

Analisis Kapasitas dan Efisiensi Pembersihan Mesin Pembersih Biji-Bijian Sistem Blower untuk Produksi Pakan Burung Olahan

(Cleaning Capacity and Efficiency Analyses of Blower System Cleaning Machine for Seed Cleaning in Bird Food Production)

ROFARSYAM

ABSTRACT

The optimum cleaning capacity and efficiency of seed processing in bird food production have been investigated by employing dimensional analysis. The types of grains, grain weight, blowing speed, height and width of grain-fall were varied in order to obtain the capacity, processing time and the cleaning degree data of the machine under investigation. The data were then analyzed to determine the product capacity-processing parameter, and efficiency-processing parameter relationships. It was concluded that two mathematical models of product capacity-processing parameter relationship and efficiency-processing parameter relationship were governed from this study. These mathematical models can be further used as a reference for determining the dimensions in manufacturing and operation blower system cleaning machine, in order to achieve its maximum cleaning capacity and efficiency.

Keywords: cleaning machine, capacity, quality, dimensional analysis

PENDAHULUAN

Biji-bijian yang banyak digunakan sebagai bahan baku pakan burung olahan adalah biji wijen, jewawut, butiran jagung yang telah dicacah, beras merah, padi merah, beras hitam, ketan hitam dan sejenisnya, serta bahan pakan khusus yang diolah menjadi butiran menyerupai biji-bijian yang merupakan olahan pabrik yang belum siap dikonsumsi (Aria, 2006). Salah satu proses yang dilakukan dalam produksi pakan burung olahan adalah proses pembersihan biji-bijian/butiran dari kotoran dan biji yang hampa. Proses pembersihan tersebut lazim dilakukan dengan cara mengayunkan butiran arah naik turun berulang-ulang di atas tampah dengan kedua tangan. Kapasitas cara manual ini sebesar 6 kg/jam oleh satu tenaga kerja dengan kualitas kebersihan 95,5% (Hatmoko, 2008).

Rofarsyam (2008) telah berhasil membuat mesin sistem blower untuk membersihkan butiran atau biji-bijian. Kapasitas mesin tersebut adalah 60 kg/jam, tetapi kualitas

kebersihannya masih relatif rendah, yaitu antara 70% sampai 80%, sehingga diperlukan proses pembersihan ulang. Permasalahan utama pada mesin hasil rancang bangun tersebut di atas adalah: antara dimensi mesin dengan parameter operasional proses tidak sebanding, sehingga parameter-parameter yang mempengaruhi kapasitas kerja maupun efisiensi tidak seperti yang diharapkan. Agar mesin pembersih biji-bijian pakan burung olahan sistem blower hasil rancang bangun tersebut mencapai kualitas yang maksimal sesuai dengan kapasitas yang dihasilkan, maka dimensi mesin harus sesuai dengan operasional proses.

Untuk mendapatkan dimensi mesin yang sesuai dengan kapasitas kerja dan persentase kebersihan, maka dilakukan pengujian mesin tersebut dengan memvariasikan parameter-parameter yang mempengaruhi kapasitas kerja dan efisiensi secara bergantian. Penentuan atau pemilihan variasi parameter-parameter pengujian tersebut didasarkan pada hasil analisis dimensi.

Data yang diperoleh kemudian dianalisis, sehingga didapatkan model matematis hubungan kapasitas kerja dengan parameter-parameter yang mempengaruhinya dan hubungan kualitas dengan parameter-parameter yang berpengaruh.

Beberapa mesin hasil rancang bangun telah menerapkan parameter-parameter dimensi dan operasional proses sebagai fungsi kapasitas dan telah berhasil mencapai kualitas yang maksimal sesuai dengan kapasitas yang dicapai. Risfaheri (2006) mengembangkan mesin pembersih kulit lada putih sistem gesek putar lempengan horizontal. Mesin tersebut memiliki kapasitas kerja 10 kg/jam dengan kualitas pengupasan 97,5%. Suhendra (2010) telah mengembangkan mesin pembersih kulit lada sistem gesek putar silinder vertikal dengan pendekatan analisis dimensi. Kapasitas kerja yang dihasilkan sebesar 10 kg/jam dengan kualitas pengupasan 98%. Prihatman (2006) mengembangkan mesin pembersih bulu ayam dengan sistem gesek putar. Kualitas pencabutan bulu 99% setiap ekor dan kapasitas kerja 60 ekor/jam. Hatmoko (2008) berhasil membuat mesin perontok dan pembersih jiwawut sistem blower dengan kapasitas 60 kg/jam pada efisiensi kualitas 85%. Beernady (2006) melaporkan kapasitas dan efisiensi kualitas mesin perontok dan pembersih gabah hasil penelitian yang telah dilakukan dengan menerapkan analisis dimensi adalah kapasitas 65 kg/jam dan efisiensi 96%.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengaplikasikan metode eksperimental dan metode analitis dari data rancangan pengujian. Metode eksperimental mengimplementasikan pengujian mesin pembersihan biji-bijian/butiran bahan baku pakan burung olahan. Metode analitis untuk rancangan pengujian dan pengolahan data, yaitu menggunakan analisis dimensi teori *phi-Buckingham*.

