1 = P_2 \text{ (tidak ada rugi tekanan)}$$

$$Z_1 = 1 \text{ m}$$

$$S = 3,383 \text{ m}$$

$$V_2 = \sqrt{(Z_2 - Z_1) + V_1^2} \quad (10)$$

$$\begin{aligned}
 V_2 &= \sqrt{(3,383 - 1) + 1,3072^2} \\
 &= 2,023 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Dengan pengujian penyemprotan mesin pembersih sistem pneumatik ini mempunyai kecepatan penyemprotan 2,023 m/s mampu membersihkan part, sedangkan punya sri poernomo dan ryan fasha hanya 0,5 m/s (Sri Poernomo Sari, 2013).

## 10. Perhitungan Tekanan udara

Didalam perancangan ini tekanan udara yang digunakan yaitu 4,14-6,89 bar yang didaat dari kompresor pembnagkit pabrik sehingga hose yang digunakan harus mampu menahan tekanan sebesar tekanan perencanan maka digunakn *high pressure hose* dengan tekanan maksial 17 Mpa. Massa jenis cairan alpha cleaner M yaitu 0,761

g/cm<sup>3</sup> atau 761 kg/m<sup>3</sup> untuk mengetahui tekanan penyemprotan, maka terlebih dahulu menghitung berat jenis fluida dengan menggunakan persamaan (11) sebagai berikut

$$\gamma = 761 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 7465,41 \quad (11)$$

Tekanan udara dapat dihitung menggunakan persamaan (12)

$$\frac{P_1}{\gamma} - \frac{P_2}{\gamma} + Z_1 - Z_2 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{V_2^2}{2g} \quad (12)$$

Dimana:

S = panjang rata-rata penyemprotan ( 3,383 m)

$$V_2 = \frac{Vh}{\cos\phi}$$

$$Vh = \frac{s + \frac{1}{2}gt^2}{t}$$

$$Vh = \frac{3,383 + \frac{1}{2} \times 9,81 \times 1,5^2}{1,5} = 9,61 \text{ m/s}$$

$$V_2 = \frac{9,61}{\frac{3,383}{\sqrt{1^2 + 3,383}}} = 10,02 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} \text{Debit} &= V \times A \\ &= 10,02 \times 3,14/4 \times 0,009^2 \\ &= 0,000637 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_1 &= \text{debit}/A \\ &= \frac{0,000637}{\frac{3,14}{4} \times 0,012^2} = 5,635 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Jadi, tekanan penyemprotan (P<sub>2</sub>) pada mesin ini yaitu:

$$\begin{aligned} \Delta P &= \frac{v_1^2 \times v_2^2}{2g} \\ &= \frac{5,635^2 - 10,02^2}{2 \times 9,8} = -3,502 \text{ N/m}^2 \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} P_1 &= 100 \text{ psia} \times 6,984 \text{ N/m}^2 \\ &= 685,898 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_2 &= P_1 + \Delta P \\ &= 689,4 - 3,502 \\ &= 685,898 \text{ N/m}^2 = 98,21 \text{ psia} = 6,77 \text{ bar} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas didapat hasil tekanan penyemprotan 6,77 Bar. Tekanan tersebut masih dibawah tekanan maksimal yang diizinkan untuk *hose* saluran *pneumatik* yaitu 17 MPa sehingga sangat aman.

## 11. Produktifitas Hasil Penyemprotan

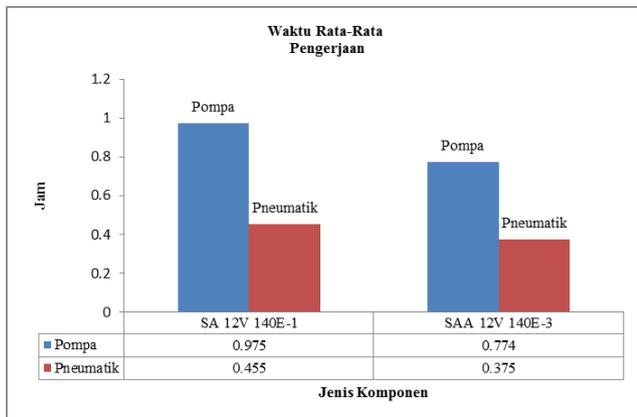
Hasil uji coba penggunaan mesin selama satu bulan, *alpha clener* yang digunakan sebanyak 50 liter. Hasil pembersihan *part internal* untuk satu bulan didapat dengan cara mengambil *sample* 9 engine dengan perhitungan banyaknya engine yang bisa dibongkar dalam 6 hari kerja. Hasil waktu engine *Sample* tersebut dikalikan 4 yaitu jumlah minggu dalam 1 bulan. Waktu untuk pembersihan 9 engine dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5 Waktu pembersihan sistem *pump* dengan sistem *pneumatik*

