PERANCANGAN MESIN *AUTO SPRAY* UNTUK *CLEANING CANDLE FILTER*

DESIGN AUTO SPRAY MACHINE FOR CLEANING CANDLE FILTER

**Amri Abdulah^{1*}, Apang Djafar Shieddieque¹, Dede Ardi Rajab¹, Sukarman¹,
Choirul Anwar¹**

¹Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Wastukencana
Jalan Cikopak No 53 Purwakarta 41151, Jawa Barat-Indonesia

E-mail : amri@stt-wastukencana.ac.id

*Kontributor Utama

Abstrak

Penelitian ini membahas perbaikan proses penyemprotan pada tahap pembersihan *candle filter* di PT XYZ, yaitu permasalahan proses penyemprotan manual pada *candle filter* yang tidak efisien. Berdasarkan permasalahan tersebut maka perlu dilakukan proses penyemprotan dengan mesin. Penelitian ini membahas tentang perancangan mesin penyemprot otomatis *candle filter* untuk mengurangi waktu pengerjaan. Mesin ini dirancang untuk berbagai ukuran *candle filter*, dan mesin dapat membersihkan *candle filter* dari luar dan dalam secara bersamaan. Hasil perancangan yaitu mesin *auto spray* memiliki putaran untuk penggerak nosel yaitu 596,1 Rpm dan pemutar *candle filter* 480 Rpm. Kecepatan putaran dirancang dengan RPM yang dapat disesuaikan dan dikontrol oleh *inverter* pada panel. Mesin *auto spray* memiliki konstruksi yang tahan korosi dan kokoh dengan spesifikasi mesin sepanjang 3005 mm x lebar 515 mm x tinggi 1215 mm. Proses penyemprotan menghemat waktu yaitu mencapai 60% yang diperoleh dari perhitungan proses penyemprotan secara manual, dan menggunakan mesin otomatis masing-masing adalah 25 menit 10 menit. Dari segi kualitas, hasil penyemprotan menggunakan mesin juga lebih baik. Dari 40 sampel yang diuji dari setiap proses, nilai rata-rata partikel saat menggunakan mesin, dan secara manual masing-masing adalah 5,36 gram dan 23,6 gram.

Kata Kunci: *nozzle, spray, cleaning, candle, filter*

Abstract

This research discusses the spray process's improvement at the filter candle cleaning stage at PT XYZ. The spray at the filter candle has an inefficient manual process. Based on this problem, it is necessary to do the spray process by machine. This research discusses the design of an auto spray machine for candle filters to reduce processing time. The machines are designed for various sizes of filter candles, and they can clean the candle filter from the outside and the inside simultaneously. The auto spray machine's results have a rotational speed of the nozzle spray propulsion of 596.1 Rpm and the filter candle player 480 Rpm. Rotation speed was designed by adjustable RPM and controlled by the inverter on the panel. The auto spray machine has a corrosion-resistant and robust construction with a 3005 mm long machine specification x 515 mm wide x 1215 mm high. The spray process saves time by reaching 60%, which is obtained from the calculation of the spray process manually, and using an automatic machine is 25 minutes and 10 minutes, respectively. From a quality point of view, the machine spray results are also better. The 40 samples tested from each

process, the mean values of particles when using the machine, and manually were 5.36 grams and 23.6 grams, respectively.

Keywords : Nozzle, Spray, Cleaning, Candle, Filter

PENDAHULUAN

Di Industri polimerisasi banyak menggunakan saringan (*filter*) yang fungsinya untuk menyaring kotoran atau partikel yang terbawa oleh polimer (Raehse 1989), ada bermacam – macam model saringan untuk produk polimer salah satunya yaitu tipe *candle*.

Gambar 1. *Candle filter*

Candle filter merupakan saringan yang bentuknya menyerupai lilin yaitu bulat dan panjang (Ushiki and Tien 1989), fungsinya yaitu untuk menyaring kotoran pada waktu proses polimerisasi sedang berlangsung dari satu tangki reaktor ke tangki reaktor lainnya. Proses pembersihan *filter* terdiri dari 8 tahapan yaitu :

a. <i>Hydrolisis</i>	e. <i>Ultrasonic machine</i>
b. <i>Spray</i>	f. <i>Drying oven</i>
c. <i>Chemical proses</i>	g. <i>Test deposit</i>
d. <i>Spray</i>	h. <i>Bubble test</i>

Tahapan ke 2 dan ke 4 yaitu tahapan *spray* saat ini masih dilakukan secara manual, *spray* manual adalah proses pembersihan *candle filter* dengan cara menyemprotkan air bertekanan tinggi (*water jet*) ke bagian luar maupun bagian dalam *candle filter*, semburan air yang keluar dari *nozzle-gun* di arahkan langsung oleh operator. Proses *spray* 1 buah *candle filter* memerlukan waktu selama 25 menit jika dilakukan secara manual. Melihat latar belakang proses pembersihan *candle filter* diatas maka perlu dilakukan suatu analisa dalam proses pembersihan untuk menghemat waktu pengerjaan. Penelitian dan perancangan mesin untuk menghemat waktu pengerjaan proses *spray* dilakukan di lokasi pengguna yang membutuhkan yaitu PT XYZ

yang bergerak dalam memproduksi polimer di daerah Purwakarta.