Bahan dan Alat

Bahan pengujian dari berbagai jenis butiran dipilih dan dijadikan tiga kelompok yang pembagiannya didasarkan pada berat biji, ukuran biji, dan massa jenis biji. Masing-masing kelompok mewakili spesifikasi jenis kelompoknya. Ketiga kelompok bahan uji tersebut disajikan pada Tabel 1.

Peralatan yang digunakan adalah sebuah mesin pembersih butiran sistem blower. Spesifikasi variasi tinggi jatuh vertikal (H) dan lebar jatuh horizontal butiran terhadap stoper (L) masing-masing adalah 25 cm, 30 cm dan 35 cm. Diameter blower (D) divariasikan berukuran 20 cm, 25 cm, dan 30 cm. Variasi waktu proses adalah 60 detik, 90 detik dan 120 detik, variasi kecepatan putar blower adalah 90 rpm, 120 rpm dan 150 rpm. Skema mekanisme kerja mesin pembersih butiran sistem blower ditunjukkan pada Gambar 1. Selain mesin, alat yang digunakan adalah : neraca analog dan neraca digital 3 digit, tumpah, *stopwatch*, dan meteran.

Dasar teori penelitian

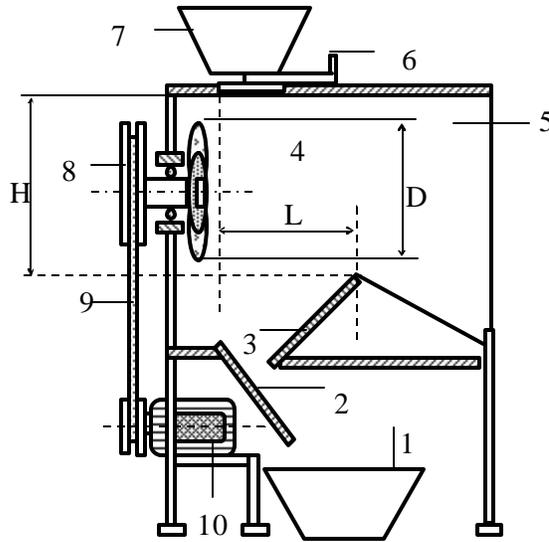
Agar dihasilkan model matematis hubungan antara kapasitas dan parameter-parameter yang mempengaruhinya, serta hubungan antara kualitas dan parameter yang berpengaruh, maka salah satunya diperlukan analisis dimensi. Teori yang digunakan adalah teori *phi-Buckingham*.

1. Analisis kapasitas kerja mesin

Variabel-variabel yang dapat mempengaruhi kapasitas proses pembersihan biji-bijian bahan pakan burung adalah: berat biji-bijian (W), kecepatan putar blower (n), lebar jatuh horizontal terhadap stoper (L), tinggi jatuh vertikal (H), dan diameter blower (D), sedangkan Q adalah kapasitas kerja mesin dan t merupakan waktu proses, selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 2.

TABEL 1. Biji-bijian atau butiran sebagai bahan uji pada mesin pembersih sistem blower

Kelompok I Sampel A	Kelompok II Sampel B	Kelompok III Sampel C
Wijen	Padi dan beras ketan hitam	Butiran olahan pabrik
Menir padi, beras ketan hitam dan merah dan jiwawut	Padi dan beras ketan merah	Jagung cacahan, butiran olahan dari umbi-umbian



Keterangan nomer gambar dan penjelasannya :

1. Bak penampung hasil pembersihan
2. Saluran hasil ke penampung
3. Stopper.
4. Blower
5. Ruang pembersihan dan saluran pembuangan
6. Stoper pengatur masukan
7. Hoper
8. Puli
9. Sabuk
10. Motor listrik

L : lebar jatuh horizontal ke stopper
 H : tinggi jatuh ke stop per
 D : diameter blower

GAMBAR 1. Skema mekanisme kerja mesin pembersih biji-bijian

TABEL 2. Variabel yang mempengaruhi kapasitas (Q)

No	Variabel	Notasi	Satuan	Dimensi
Variabel konstruksi				
1	Tinggi jatuh vertikal bahan	H	m	L
2	Lebar jatuh horizontal	L	m	L
3	Diameter blower	D	m	L
Proses				
1	Berat bahan	W	kg	M
2	Kecepatan putar	n	$\frac{1}{dt}$	T^{-1}
Dependen (variable tak bebas)				
1	Kapasitas	Q	$\frac{kg}{dt}$	$M T^{-1}$
2	Waktu	t	dt	T

Kapasitas kerja mesin dapat dirumuskan dengan Persamaan (1).

$$Q = f(W, n, t, H, L, D). \tag{1}$$

Pada Persamaan (1) terdapat tujuh variabel yang dapat disusun seperti di bawah ini.

$$Q^a, W^b, n^c, t^d, H^e, L^f, D^g = C$$

Bilangan tanpa dimensi Persamaan (1) tersebut adalah :

$$(M T^{-1})^a (M)^b (T^{-1})^c (T)^d (L)^e (L)^f (L)^g = C$$

$$M : a + b = 0 ; \quad L : e + f + g = 0 ;$$

$$T : -a - c + d = 0$$

Matrik determinan persamaan tersebut disusun sebagai berikut :

	Q	W	n	t	H	L	D
	a	b	c	d	e	f	g
M	1	1	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	1	1	1
T	-1	0	-1	1	0	0	0

Szirtes (2007) menyatakan jika jumlah bilangan berdimensi ada sejumlah X dari sejumlah variabel Y, maka rumus bilangan tak berdimensi adalah $Z = Y - X$. Jumlah variabel ada enam yaitu : Q, W, n, t, H, L dan D, sedangkan jumlah bilangan berdimensi ada

tiga yaitu : M, L, dan T, maka dihasilkan empat bilangan tak berdimensi. Empat bilangan tak berdimensi tersebut dinotasikan sebagai p_1, p_2, p_3 dan p_4 .