No	komponen	Waktu Pembersihan (jam)	
		Mesin sistem pompa	Mesin sistem <i>pneumatik</i>
1	SA 12V 140 E-1	1	0,42
2	SA 12V 140 E-1	1,03	0,5
3	SA 12V 140 E-1	0,95	0,45
4	SA 12V 140 E-1	0,92	0,45
Jumlah		3,9	1,82
Rata-rata		0,975	0,455
1	SAA 12V 140E-3	0,75	0,33
2	SAA 12V 140E-3	0,82	0,38
3	SAA 12V	0,67	0,35

	140E-3		
4	SAA 12V 140E-3	0,75	0,40
5	SAA 12V 140E-3	0,88	0,40
Jumlah		3,87	1,86
Rata-rata		0,774	0,375

Dari tabel 5 didapat data bahwa mesin yang menggunakan sistem *pneumatik* lebih cepat dibandingkan dengan mesin sistem pompa, seperti terlihat pada gambar 12 sebagai berikut :



Gambar 12 Diagram waktu pengerjaan sistem pompa dan pneumatik

Dari gambar diagram 12 persentase kenaikan mesin sistem *pneumatik* sebagai berikut :

→ Komponen SA 12V 140 E-1 adalah :

$$\begin{aligned} \% \text{ waktu pengerjaan (jam)} &= \frac{\text{waktu pompa} - \text{pneumatik}}{\text{pompa}} \times 100\% \quad (14) \\ &= \frac{0,975 - 0,455}{0,455} \times 100\% \\ &= 53,33 \% \end{aligned}$$

→ Komponen SAA 12V 140 E-3 adalah :

$$\begin{aligned} \% \text{ waktu pengerjaan (jam)} &= \frac{\text{waktu pompa} - \text{pneumatik}}{\text{pompa}} \times 100\% \quad (15) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{0,774 - 0,375}{0,774} \times 100\% \\ &= 51,55 \% \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas kenaikan persentase mesin sistem *pneumatik* untuk pengerjaan komponen SA 12V 140E-1 yaitu 53,33 % dan pengerjaan untuk komponen SAA 12V 140 E-3 yaitu 51,55 % lebih cepat dibandingkan dengan mesin sistem pompa.

Dari tabel 5 dapat dicari nilai rata-rata pengerjaan untuk 1 *engine* untuk sistem *pump* pada komponen SA 12V 140E-1 yaitu 0,975(jam) atau 58,5 menit sedangkan yang menggunakan sistem *pneumatik* 0,455(jam) atau 27,3 menit, sedangkan untuk komponen SAA 12V 140E-3 dengan sistem *pump* 0,774(jam) atau 46,44 menit dan untuk sistem *pneumatik* 0,375(jam) atau 22,5 menit dari gambar diagram 12 proses yang menggunakan sistem *pneumatik* lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan sistem *pump*.

Perhitungan keuntungan produktifitas selama 1 bulan mesin sistem pompa dengan mesin sistem *pneumatik* untuk mendapatkan seberapa besar hasil biaya yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6 Perhitungan biaya *alpha cleaner* dan pekerja per bulan

	Mesin pemberisih dengan pompa	Mesin pembersih dengan <i>pneumatik</i>	Penghematan/bulan
Waktu/ bulan	31,08 jam	14,72 jam	
Konsumsi <i>alpha cleaner</i> /	190 liter	50 liter	

bulan				
Biaya tenaga kerja/jam	Rp 30.000	Rp 932.400	Rp 441.600	
Biaya material/liter	Rp 32.000	Rp 6.080.000	Rp 1.600.000	
Jumlah biaya total		Rp 7.012.400	Rp 2.041.600	Rp 4.970.800