TINJAUAN PUSTAKA

Pembersihan untuk *polymer textile* dan *bottle grade filter* pada dasarnya menghilangkan kontaminan polimer, TiO_2 dan *additive* di *mesh pack filter*, ada dua metode yang lazim digunakan untuk menghilangkan polimer pada *mesh pack filter* yakni dengan proses hidrolisis dan proses perendaman menggunakan TEG (Jo Joong-yeon et al. 2013). Titanium dioksida (TiO_2) dan *additive* lainnya dihilangkan dengan perendaman pada larutan kimia didalam tangki. Untuk mengefektifkan agar partikel-partikel kontaminan keluar dari *mesh pack filter* digunakan proses fisik, yakni proses *spray* menggunakan *water jet* (Guha, Barron, and Balachandar 2011), (Cirqueira, Tanabe, and Aguiar 2019) dan proses menggunakan frekuensi getaran pada *ultrasonic machine*.

a. Hidrolisis

Definisi hidrolisis adalah reaksi kimia yang memecah molekul air (H_2O) menjadi kation hidrogen (H^+) dan anion hidroksida (OH^-) melalui suatu proses kimia. Proses ini biasanya digunakan untuk memecah polimer tertentu, terutama yang dibuat melalui polimerisasi tumbuh bertahap (*step-growth polimerization*). Kata "hidrolisis" berasal dari bahasa Yunani *hydro* "air" + *lysis* "pemisahan" (Bitar 2019) Sistem ini menggunakan cairan TEG yang di panaskan di tangki dengan suhu 280°C selama 12 jam, dengan pengaturan waktu dan suhu tersebut diharapkan kontaminan polimer yang menempel di *filter* akan larut oleh TEG.

b. *Spray* pertama

Pada proses *spray* pertama yaitu menggunakan *water jet*, tekanan air disetting 100 bar dan air yang bertekanan tersebut diarahkan ke permukaan luar dan bagian dalam *candle filter*.

c. Chemical Proses

Untuk menghilangkan TiO_2 yang masih tertinggal di *mesh pack filter* maka di reaksi dengan larutan NaOH 13.5 % dengan cara di rendam dan dipanaskan pada suhu 110°C selama 8 jam yang menghasilkan sodium *hydroxytitanat* (NaHTiO_3) berbentuk *gelatinous* yang mudah di *spray* dengan air. Larutan yang dipakai adalah Osbond 673 untuk proses pembersihan *filter* dari CP1 dan CP3, sedangkan SPC W-38 khusus untuk proses pembersihan *filter* CP2, keduanya harus diperbaharui bila kandungan NaOH dibawah 13.5 %. Pembuatan larutan baru di perlukan jika larutan sebelumnya sudah dipakai 15 *Cycle*. Larutan baru di buat dengan cara memasukan serbuk Osbond 673 sebanyak 200 Kg ke dalam tangki 33-1101 sedangkan SPC W-38 sebanyak 200 kg kedalam tangki 33-1102, yang sudah diisi dengan *demineralized water* sebanyak 800 liter dan larutan di perbaharui dengan memasukan serbuk Osbond 673 atau SPC W-38 sebanyak masing-masing 50 kg ke dalam larutan pada *cycle* 8.

d. Spray kedua

Spray kedua prosesnya sama dengan *spray* pertama yaitu menggunakan *water jet* dengan tekanan disetting 100 bar dan air yang bertekanan tersebut diarahkan ke permukaan luar dan bagian dalam *candle filter*.

e. Menggunakan gaya getar

Partikel yang berada di *mesh pack filter* digetarkan oleh elektroda sehingga timbul getaran dengan frekuensi 45 kHz dan partikel yang menempel akan keluar akibat gaya getar. Alat ini dinamakan "*Ultrasonic Machine*".

f. Drying Oven

Tujuan dari pengeringan *candle filter* menggunakan *drying oven* yaitu agar terjadi penguapan air yang masih terdapat saat proses *spray* pada *candle filter* sehingga berat deposit yang tertinggal di *filter* dapat diketahui, ada dua peralatan yang digunakan untuk pengeringan yaitu dengan menggunakan *drying oven* dan *preheating cabinet*.

g. Deposit test

Siapkan timbangan untuk menimbang *candle filter*, timbangan tersebut sebelumnya dikalibrasi terlebih dahulu, lalu satu per satu timbang *candle filter* dan catat pada buku laporan *deposit test*. Selanjutnya data berat hasil penimbangan dibandingkan dengan berat *candle filter* awal. Apabila setelah di timbang berat *candle filter* lebih dari 5 gram dari *cycle* sebelumnya maka *filter* tersebut harus di lakukan proses pembersihan ulang sampai kenaikan beratnya tidak melebihi 5 gram dari *cycle* sebelumnya.

h. Bubble Test

Tujuan utama dari proses *bubble test* adalah untuk mengetahui kerusakan/ kebocoran *mesh pack* dari *candle filter* (Nvbop 2018) (Hayashi, Douhara, and Kashino 2014). Prinsip dasarnya adalah *mesh pack* dari *candle filter* direndam pada larutan isopropil alkohol yang diatur ketinggian permukaannya. Ujung bagian bawah *candle filter* dipasang adaptor yang dilengkapi pipa untuk mengalirkan udara dari bagian dalam *mesh pack*, selanjutnya diatur kecepatan aliran udara yang menuju ke *candle filter*, dari *bubble flow* yang dihasilkan langkah selanjutnya dibandingkan dengan *bubble flow* dari *candle filter* yang baru.