Untuk mendapat parameter dari masing-masing 4 bilangan tak berdimensi tersebut dilakukan pemilihan kelompok variabel guna mendapatkan nilai determinan lebih besar dari nol. Kelompok tersebut disusun sebagai berikut:

Q	n	H	Q	n
a	c	e	a	c
1	0	0	1	0
0	0	1	0	0
-1	-1	0	-1	-1

Hasil determinan adalah : $(0 + 0 + 0) - (0 - 1 + 0) = (0) - (-1) = 1$

Kemudian : b, d, f, g dibandingkan dengan a, c, e

Untuk $b = 1$ maka $(d, f, g) = 0$

M : $a + b = 0$; $a + 1 = 0$; $a = -1$

L : $e + f + g = 0$; $e + 0 + 0 = 0$; $e = 0$

T : $-a - c + d = 0$; $-a - c + 0 = 0$; $1 - c = 0$; $c = 1$

$(Q)^{-1} (W)^1 (n)^1 = p_1$

$$p_1 = \frac{Q}{W \cdot n}$$

Selanjutnya dengan cara yang sama akan didapatkan:

$$p_2 = (t \cdot n), p_3 = \frac{L}{H}, p_4 = \frac{D}{H}$$

p_1 merupakan fungsi dari p_2, p_3, p_4 dan ditulis sebagai Persamaan (2).

$$\text{Log } \frac{Q}{W \cdot n} = \text{Log } C + a \text{ Log } (t \cdot n) + b \text{ log } \left(\frac{L}{H} \right) + c \text{ log } \left(\frac{D}{H} \right) \quad (2)$$

$$Q = C (W \cdot n) (t \cdot n)^a \left(\frac{L}{H} \right)^b \left(\frac{D}{H} \right)^c \quad (3)$$

2. Analisis persentasi kebersihan

Variabel yang mempengaruhi persentasi atau kualitas pembersihan ditunjukkan pada Tabel 3. Persamaan efisiensi dapat dirumuskan pada Persamaan (4).

$$? = f(W, n, t, H, L, D) \quad (4)$$

Pada Persamaan (4) ini terdapat tujuh variabel yang dapat disusun seperti di bawah ini.

$$C ?^a, W^b, n^c, t^d, H^e, L^f, D^g = 1 \quad (5)$$

Bilangan tanpa dimensi Persamaan (5) tersebut adalah :

$$(0)^a (M)^b (T^{-1})^c (T)^d (L)^e (L)^f (L)^g = 1$$

$$M : b = 1$$

$$L : e + f + g = 1$$

$$T : -c + d = 1$$

Matrik determinan persamaan tersebut disusun sebagai berikut :

	?	W	N	t	H	L	D
	a	b	C	d	e	f	g
M	0	1	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	1	1	1
T	0	0	-1	1	0	0	0

Kelompok determinan bernilai lebih besar dari nol dinyatakan sebagai:

W	n	H	W	n
b	c	e	b	c
1	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	-1	0	0	1

Hasil determinan adalah : $(0 + 0 + 0) - (0 - 1 + 0) = (0) - (-1) = 1$

Kemudian : a, d, f, g dibandingkan dengan b, c, e

TABEL 3. Variabel yang mempengaruhi persentasi pembersih (?)

No	Variabel	Notasi	Satuan	Dimensi
Variabel konstruksi				
1	Tinggi jatuh vertikal bahan	H	m	L
2	Lebar jatuh horizontal	L	m	L
3	Diameter blower	D	m	L
Proses				
1	Berat bahan	W	kg	M
2	Kecepatan putar	n	$\frac{1}{dt}$	T^{-1}
Dependen (variabel tak bebas)				
1	Persentasi pembersih (efisiensi)	?	-	-
2	Waktu	t	dt	T

Untuk $a = 1$ maka $(d, f, g) = 0$

$$M : b = 0 \quad ; b = 0$$

$$L : e + f + g = 0 \quad ; e + 0 + 0 = 0$$

$$T : -c + d = 0 \quad ; -c + 0 = 0$$

$(?)^1 (W)^0 (n)^0 (H)^0 = p_4 \quad p_4 = (?)$,
dengan cara yang sama didapatkan :

$$p_5 = (t \cdot n), \quad p_6 = \left(\frac{L}{H}\right), \quad p_7 = \left(\frac{D}{H}\right)$$

p_4 merupakan fungsi dari p_5 , p_6 dan p_7
ditulis pada Persamaan (6).