Nilai keuntungan mesin sistem *pneumatik* dalam % adalah :

$$\% \text{ keuntungan} = \frac{\text{nilai penghematan}}{\text{biaya total}} \times 100\% \quad (16)$$

$$\begin{aligned} \% \text{ keuntungan} &= \frac{Rp 4970800}{Rp 7012400} \times 100\% \\ &= 71\% \end{aligned}$$

Tabel 6 didapat hasil penurunan biaya sebesar Rp 4.970.800 selama satu bulan dibandingkan mesin sebelumnya, jadi mesin yang menggunakan sistem *pneumatik* lebih menguntungkan dibandingkan dari sistem pompa

## 12. Perhitungan Nilai Ekonomis

Biaya produksi perancang mesin pembersih oli sistem *pneumatik* dapat dilihat pada Tabel 7 berikut ini :

Tabel 7 Biaya produksi perancangan mesin pembersih oli sistem *pneumatik*

N o	Nama Komponen	Biaya Pembelian	Biaya Perakitan	Jumlah
1	Plat besi	Rp 600.00	Rp 400.000	Rp 1.000.0

		0	(las)	00
2	Besi hollow 40x40x 1,7	Rp 300.000	Rp 250.000 (las)	Rp 550.000
3	Akrilik	Rp 150.000		Rp 150.000
4	Hose angin Ø 12	Rp 20.300		Rp 20.300
5	Hose fluida Ø 20	Rp 160.000		Rp 160.000
6	Pipa ½ inch	Rp 55.600		Rp 55.600
7	Pipa 1 inch	Rp 26.400		Rp 26.400
8	Elbow ½ inch	Rp 22.000		Rp 22.000
9	Elbow 1 inch	Rp 28.000		Rp 28.000
10	Copler/ penyambung	Rp 76.000		Rp 76.000
11	Kran ½	Rp 60.000		Rp 60.000
12	Gun sand blasting	Rp 2.500.000		Rp 2.500.000
13	Nozzel Ø 9 x Ø 2	Rp 40.000	Rp 70.000 (bubut)	Rp 110.000
14	Sarung tangan karet	Rp 25.000		Rp 25.000
	Biaya total	Rp 4.063.300	Rp 720.000	Rp 4.783.300

Perhitungan *break even point* (BEP) :

$$\text{Harga jual} = 10\% \times Rp 4.783.300$$

$$= \text{Rp } 5.261.630$$

$$\text{Biaya Variabel} = \text{Rp } 4.063.300 + \text{Rp } 720.000 = \text{Rp } 4.783.300$$

$$\text{Biaya tetap upah karyawan} = \text{Rp } 2.900.000$$

*Break even point* (BEP) akan tercapai dengan persamaan perhitungan (17) berikut (Nasirwan, Safril, & Adril, 2007) :

$$\text{BEP rupiah} = \frac{\text{biaya tetap}}{1 - \left( \frac{\text{biaya variabel}}{\text{harga jual}} \right)} \quad (17)$$

$$\text{BEP rupiah} = \frac{\text{Rp } 2.900.000}{1 - \left( \frac{\text{Rp } 4.783.300}{\text{Rp } 5.261.630} \right)} = \text{Rp } 31.900.000$$

Dari perhitungan persamaan (17) dapat disimpulkan bahwa *break even point* akan tercapai pada Rp 31.900.000 sehingga dapat dicari jumlah unit yang harus dijual dengan persamaan (18) berikut (Nasirwan et al., 2007) :

$$\text{BEP} = \frac{\text{BE produk (Rp)}}{\text{harga penjualan}} \quad (18)$$

$$\text{BEP} = \frac{\text{Rp } 31.900.000}{\text{Rp } 5.261.630} = 6,1 \text{ unit} \approx 7 \text{ unit}$$

### 13. Kesimpulan

Berdasarkan analisa perhitungan dan evaluasi mesin pembersih oli sistem pneumatik ini didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Perancangan mesin pembersih dengan sistem *pneumatik* ini dibuat untuk kapasitas 2400 N dan tekanan udara yang digunakan 60-100 psia.
2. Perhitungan kekuatan kerangka didapat nilai *defleksi*  $1,148 \times 10^{-6}$  (m) jadi aman.
3. Pengujian kecepatan keluaran penyemprotan didapat nilai 2,023 m/s kecepatan penyemprotan tersebut dapat membersihkan komponen.
4. Hasil perhitungan didapat hasil tekanan penyemprotan 6,77 Bar.