PERANCANGAN

Sebelum merancang suatu produk dibutuhkan konsep awal rancangan dari produk tersebut (Suwandi, Maulana, and Rhapsody 2017).

Dalam pembuatan mesin *auto spray*, yang pertama dilakukan yaitu merancang bentuk, dimensi serta ukuran alat yang sesuai dengan kebutuhan pengguna dan kebutuhan kualitas fungsi mesin.

Konsep desain mesin untuk memenuhi kebutuhan pengguna dapat dilihat pada Tabel 1 diatas. Kualitas pembersihan *candle filter* pada tahapan *spray* yang dilakukan secara manual dipengaruhi juga oleh faktor kesalahan manusia yaitu di antaranya:

- ketidakrataan proses *spray* yang dilakukan langsung oleh manusia,
- ketidak seragaman proses *spray* yang dilakukan oleh operator yang berbeda.

Tabel 1. Kebutuhan dan konsep desain

Kebutuhan	Konsep mesin dan alat yang digunakan
Mudah dioperasikan	Mematikan dan menghidupkan mesin menggunakan tombol On/Off yang disimpan dalam satu panel.
Waktu dapat diatur	Waktu diatur menggunakan <i>timer</i>
Kecepatan putaran dapat diatur	Pengatur putaran motor 1 menggunakan <i>inverter</i> , Motor ini untuk menggerakkan <i>nozzle spray</i> . Pengatur putaran motor 2 juga menggunakan <i>inverter</i> , Motor ini untuk memutar <i>candle filter</i>
Pemasangan dan Pelepasan mudah dilakukan	Mesin menggunakan cekam universal sehingga tidak diperlukan pemusatan benda kerja (<i>Centering</i>) pada mesin.
Serbaguna	Mesin dapat digunakan untuk <i>candle filter</i> dengan ukuran berbeda karena kepala pemutar menggunakan pegas sehingga <i>candle filter</i> yang panjang dan pendek dapat secara cepat dipasang.
Tahan lama	Agar umur pakai mesin bertahan lama, maka peralatan terutama rangka mesin dibuat menggunakan bahan dasar dari <i>stainless steel</i> .
Kualitas baik	Peningkatan kualitas hasil <i>spray</i> yaitu dengan melakukan pemutaran <i>candle filter</i> , ini dimaksudkan untuk meminimalisir ketidakrataan proses <i>spray</i> dan membantu pelepasan partikel-partikel. Kedua, dengan menggunakan mesin arah semprotan air melalui <i>nozzle</i> dapat secara kontinyu mengenai permukaan <i>candle filter</i> .
Kecepatan pengerjaan	Kecepatan proses <i>spray</i> dilakukan dengan menghubungkan gerakan <i>nozzle</i> vertikal dan <i>nozzle</i> horisontal sehingga dapat bergerak bersamaan.

Setelah dilakukan wawancara kebutuhan mesin dan permasalahan yang perlu diperbaiki maka selanjutnya yaitu melakukan pendataan *candle filter*.

Pengambilan Data *Candle Filter*

Mesin *auto spray* yang dirancang, ukurannya menyesuaikan dengan ukuran *candle filter* yang akan di *spray*. Dari pendataan lapangan yang dapat dilihat pada Tabel 2. diambil kesimpulan bahwa panjang mesin *auto-spray* yang akan dibuat minimal 1000 mm dan maksimal 1020 mm.

Tabel 2. Ukuran *candle filter*

Candle Filter	A	B	C	D	E	Unit	Keterangan
CP1	1000	960	58.8	62.5	52.5	mm	Pre-poli
CP1	520	500	14	14	14	mm	Rama 1
CP1	520	500	14	14	14	mm	Rama 3
CP1	1008	975	50	51	43.5	mm	Rama 2
CP1	1008	975	50	51	43.5	mm	PSF
CP2	1013	970	57	56	46.5	mm	Poli
CP3	1020	970	48	49	38	mm	Poli
CP3	1020	970	48	49	38	mm	POY
CP3	1020	970	48	49	38	mm	PSF

Membuat Gambar Rancangan

Membuat gambar rancangan atau gambar kerja, Pembuatan gambar kerja diterapkan pada gambar 2 dimensi disertai ukuran selengkap mungkin, Melakukan perhitungan terhadap komponen-komponen alat yang dirancang seperti rasio putaran atau kekuatan bahan. Komponen – komponen mesin *auto spray*

1. Motor listrik penggerak *nozzle*

Mesin *auto spray* menggunakan dua motor listrik, motor yang pertama untuk menggerakkan maju dan mundur *nozzle*.

Putaran motor listrik dirubah menjadi gerak maju dan mundur menggunakan poros berulir dan mur (*nozzle adaptor*) dengan spesifikasi motor sebagai berikut:

- Merek = Bharat bijle
- Volt = 415
- Putaran maksimum = 1395 Rpm
- Daya = 0.75 Kw
- Frekuensi = 50 Hertz .