$$\text{Log } (?) = \text{Log } C + d \text{ Log } (t \cdot n) + e \text{ log } \left(\frac{L}{H}\right) + f \text{ log } \left(\frac{D}{H}\right) \quad (6)$$

$$(?) = C (t \cdot n)^d \left(\frac{L}{H}\right)^e \left(\frac{D}{H}\right)^f \quad (7)$$

3. Rancangan pengujian

Berdasarkan hasil analisis dimensi variabel-variabel yang berpengaruh terhadap kapasitas proses pembersihan, maka variasi perlakuan pada pengujian yang dilakukan sebagai berikut :

- a. Menentukan hubungan $\left(\frac{Q}{W \cdot n}\right)$ terhadap $(t \cdot n)$ yang divariasi, tetapi $\left(\frac{L}{H}\right)$, $\left(\frac{D}{H}\right)$ konstan serta hubungan (?) terhadap $(t \cdot n)$ yang divariasi, tetapi $\left(\frac{L}{H}\right)$, $\left(\frac{D}{H}\right)$ konstan.

- b. Menentukan hubungan (?) terhadap $\left(\frac{L}{H}\right)$ yang divariasi, tetapi $(t \cdot n)$ dan $\left(\frac{D}{H}\right)$ konstan serta hubungan (?) terhadap $\left(\frac{L}{H}\right)$ yang divariasi, tetapi $(t \cdot n)$ dan $\left(\frac{D}{H}\right)$ konstan.

- c. Menentukan hubungan (?) terhadap $\left(\frac{D}{H}\right)$ yang divariasi, tetapi $(t \cdot n)$ dan $\left(\frac{L}{H}\right)$ konstan serta hubungan (?) terhadap $\left(\frac{D}{H}\right)$ yang divariasi, tetapi $(t \cdot n)$ dan $\left(\frac{L}{H}\right)$ konstan.

4. Pengujian mesin

- a. Butiran (W) ditimbang dengan timbangan digital 3 digit, sesuai dengan berat yang direncanakan mengikuti rancangan percobaan. Variasi berat kelompok biji wijen: $W_A = 0,6 \text{ kg}$; $0,8 \text{ kg}$ dan $1,2 \text{ kg}$. Demikian pula variasi berat yang sama untuk kelompok padi hitam W_B dan kelompok butiran olahan pabrik W_C .
- b. Tinggi jatuh vertikal (H) diatur dengan variasi jarak: $0,25 \text{ m}$, $0,30 \text{ m}$ dan $0,35 \text{ m}$, dan lebar jatuh horizontal (L) dengan variasi jarak yang sama.
- c. Mesin dihidupkan dengan mengatur putaran melalui pengatur putaran (*inventer*) dan waktu proses menggunakan alat pengatur waktu (*stopwatch*) yang disesuaikan dengan

rancangan percobaan. Variasi kecepatan $n = 60$ rpm, 90 rpm dan 120 rpm, sedangkan variasi waktu proses $t = 60$ det, 90 det, dan 120 det.

- d. Setelah proses pembersihan sesuai waktu yang ditentukan mesin dimatikan.
- e. Hasil proses pembersihan (W) diambil, selanjutnya ditimbang beratnya dengan timbangan digital tiga digit. (W) adalah berat butiran total proses yang merupakan notasi umum dari W_A , W_B dan W_C , artinya W kelompok wijen adalah W_A , W kelompok padi hitam adalah W_B dan W kelompok olahan W_C .
- f. Dilakukan pemisahan antara (W_1) dengan (W_2), ($W = W_1 + W_2$) dengan cara manual memakai tampah. W_1 merupakan berat butiran inti dan W_2 adalah berat butiran hampa dan kotoran
- g. Menghitung kapasitas butiran bersih hasil proses dengan Persamaan (8).

$$Q = \left(\frac{W}{t} \right) \tag{8}$$

dan menghitung persentasi atau efisiensi kebersihan hasil proses dengan rumus

$$? = \frac{W_1}{W} \times 100 \% \tag{9}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4. Selanjutnya data ditransformasi ke dalam bentuk

$$p_1 = \left(\frac{Q}{W \cdot n} \right), p_6 = (?), p_2 = (t \cdot n), p_3 = \left(\frac{L}{H} \right) \text{ dan } p_4 = \left(\frac{D}{H} \right).$$

Selanjutnya data tersebut ditransformasi ke dalam bentuk $\log\left(\frac{Q}{W \cdot n}\right), \log(?), \log(t \cdot n), \log\left(\frac{L}{H}\right)$ dan $\log\left(\frac{D}{H}\right)$ yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Kemudian nilai-nilai transformasi \log dimasukkan ke dalam Persamaan (2) untuk kapasitas (Q) dan Persamaan (6) untuk persentasi kebersihan (?), masing-masing 21 persamaan. Persamaan kapasitas adalah:

$$\begin{aligned} \text{Log } \frac{Q}{W \cdot n} \text{ (1)} &= \log C_{(1)} + a \log (t \cdot n) \text{ (1)} + \\ &b \log \left(\frac{L}{H} \right) \text{ (1)} + c \text{Log } \left(\frac{D}{H} \right) \text{ (1)} \end{aligned} \tag{10}$$

sampai dengan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Log } \frac{Q}{W \cdot n} \text{ (21)} &= \log C_{(21)} + a \log (t \cdot n) \text{ (21)} + \\ &b \log \left(\frac{L}{H} \right) \text{ (21)} + c \log \left(\frac{D}{H} \right) \text{ (21)} \end{aligned} \tag{11}$$