5. Proses pembersihan *part internal* sistem *pneumatik* hanya membutuhkan waktu 25 menit untuk 1 *engine*.
6. Keuntungan yang didapat dari proses pembersihan sistem *pneumatik* dari segi *cost* Rp 4.970.800 atau 71%.
7. Mesin pembersih sistem *pneumatik* lebih baik dibandingkan sistem pompa dari segi kecepatan, konsumsi *alpha cleaner* dan biaya.

### DAFTAR PUSTAKA

- (1) Asep, S. (2011). *Diesel Engine*. Jakarta: Komatsu Reman Indonesia.
- (2) Clemco Industries Corp. (2007). *Pulsar Suction Cabinets Model III Dan Model VI*. Washington: Clemco Industries Corp.
- (3) Krist, T. (1993). *Dasar-Dasar Pneumatik*. (D. Ginting, Ed.) (1st ed.). Jakarta: Erlangga.
- (4) Mott, R. L. (2009). *Elemen-Elemen Mesin dalam Perancangan Mekanis*. (dwi prabantini, Ed.) (1st ed.). Yogyakarta: Andi Yogyakarta.
- (5) Sularso, & Suga, K. (2008). *Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin* (11th ed.). Jakarta: Pt Pradnya Paramita.
- (6) Suwono, A. (1986). *Mekanika Fluida Dan Mesin Fluida*. Bandung: ITB.
- (7) LTD, I. co. (2007). *Safety data sheet SU-425 Daphen Alpha Cleaner M*.
- (8) Fitroh, M. (2013). Design Konstruksi Bejana Tekan Untuk Separator Gas (KAP. 9 MMSCFD), Oil (KAP. 200 Barrel/Hari) Dan Water (KAP. 200 Barrel/Hari). *SINTEK*, 7, 56.
- (9) Nasirwan, Safril, & Adril, E. (2007). Rancang Bangun Mesin Pengupas Dan Pemisah Kulit Kacang Kedelai Untuk Meningkatkan Kapasitas Secara Mekanis. *Teknik Mesin*, 4(1), 1-8.

- (10) Nisaa' Maharani, A., Wardana, I. N. G., & Yuliati, L. (n.d.). Pengaruh Jarak Saluran Keluar Air Dan Udara Terhadap Karakteristik Spray Pada Twin Fluid Atomizer. *Teknik Mesin*.
- (11) Priyanto, E. S. (2012). Analisa Aliran Fluida Pada Pipa Acrylic Diameter 12, 7 mm (0, 5 inci) dan 38, 1 mm (1, 5 inci). *Teknologi Industri*.
- (12) Sari, S. P. (2013). Pengaruh Ukuran Diameter Nozzle 7 Dan 9 mm Terhadap Putaran Sudu Dan Daya Listrik Pada Turbin Pelton. *Jurnal Komputer*.
- (13) Sari, S. P., & Yusuf, R. (2012). Pengaruh Jarak Ukuran Nozzle Pada Putaran Sudu Terhadap Daya Listrik Turbin Pelton. *Jurnal Komputer*.
- (14) Sulisty, E., & Setyarini, P. H. (2011). Pengaruh Waktu Dan Sudut Penyemprotan Pada Proses Sand Blasting Terhadap Laju Korosi Hasil Pengecatan Baja AISI 430. *Rekayasa Mesin*, 2(3), 205–208.
- (15) Wardanu, Y. S., Santoso, A., & Widodo, A. S. (2013). Rancangan Nozzle Waterjet untuk Meningkatkan Kecepatan pada Tank BMP-3F (Infantry Fighting Vehicle). *Jurnal Teknik ITS*, 2(1), G139–G143.
- (16) Widodo, S., & Setyo, A. N. (2008). Perhitungan Kekuatan Rangka Pada Konstruksi Mesin Pembuat Pelet (Pakan Ikan) Dengan Penggerak Motor Listrik. *Majalah Ilmiah Dinamika*, 30(2), 115–124.
- (17) CANFD. (2001). *Modulus Elastisitas*. Retrieved from <http://canbelajar.blogspot.co.id/2011/04/abel-modulus-young-modulus-geser.html>