Kecepatan putaran yang direncanakan:

$$\text{Reduksi putaran sabuk-v} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

$$\text{Putaran input (n1)} = 1395 \text{ Rpm}$$

$$\text{Diameter puli motor (d1)} = 53 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter puli Shaft-screw (d2)} = 124 \text{ mm}$$

$$\frac{1395}{n_2} = \frac{124}{53}, \quad n_2 = 596,1 \text{ rpm}$$

Gambar 2. Rancangan mesin *auto spray*

Keterangan gambar:

1. Motor penggerak	7. Nozzle horisontal
2. Puli dan sabuk-v	8. Motor penggerak
3. Poros	9. Kopling flens
4. Adaptor nozzle spray	10. Kepala pemutar
5. Nozzle vertikal	11. Cekam universal
6. Pelat pembawa	12. Rangka mesin
A. Inlet water	B. Inlet water

2. Puli dan sabuk-v (*Pulley and V-Belt*)

Bagian penggerak *nozzle*, sistem transmisinya menggunakan puli dan sabuk-v yang komponennya terdiri dari motor listrik, puli 1, puli 2, sabuk-v dan poros. Puli dan sabuk-v adalah alat untuk meneruskan daya dari penggerak ke yang digerakan, mekanisme yang bekerja pada sistem transmisi ini berawal dari motor listrik ditransmisikan ke Puli 1 yang kemudian menggunakan sabuk-v, daya ditransmisikan ke Puli 2 sehingga poros berulir (*shaft screw*) dapat berputar.

3. Poros berulir (*Shaft screw*)

Shaft screw yang digerakan oleh motor berfungsi untuk menggerakkan *nozzle* horisontal dan vertikal yang terikat di *adaptor*. Pergerakan *nozzle spray* yaitu maju dan mundur dengan batas tertentu yang disesuaikan dengan panjang *candle filter*, Diameter *shaft screw* pada posisi puli yaitu Ø25 mm, Pada posisi ulir Diameter Mayor (DM) = Ø 30 mm, Diameter Pitch (Dp) = 28,5 mm, Diameter Minor (Dm) = Ø 27 mm, Pitch = L = 3mm.

4. Adaptor nozzle spray

Adaptor nozzle spray merupakan pasangan dari poros berulir (*Shaft screw*) seperti halnya Baut dan Mur, *nozzle spray* vertikal terikat langsung di *adaptor*, sedangkan untuk mengikat *nozzle spray* horisontal pada *adaptor* menggunakan alat bantu berupa pelat pembawa sehingga kedua *nozzle* dapat bergerak bersamaan.

Gambar 3. Adaptor nozzle spray

5. Nozzle spray vertikal

Nozzle spray vertikal berfungsi untuk penyemprotan *candle filter* bagian luar.

6. Pelat pembawa

Pelat pembawa berfungsi mengikat *nozzle spray* horisontal.

7. Nozzle spray horisontal

Nozzle spray horisontal berfungsi untuk penyemprotan *candle filter* bagian dalam.

8. Motor penggerak *candle filter*

Motor listrik ini berfungsi untuk memutar, sehingga *candle filter* berputar dengan kecepatan tinggi yang akan mendapatkan hasil *spray* yang merata dan selain itu dengan adanya gaya yang dihasilkan oleh putaran motor dapat mempercepat proses *spray* dari *candle filter*. Motor yang digunakan mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

a. Merek	= Allweiler AG
b. Volt	= 380
c. Putaran Maksimal	= 3000 Rpm
d. Daya	= 0,75 kW
e. Frekuensi	= 50 Hertz .

Motor ini dilengkapi dengan pengatur kecepatan putaran yaitu menggunakan *inverter* (Siemens 2006) agar memudahkan operator dalam

menaikkan atau menurunkan kecepatan putaran motor.

Putaran motor yang direncanakan :

Putaran output motor = 480 Rpm
 Putaran maksimal (n1) = 3000 Rpm
 Frekuensi maksimal (f1) = 50 Hz
 Putaran yang direncanakan (n2) = 480 Rpm
 frekuensi yang digunakan (f2) = ?

$$f2 = \frac{480}{3000} \times 50 = 8 \text{ Hz}$$

9. Kopling flens kaku

Bagian pemutar *candle filter*, sistem transmisinya menggunakan kopling flens kaku sehingga putaran motor listrik langsung diteruskan ke poros penggerak *candle filter*, komponennya terdiri dari motor listrik, kopling flens kaku, poros, dan kepala pemutar. Kopling flens (JIS-B 1451-1962) dengan diameter poros 24 mm maka didapat ukuran kopling flens kaku, yaitu : A= 112, B=75, C= 45, L = 40, n = 4, F = 11.2 mm, Bahan flens = FC 20.(Sularso and Suga 1996)

10. Kepala Pemutar *candle filter*

Kepala pemutar dalam mesin *auto spray* berfungsi untuk memutar dan menahan beban dari *candle filter*.

Gambar 4. Kepala pemutar dan asesoris

Ujung benda kerja lainnya di jepit oleh cekam (*universal chuck*), pada bagian kepala pemutar ada tambahan pegas (*spring*) sehingga perbedaan panjang *candle filter* dapat di atasi.