Persamaan persentasi pembersihan adalah:

$$\begin{aligned} \text{Log } (?) \text{ (1)} &= \log C_{k(1)} + a_k \log (t \cdot n) \text{ (1)} + \\ &b_k \log \left(\frac{L}{H} \right) \text{ (1)} + c_k \text{Log } \left(\frac{D}{H} \right) \text{ (1)} \end{aligned} \tag{12}$$

sampai dengan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Log } (?) \text{ (21)} &= \log C_{k(21)} + a_k \log (t \cdot n) \text{ (21)} + \\ &b_k \log \left(\frac{L}{H} \right) \text{ (21)} + c_k \log \left(\frac{D}{H} \right) \text{ (21)} \end{aligned} \tag{13}$$

Dengan bantuan program SPSS (Santoso, 2006), nilai konstanta K dan nilai koefisien a, b dan c masing-masing untuk kapasitas dan efisiensi ditunjukkan pada Tabel 6.

Koefisien dan konstanta untuk kapasitas ; $a_1 = -1,003$; $b_1 = -0,275$, $c = 0,340$ dan $\text{Log } C_1 = 3,556$ ($C_1 = 10^{3,556}$) dimasukkan pada Persamaan (3), sehingga terbentuk Persamaan (14) yang disebut model matematis kapasitas kinerja mesin pembersih. Untuk efisiensi kualitas : $a_2 = -0,003$, $b_2 = -0,275$, $c_2 = 0,340$ dan $\log C_2 = 2$ ($C_2 = 10^2$) dimasukkan ke dalam Persamaan (5) menjadi Persamaan (8), selanjutnya disebut model efisiensi kebersihan butiran.

Karena rasio $\text{Log} \left(\frac{Q}{W \cdot n} \right), \text{Log} (?), \text{Log} (t \cdot n), \text{Log} \left(\frac{L}{H} \right)$ dan $\log \left(\frac{D}{H} \right)$ signifikan mempengaruhi nilai Q dan (?), maka Persamaan (14) dapat digunakan untuk menghitung kapasitas pembersih sebagai kinerja mesin yang sesungguhnya dan Persamaan (15) untuk menghitung efisiensi persentasi kualitas hasil proses.

TABEL 4. Data pengamatan kapasitas (Q) & kualitas kebersihan (?) mesin pembersih sistem blower

No	W kg	H m	L m	D m	n rpd	t det	W1 kg	W2 kg	Q1 kg/der	QP kg/jam	?P %
1	1,2	0,25	0,3	0,3	1,5	60	1,19	0,01	0,019833	71,4	99,166667
2	1,2	0,25	0,3	0,3	1,5	60	1,18	0,02	0,019667	70,8	98,333333
3	1,2	0,25	0,3	0,3	1,5	60	1,185	0,015	0,01975	71,1	98,75
4	1,2	0,3	0,3	0,3	1,5	60	1,18	0,02	0,019667	70,8	98,333333
5	1,2	0,3	0,3	0,3	1,5	60	1,185	0,015	0,01975	71,1	98,75
6	1,2	0,3	0,3	0,3	1,5	60	1,18	0,02	0,019667	70,8	98,333333
7	1,2	0,35	0,3	0,3	1,5	60	1,175	0,025	0,019583	70,5	97,916667
8	1,2	0,35	0,3	0,3	1,5	60	1,17	0,03	0,0195	70,2	97,5
9	1,2	0,35	0,3	0,3	1,5	60	1,175	0,025	0,019583	70,5	97,916667
10	1,2	0,25	0,3	0,25	1,5	60	1,155	0,045	0,01925	69,3	96,25
11	1,2	0,25	0,3	0,25	1,5	60	1,15	0,05	0,019167	69	95,833333
12	1,2	0,25	0,3	0,25	1,5	60	1,15	0,05	0,019167	69	95,833333
13	1,2	0,25	0,3	0,2	1,5	60	1,05	0,15	0,0175	63	87,5
14	1,2	0,25	0,3	0,2	1,5	60	1,05	0,15	0,0175	63	87,5
15	1,2	0,25	0,3	0,2	1,5	60	1	0,2	0,016667	60	83,333333
16	1,2	0,25	0,3	0,3	2	60	1,195	0,005	0,019917	71,7	99,583333
17	1,2	0,25	0,3	0,3	2	60	1,194	0,006	0,0199	71,64	99,5
18	1,2	0,25	0,3	0,3	2	60	1,196	0,004	0,019933	71,76	99,666667
19	1,2	0,25	0,3	0,3	2,5	60	1,198	0,002	0,019967	71,88	99,833333
20	1,2	0,25	0,3	0,3	2,5	60	1,198	0,002	0,019967	71,88	99,833333
21	1,2	0,25	0,3	0,3	2,5	60	1,196	0,004	0,019933	71,76	99,666667

TABEL 5. Data transformasi dalam bentuk p dan Log p

Data transformasi dalam bentuk p					Data transformasi dalam bentuk Log p				
Q/W.n	t.n	L/H	D/H	?P	Log(Q/W.n)	Log(t.n)	Log(L/H)	Log(D/H)	Log(?P)
p1	p2	p3	p4	p5	p1	p2	p3	p4	p5
39,667	90	1,2	1,2	66,111	1,5984257	1,9542	0,07918	0,07918	1,996
39,333	90	1,2	1,2	65,556	1,5947608	1,9542	0,07918	0,07918	1,993
39,5	90	1,2	1,2	65,833	1,5965971	1,9542	0,07918	0,07918	1,995
39,333	90	1	1	65,556	1,5947608	1,9542	0	0	1,993
39,5	90	1	1	65,833	1,5965971	1,9542	0	0	1,995
39,333	90	1	1	65,556	1,5947608	1,9542	0	0	1,993
39,167	90	0,857	0,857	65,278	1,5929166	1,9542	-0,0669	-0,06695	1,991
39	90	0,857	0,857	65	1,5910646	1,9542	-0,0669	-0,06695	1,989
39,167	90	0,857	0,857	65,278	1,5929166	1,9542	-0,0669	-0,06695	1,991
38,5	90	1,2	1	64,167	1,5854607	1,9542	0,07918	0	1,983
38,333	90	1,2	1	63,889	1,5835766	1,9542	0,07918	0	1,982
38,333	90	1,2	1	63,889	1,5835766	1,9542	0,07918	0	1,982
35	90	1,2	0,8	58,333	1,544068	1,9542	0,07918	-0,09691	1,942
35	90	1,2	0,8	58,333	1,544068	1,9542	0,07918	-0,09691	1,942
33,333	90	1,2	0,8	55,556	1,5228787	1,9542	0,07918	-0,09691	1,921

Keterangan untuk Tabel 4 dan Tabel 5 :

W : berat butiran,

H : tinggi jatuh vertikal,

L : lebar jatuh horizontal,

D : diameter blower,

n : kecepatan putar blower,

t : waktu proses,

W1 : berat butiran inti,

W2 : berat butiran hampa dan kotoran,

QP : kapasitas pengamatan,

?P : kualitas/efisiensi kebersihan pengamatan

TABEL 6. Nilai konstanta dan koefisien p_1 sampai dengan p_8

Notasi		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig
		B	Std. Error	Beta		
Untuk Kapasitas						
Log (Q/W _{B.n})	K ₁	3,556	0,044	-	81,011	0,000,-
Log (t . n)	a ₁	- 1,003	0,022	- 1,080	- 45,513	0,000,-
Log (L/H)	b ₁	- 0,275	0,030	- 0,194	- 9,072	0,000,-
Log (D/H)	c ₁	0,340	0,029	0,300	11,894	0,000,-
Untuk Persentasi Pembersihan						
Log (?)	K ₂	2	0,044	-	45,555	0,000,-
Log (t . n)	a ₂	- 0,003	0,022	0,011	- 0,127	0,900,-
Log (L/H)	b ₂	- 0,275	0,030	- 0,698	- 9,072	0,000,-
Log (D/H)	c ₂	0,340	0,029	1,078	11,894	0,000,-

$$Q = 10^{3,556} \cdot (W \cdot n) \times \left[(t \cdot n)^{-0,003} \left(\frac{L}{H} \right)^{-0,275} \left(\frac{D}{H} \right)^{0,340} \right] \quad (14)$$

dan

$$? = 10^2 \left((t \cdot n)^{-0,003} \left(\frac{L}{H} \right)^{-0,275} \left(\frac{D}{H} \right)^{0,340} \right) \quad (15)$$

Batasan penggunaan kedua model persamaan tersebut adalah :

- Nilai $(t \cdot n) = 90$ sampai dengan 150
- Nilai $\left(\frac{L}{H} \right) = 0,86$ sampai 1,2
- Nilai $\left(\frac{D}{H} \right) = 0,8$ sampai 1,2
- Nilai $\frac{Q}{W \cdot n} = 23,9$ sampai 29,7
- Nilai $(?) = 40$ sampai 66

Pengujian model

Model diuji dengan menghitung kapasitas (QH) masing-masing sampel uji dengan Persamaan (14), kemudian dibandingkan dengan kapasitas hasil pengamatan langsung (QP), hasilnya ditunjukkan pada Gambar 2. Selanjutnya menghitung efisiensi kualitas (?H) kebersihan butir hasil proses dengan Persamaan (15) dan dibandingkan dengan efisiensi kualitas hasil pengamatan langsung (?P), hasilnya ditunjukkan pada Gambar 3.

Dapat dilihat dari Gambar 2, hubungan QP terhadap QH berupa garis linier dengan gradient positif, sehingga kenaikan kapasitas pengamatan diikuti kenaikan hasil hitungan.

Jika QP naik sebesar:

$$\frac{69,3 - 64,98}{64,98} \times 100\% = 6,65\%,$$

maka nilai QH menjadi naik sebesar:

$$= \frac{60 - 52,15}{52,15} \times 100\% = 15\%,$$

sehingga kenaikan QH terhadap QP adalah 2,26. Dengan demikian kapasitas hasil hitung (QH) terhadap kapasitas hasil pengamatan (QP) menunjukkan hasil yang valid dengan nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,98$.