A. Perhitungan ukuran dan beban pegas yang diperlukan (Sigley, Mitchel, and Harahap, n.d.):

- Beban maksimum $W1 = 10 \text{ kg}$
- Lendutan (δ) = 25 – 50 mm
- Panjang bebas (H) = 72 mm

d. Diameter lilitan (D) = 37 mm

e. Diameter kawat (d) = 2,9 mm

Bahan kawat yang digunakan adalah bahan kawat tahan korosi di pilih SUS 27 dengan data sebagai berikut :

Modulus geser $G = 7500(\text{kg/mm}^2)$
 $\tau_a = 70, \tau_d = 70 \times 0,8 = 56 (\text{Kg/mm}^2)$

Tegangan geser (t) :

$$t = K \left[\frac{8 DW}{\pi d^3} \right]$$

Harga indeks $c = D/d = 37/2,9 = 12,75$

Faktor tegangan dari wahl :

$$K = \frac{4c - 1}{4c - 4} + \frac{0,615}{c} = 1,11$$

$$t = 1,11 \left[\frac{8 \times 37 \times 10}{3,14 \times 2,9^3} \right]$$

$t = 42,90 (\text{kg/mm}^2)$

$t < t_d, 42,90 < 56, (\text{Baik untuk digunakan})$

Jumlah Lilitan Aktif (n) :

$$\delta = \left[\frac{8n \times D^3 \times W}{d^4 \times G} \right]$$

$$50 = \left[\frac{8n \times 37^3 \times 10}{2,9^4 \times 7500} \right]$$

$$n = 6,54 \rightarrow 6$$

Lendutan total (δ_{total}) :

$$\delta = 50 \times \left[\frac{6}{6,54} \right]$$

$\delta = 45,87 \rightarrow (25 - 50), \text{Baik}$

Lendutan efektif (δ_{Efektif}) :

$$45,87 - (72 - 54,25) = 28,12 \text{ mm}$$

Konstanta pegas :

$$k = \frac{W}{\delta} = 0,21 \text{ kg/mm}$$

Beban awal terpasang (W_o) :

$W_o = (\text{Panjang bebas} - \text{Panjang awal terpasang}) \times \text{konstanta} = 3,72 \text{ kg}$

B. Perhitungan poros penggerak *candle filter* (Sigley, Mitchel, and Harahap, n.d.) adalah sebagai berikut:

- a. Daya motor (P) = 0,75 kW
- b. Putaran motor (n1) = 480 Rpm
- c. Faktor koreksi (Fc) = 1,5
- d. Daya rencana :
(Pd) = 1,5 x 0,75 = 1,125 kW
- e. Momen puntir/momen rencana:
 $T = 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n_1} = 2282,8 \text{ Kg. mm}$
- f. Beban poros:

Gambar 5. Beban poros

- g. Kesenjangan beban poros
F1 = 2 Kg   F2 = 2,6 Kg
X1 = 156 x 2 = 120 mm
 $\sum M = 0$
M = (F2)(X2) - (F1)(X1)
M = (2,6 x 120) - (2 x 156)
M = 0
- h. Harga momen :
MVA = (-F1) (X1)
MVA = 2 x 156 = - 312 Kg.mm
MVB = (F2) (X2)
MVB = 2,6 x 120 = 312 Kg.mm
- i. Bahan poros yang digunakan adalah S 30 C dengan kekuatan tarik $\sigma_b = 48$ (kg/mm²)
Dimana diketahui:
Sf1 = 6,0   Sf2 = 1,3 – 3,0

Tegangan geser yang diizinkan :
(τ_a) = $\sigma_b / (Sf1 \times Sf2) = 2,66 \text{ Kg/mm}^2$
Km = 2,0 dan Kt = 1,5
- j. Diameter poros penggerak *candle filter*

$$d_s \geq \left[\frac{5,1}{\tau_a} \sqrt{(Km.M)^2 + (Kt.T)^2} \right]^{1/3}$$

$$d_s \geq 18,25 \rightarrow \text{dipilih } \varnothing 24 \text{ mm}$$

11. Cekam Universal

Cekam yang digunakan adalah cekam universal (*Universal chuck*) berfungsi sebagai penjepit *candle filter*, *universal chuck* menjadi pilihan karena mudah dalam pemusatan (*centering*) sumbu *candle filter* dengan ukuran diameter yang berbeda.

Gambar 6. Cekam universal dan asesoris

12. Rangka

Rangka mesin *auto spray* berfungsi untuk tempat atau dudukan seluruh komponen-komponen mesin *auto spray*, bahannya menggunakan besi siku *stainless steel* 50 x 50 x 5 mm, dirancang agar kuat dan tahan terhadap korosi. Sambungannya menggunakan las listrik dengan elektroda SS $\varnothing 2,6 \text{ mm}$.