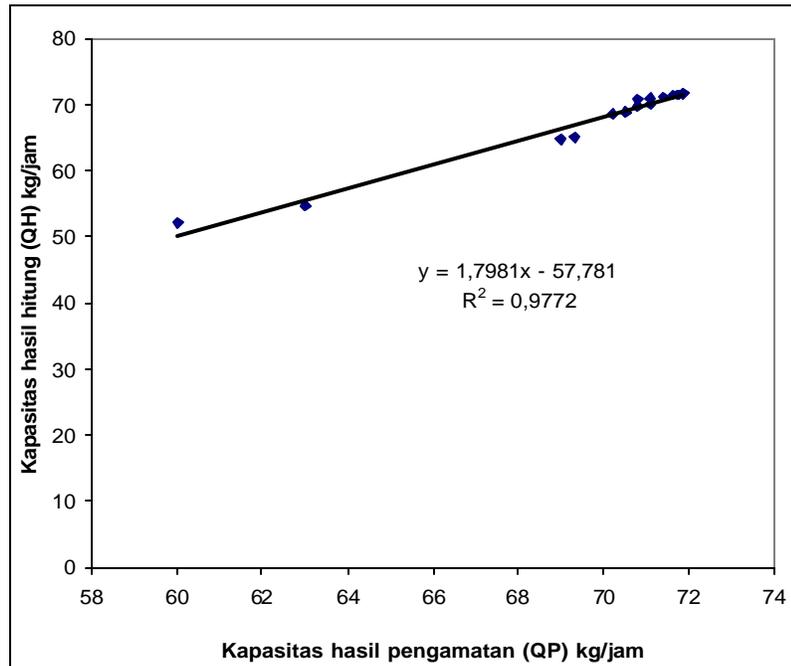
Gambar 3 menunjukkan hubungan efisiensi kualitas hasil hitung (?H) terhadap pengamatan (?P), menunjukkan hubungan linier kenaikan (?P) diikuti kenaikan (?H). Jika (?P) naik sebesar:

$$\frac{97,5 - 87}{87} \times 100\% = 12\%,$$

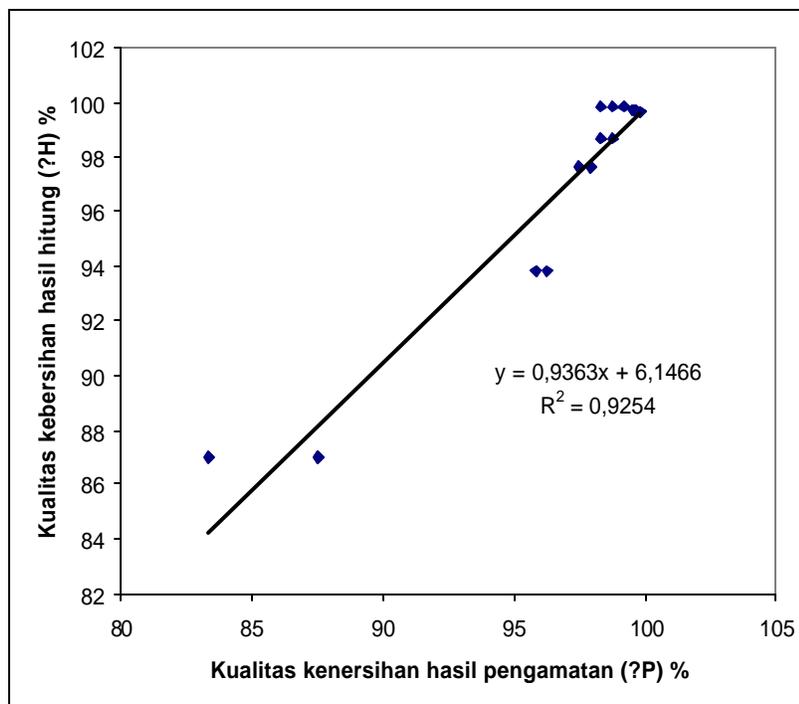
maka kenaikan (?H) adalah:

$$\frac{97,8 - 87,5}{87,5} \times 100\% = 11,8\%,$$

sehingga kenaikan (?H) terhadap (?P) dapat dihitung sebesar 0,98. Dengan demikian, hubungan (?H) dengan (?P) cukup valid pada nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,93$.



GAMBAR 2. Perbandingan (QH) terhadap (QP)



GAMBAR 3. Perbandingan (?H) terhadap (?P)

Uji-T model

Untuk mengetahui kapasitas hitung (QH) dengan kapasitas pengamatan (QP) apakah terdapat perbedaan atau tidak, maka dilakukan Uji-T. Demikian pula halnya dengan (? H) terhadap (? P) dilakukan Uji-T, agar dapat diambil kesimpulan apakah ada perbedaan atau sebaliknya.

1. Hasil program SPSS Uji-T untuk kapasitas.

Kapasitas pengamatan rata-rata adalah QP = 69,58 kg/det, sedangkan kapasitas rata-rata hitung QH = 67,32 kg/det. Hasil korelasi antara QP dengan QH menghasilkan nilai 0,989 dan nilai probabilitas jauh di bawah 0,05 (5%) serta nilai output signifikansi 0,000 (Santoso, 2006). Dengan demikian korelasi antara QP dengan QH sangat berhubungan secara nyata.