Gambar 7. Pembuatan rangka mesin

13. Sistem kendali / kontrol

Agar memudahkan proses *spray*, mesin dibantu dengan sistem kendali (Regtien 2012), alat yang digunakan dijelaskan dibawah ini:

a. *Inverter*

Inverter berfungsi sebagai pengendali putaran motor listrik dengan cara merubah frekuensi (Hz) putaran motor listrik, pada mesin *auto spray* ini *inverter* digunakan agar perubahan kecepatan putaran dapat dirubah dengan cepat sesuai kebutuhan. *Inverter* yang digunakan adalah siemens micromaster 440.(Siemens 2006)(Siemens 2005)(Haryanto 2011)

b. *Limit switch*

Limit switch merupakan jenis saklar yang dilengkapi dengan katup yang berfungsi menggantikan tombol. Prinsip kerja *limit switch* sama seperti saklar *Push ON* yaitu hanya akan menghubungkan pada saat katupnya ditekan pada batas penekanan tertentu yang telah ditentukan dan akan memutuskan saat katup tidak ditekan. pada mesin *auto spray*, *limit switch* terdapat pada bagian penggerak *nozzle spray*, gerakan *nozzle spray* yaitu maju dan mundur sesuai panjang *candle filter*, *limit switch* yang digunakan yaitu 2 buah untuk membatasi arah maju dan arah mundur *nozzle spray*.

c. *Timer*

TDR (*Time Delay Relay*) sering disebut juga *relay timer* atau *relay penunda batas waktu*, banyak digunakan dalam instalasi motor terutama instalasi yang membutuhkan pengaturan waktu secara otomatis. *Relay* yang menggunakan prinsip elektronik, terdiri dari rangkaian R dan C yang dihubungkan seri atau paralel, bila tegangan sinyal telah mengisi penuh kapasitor, maka *relay* akan terhubung.

Tahap Perakitan

Setelah komponen - komponen telah ada dan rangka mesin selesai dibuat maka selanjutnya ketahap perakitan komponen. Hal yang akan dilakukan dalam perakitan ini adalah sebagai berikut:

- Pasang puli pada motor 1(penggerak *nozzle spray*) dan *mounting* motor 1 pada rangka mesin
- Pasang *adaftor nozzle* pada *shaft screw*
- Pasang *bearing* F205 dua buah pada kedua ujung *shaft screw*
- Pasang *shaft screw* pada rangka dan kencangkan baut pengikat

- Pasang sabuk-V (*V-belt*)
- Pasang *nozzle spray* vertikal dan pelat pembawa *nozzle spray* horisontal pada *adaftor nozzle*.
- Pasang *limit switch* pada rangka mesin dan setting jaraknya
- Perakitan komponen kepala pemutar (kepala pemutar, *spring*, pin, penahan, *circlip*, *oil seal*, *bearing*, dan *bearing bracket*) setelah selesai lalu pasang kepala pemutar pada rangka mesin,
- Pasang kopling pada *shaft* kepala pemutar
- Pasang kopling pada motor 2 (Penggerak *candle filter*) dan *mounting* motor 2 pada rangka mesin
- Perakitan komponen *universal chuck* yang terdiri dari *universal chuck*, *hollow shaft*, *bearing*, *circlip*.
- Pasang *universal chuck* pada rangka mesin

Prosedur Pengujian Mesin Auto Spray

Uji kinerja mesin merupakan sebuah langkah pengujian terhadap sebuah mesin, uji kinerja ini bertujuan untuk mengetahui kualitas / efektifitas dari mesin.

Berikut langkah - langkah dalam melaksanakan prosedur pengujian pada mesin *auto spray* sebagai berikut :

- Pasang *candle filter* pada mesin *auto spray*
- Setting waktu proses *spray* pada panel ON/OFF
- Jalankan mesin *water jet* dengan tekanan air 100 Bar
- Jalankan mesin dengan menekan tombol ON pada panel
- Setelah selesai mencapai waktu yang telah ditentukan dan mesin berhenti maka lepaskan *candle filter* dari mesin
- Hitung waktu dari mulai pemasangan *candle filter*, proses pembersihan *candle filter*, sampai *candle filter* dilepaskan dari mesin

Pengujian Kualitas Hasil Spray

Pengujian kualitas hasil *spray*, menggunakan metode perhitungan berat sampel uji *candle filter* yang dibersihkan, yaitu (Total deposit = Berat setelah pembersihan dikurangi berat asli dari *candle filter*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pengujian kinerja mesin, mesin *auto spray* ini memiliki kelebihan dan kekurangan sebagai berikut :

Kelebihan Mesin *Auto Spray*

Keuntungan / Kelebihan mesin *auto spray* yaitu tenaga penggerak manusia (manual) digantikan dengan tenaga penggerak motor listrik / mesin.

Kelemahan Mesin *Auto Spray*

Setelah dilakukan pengujian mesin, masih didapatkan kelemahan sebagai berikut :

- Gerakan maju mundurnya *nozzle spray* vertikal kurang stabil / goyang dikarenakan getaran yang ditimbulkan baik oleh tekanan air maupun putaran poros.
- Belum adanya *casing* yang menyebabkan pantulan air pada waktu *spray* menyebar ke segala arah, sehingga menyebabkan operator kurang nyaman dalam bekerja.

Tabel 3. Perbandingan *spray* manual dan *auto*

Parameter	Manual	Auto <i>spray</i>
Operator	Operator terus menerus berada dilokasi melakukan pembersihan (<i>spray</i>)	Operator dapat meninggalkan tempat pembersihan (<i>spray</i>) selama waktu seting
Waktu	Tidak dapat diatur	Waktu diatur dengan pasti
Gerakan	Gerakan tidak pasti	Gerakan Pasti
Penempatan <i>candle filter</i>	Mudah	Mudah
Kecepatan	Lama	cepat

Hasil perancangan adalah berupa mesin *auto spray* untuk *candle filter*. Alat tersebut mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 4. Spesifikasi mesin *auto spray*

Nama alat	Mesin <i>auto spray</i>
Dimensi rangka (P x L x T)	3005 x 515 x 1215
Candle Filter :	
Panjang	1000 – 1020 mm,
Diameter	Ø 48 – 58,8 mm
Bahan Rangka :	<i>Stainless steel 304</i>
Kecepatan Putaran :	
Poros penggerak	596,1 Rpm
Poros pemutar	480 Rpm
Transmisi :	
Poros penggerak	Puli dan sabuk-v
Poros pemutar	Kopling flens kaku
Daya dan Putaran motor :	
Motor penggerak <i>nozzle</i>	0,75 kW, 1395 Rpm
Motor pemutar <i>candle</i>	0,75 kW, 3000 Rpm
Sistem kendali :	
Frekuensi (Hz) motor	<i>Inverter</i>
Waktu	<i>Timer / TDR</i>
Pembatas Jarak	<i>Limit Switch</i>
<i>Start / Stop</i>	Tombol ON / OFF

Kualitas Hasil *Spray*

Kualitas hasil *spray* yang didapat dari perhitungan berat *candle filter* dapat dilihat pada Tabel 5 bahwa proses *spray* untuk *candle filter* yang dilakukan menggunakan mesin mendapatkan hasil yang lebih baik dibandingkan pembersihan dengan cara manual.

Jumlah *candle filter* yang diuji yaitu sebanyak 40 buah yang diberi kode AF1 sampai dengan AF40 , lalu hasil uji dirata-rata sehingga didapat kualitas hasil pembersihan menggunakan mesin *auto spray*.

Dari hasil pengujian yang dapat dilihat pada Tabel 5, terdapat partikel sebesar 5,36 gram pada proses *spray* menggunakan mesin dan 23,6 gram dengan cara manual. Hasil ini didapat dengan cara menimbang *candle filter* setelah dilakukan pembersihan lalu dikurangi berat asli dari *candle filter*, hasil yang baik ini terjadi dikarenakan mesin *auto spray* melakukan pemutaran *candle filter* saat pembersihan berlangsung, sehingga membantu mengeluarkan partikel-partikel yang menempel pada *candle filter*.

Tabel 5. Hasil uji berat *candle filter*

Candles No	Original (gram)	Manual (gram)	Auto (gram)
AF01	1972.43	1993.74	1977.48
AF02	1967.05	1994.17	1971.86
AF03	1991.50	2016.54	1997.75
AF04	1997.33	2023.07	2002.89
AF05	1967.05	1988.16	1972.44
AF06	1968.40	1987.74	1972.55
AF07	2001.35	2030.59	2006.74
AF08	2000.90	2020.52	2005.14
AF09	1967.05	1989.76	1971.60
AF10	1981.51	2004.71	1986.82
AF11	1958.95	1977.42	1966.80
AF12	1974.89	2004.09	1981.24
AF13	2001.60	2028.06	2007.35
AF14	1987.98	2012.06	1994.38
AF15	2030.15	2049.49	2035.35
AF16	2001.46	2023.20	2007.92
AF17	2032.90	2053.60	2040.66
AF18	2037.30	2061.08	2042.12
AF19	2028.75	2056.98	2036.15
AF20	2002.22	2025.43	2006.47
AF21	2029.55	2056.84	2034.79
AF22	1973.77	1996.02	1979.80
AF23	2008.55	2035.35	2012.40
AF24	1979.68	1999.69	1984.47
AF25	1970.45	1991.86	1975.21
AF26	2011.25	2034.73	2015.54
AF27	1977.87	2000.14	1985.43
AF28	1991.28	2012.54	1996.62
AF29	1983.88	2008.06	1987.67
AF30	1972.15	1993.15	1977.77
AF31	2031.38	2053.94	2036.45
AF32	1973.89	1993.18	1978.50
AF33	1966.23	1988.91	1970.98
AF34	1982.15	2006.78	1987.93
AF35	1982.28	2002.18	1987.51
AF36	1994.30	2024.38	1999.62
AF37	1998.83	2028.26	2004.09
AF38	1999.20	2025.63	2003.42
AF39	1978.18	2004.09	1982.67
AF40	1975.25	1998.70	1980.86
Rata-rata	1991.27	2014.87	1996.64
Total Deposit =		23.60	5.36

Efisiensi Waktu Proses *Spray*

Efisiensi yang dihasilkan dari perancangan mesin *auto spray* dapat dilihat di Tabel 3. yaitu dengan membandingkan pengerjaan *spray* manual

dan sesudah di lakukan perancangan mesin *auto spray*.

Pada Tabel 6. Parameter utama dari efisiensi yang dihasilkan yaitu pengerjaan *spray* yang awalnya dilakukan dua kali yaitu pertama pembersihan bagian luar *candle filter* lalu kedua pembersihan bagian dalam, menjadi satu kali pengerjaan, kemudian efisiensi berikutnya yaitu pada saat memutar *candle filter* sewaktu pembersihan, dari hasil wawancara dan pengamatan, pengerjaan *spray* dengan cara manual memerlukan waktu keseluruhan yaitu 25 menit, sedangkan setelah menggunakan mesin, pengerjaan cukup dilakukan satu kali, lalu *candle filter* juga ikut berputar, agar pembersihan merata ke semua permukaan bagian dalam dan bagian luar, yang memerlukan waktu 10 menit. Dari perhitungan waktu pengerjaan *spray* terdapat selisih waktu yaitu 15 menit, sehingga efisiensi waktu dapat dihitung yaitu $(15 \text{ menit} / 25 \text{ menit}) \times 100\% = 60\%$.

Tabel 6. Perbandingan waktu *spray*

	Jumlah /3 bulan	<i>Spray</i> manual		<i>Auto spray</i>	
		Waktu (Menit)	Total (Menit)	Waktu (Menit)	Total (Menit)
Pre-poli	423	25	10575	10	4230
Rama 2	19	25	475	10	190
PSF1	28	25	700	10	280
PET	480	25	12000	10	4800
POLY3	60	25	1500	10	600
POY	50	25	1250	10	500
PSF3	30	25	750	10	300

KESIMPULAN

Perancangan mesin *auto spray* ini dapat disimpulkan bahwa proses *spray* dengan menggunakan mesin dapat menghemat waktu sampai 60% yang dihitung dari selisih waktu sebesar 15 menit dari sebelumnya yaitu lama waktu proses *spray* manual adalah 25 menit menjadi 10 menit jika menggunakan mesin, proses *spray* menjadi mudah karena mesin didesain otomatis mengerjakan *spray*, operator hanya memasang dan melepas *filter* di mesin, waktu serta putaran dapat di setel sesuai kebutuhan karena menggunakan *inverter* dan *limit switch* serta *timer*. Rangka mesin didesain tahan korosi, dipilih jenis material siku SS 304, mesin di desain mampu melakukan *spray* untuk berbagai macam ukuran *candle filter* karena penjepitnya

menggunakan *universal chuck* dan untuk menahan beban aksial menggunakan *spring* sehingga memudahkan dalam memasang dan melepaskan *candle filter*. Dari hasil uji kualitas pembersihan didapat hasil yang lebih baik jika menggunakan mesin dibandingkan dengan cara manual, dari jumlah 40 buah sampel yang uji terdapat nilai rata-rata partikel 5,36 gram pada proses *spray* menggunakan mesin dan 23,6 gram dengan cara manual. Mengenai studi kelayakan dan analisa tekno ekonomi akan dibahas pada tulisan selanjutnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis pada kesempatan ini mengucapkan terimakasih kepada Bapak A.Hanan dan Head of Departement Maintenance yang telah membantu dalam penelitian, sehingga penelitian berjalan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Bitar. 2019. "Pengertian Hidrolisis." 2019.
- Cirqueira, Samirys Sara Rodrigues, Eduardo Hiromitsu Tanabe, and Mônica Lopes Aguiar. 2019. "Experimental Investigation of Particle Deposition in Filter Media during Filtration Cycles with Regeneration by Pulse Jet Cleaning." *Process Safety and Environmental Protection* 127: 288–98. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.05.013>.
- Guha, Anirban, Ronald M. Barron, and Ram Balachandar. 2011. "An Experimental and Numerical Study of Water Jet Cleaning Process." *Journal of Materials Processing Technology* 211 (4): 610–18. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2010.11.017>.
- Haryanto, Heri. 2011. "Pembuatan Modul Inverter Sebagai Kendali Kecepatan Putaran Motor Induksi." *Rekayasa* 4 (1): 9–20.
- Hayashi, Kazutaka, Kazumasa Douhara, and Genro Kashino. 2014. "Evaluation of the Bubble Point Test of a 0.22-Mm Membrane Filter Used for the Sterilizing Filtration of PET Radiopharmaceuticals." *Annals of Nuclear Medicine* 28 (6): 586–92. <https://doi.org/10.1007/s12149-014-0830-0>.
- Jo Joong-yeon et al. 2013. Cleaning method of a polymer filter for producing a polyester, issued 2013.
- Nvbop. 2018. "Bubble Point Testing Procedure."
- Raehse, Wilfried Dr et al. 1989. Method and apparatus for separating and cleaning cellulose ethers and other cellulose derivatives. DE3729268A1, issued 1989.
- Regtien, Paul P.L. 2012. "Sensors for Mechatronics." In *Sensors for Mechatronics*. The Netherlands: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-391497-2.00001-7>.
- Siemens. 2005. *Micromaster 440 (0,12 KW-250 KW) Operating Instructions (Compact)*.
- . 2006. *Micromaster 440 Parameter List*.
- Sigley, Joseph E, Larry D Mitchel, and Gandhi Harahap. n.d. *Perencanaan Teknik Mesin*. 4th ed.
- Sularso, and K Suga. 1996. *Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin*. Edited by Pradinya Paramita. Jakarta: Erlangga.
- Suwandi, Agri, Eka Maulana, and Febrian Dio Rhapsody. 2017. "Perancangan Sepeda Statis Penghasil Energi Listrik Yang Ergonomis." *Flywheel III* (2): 24–31.
- Ushiki, K., and C. Tien. 1989. "Analysis of Filter Candle Performance." *Powder Technology* 58 (4): 243–58. [https://doi.org/10.1016/0032-5910\(89\)80051-8](https://doi.org/10.1016/0032-5910(89)80051-8).