Hipotesis :

Ho = QP dengan QH tidak beda secara nyata atau sama

Hi = QP dengan QH beda secara nyata atau tidak sama

Keputusan :

jika $t \text{ hitung} > t \text{ tabel}$ maka Ho ditolak, jika $t \text{ hitung} < t \text{ tabel}$ maka Ho diterima.

Pada tabel hasil perhitungan SPSS $t \text{ hitung} = 3,669$, diambil tingkat signifikansi (α) adalah 5 % dan uji dua sisi karena disebutkan 2 *tailed test*, sehingga masing-masing sisi menjadi 5% dibagi dua = 0,025. Untuk df derajat kebebasan adalah $N - 1 = 21 - 1 = 20$, maka tabel T-Test, $N = 20$, $t \text{ tabel} = 4,960$ (Harinaldi, 2005).

Kesimpulan yang dihasilkan adalah $t \text{ hitung} = 3,669$ berada di daerah penerimaan, yaitu $t \text{ hitung} < t \text{ tabel}$ atau $3,669 < 4,960$, sehingga Ho diterima, artinya QP dengan QH tidak beda secara nyata atau dikatakan sama.

2. Hasil program SPSS Uji-T untuk efisiensi kualitas pembersihan.

Kualitas pengamatan rata-rata (? P) = 96,63 [kg/det], sedangkan kualitas rata-rata hitung (? H) = 96,63 kg/det. Hasil korelasi antara (? P) dengan (? H) menghasilkan nilai 0,962 dan nilai probabilitas jauh di bawah 0,05

(5%) serta nilai output signifikansi 0,000. Dengan demikian korelasi antara (? P) dengan (? H) sangat berhubungan secara nyata.

Hipotesis :

Ho = (? P) dengan (? H) tidak beda secara nyata atau sama

Hi = (? P) dengan (? H) beda secara nyata atau tidak sama

Keputusan :

jika $t \text{ hitung} > t \text{ tabel}$ maka Ho ditolak, jika $t \text{ hitung} < t \text{ tabel}$ maka Ho diterima.

Pada tabel hasil perhitungan SPSS $t \text{ hitung} = 0,015$, diambil tingkat signifikansi (α) adalah 5 % dan uji dua sisi karena disebutkan 2 *tailed test*, sehingga masing-masing sisi menjadi 5 % dibagi dua = 0,025. Untuk df derajat kebebasan adalah $N - 1 = 21 - 1 = 20$, maka tabel T-Test, $N = 20$, $t \text{ tabel} = 1,052$ (Harinaldi, 2005).

Kesimpulan yang dihasilkan adalah $t \text{ hitung} = 0,015$ berada di daerah terima, $t \text{ hitung} < t \text{ tabel}$ atau $0,015 < 1,052$, sehingga Ho diterima, artinya (? P) dengan (? H) tidak beda secara nyata atau sama.

Setelah dilakukan kajian ini dengan menerapkan analisis dimensi maka kinerja proses pembersihan dapat meningkat. Persentase kebersihan menjadi 99,8% dengan kapasitas 71 kg/jam. Mesin pembersih butiran sistem blower hasil penelitian ini telah digunakan di salah satu industri rumah tangga di Desa Tinom, Kecamatan Godean, Kabupaten Sleman, Yogyakarta. Spesifikasi mesin pembersih tersebut ditunjukkan pada Tabel 7. Perbandingan kualitas hasil antara cara manual, mesin pembersih hasil rancang bangun awal dan mesin hasil penelitian lanjutan tersebut ditunjukkan pada Tabel 8.

KESIMPULAN

Perbaiki mesin pembersih sistem blower untuk membersihkan biji-bijian pakan burung olahan dari butiran hampa dan kotoran dengan menerapkan analisis dimensi, maka menghasilkan kesesuaian antara dimensi mesin dengan parameter proses. Artinya hubungan antara kapasitas kerja dengan parameter-parameter yang berpengaruh terdapat kesesuaian, sehingga efisiensi dapat maksimal dengan kapasitas yang dihasilkan.

TABEL 7. Spesifikasi mesin pembersih butiran sistem blower setelah perbaikan

Nama	:	Mesin pembersih butiran pakan burung olahan
Dimensi utama :		
Panjang, lebar, tinggi [mm]	:	680, 430, 510
Sumber daya	:	Motor listrik ¼ HP, 1400 rpm
Mekanisme kerja :	:	Blower
Diameter	:	20 cm
Tinggi jatuh vertikal	:	25 cm
Lebar jatuh horizontal	:	30 cm
Kecepatan kerja (rpm)	:	120
Kapasitas kerja	:	71 kg/jam
Efisiensi kebersihan	:	99,8 %

TABEL 8. Perbandingan kualitas pembersihan manual, mesin hasil rancang bangun awal dan setelah perbaikan

Metode pembersihan	Kualitas pembersihan (%)	Kapasitas pembersihan (kg/jam)
Manual : butiran diayunkan arah naik turun berulang di atas tampah digerakkan dengan kedua tangan	95,5	6
Mesin pembersih sistem blower rancang bangun: butiran jatuh bebas ditup dengan blower	70 ~ 80	60
Mesin pembersih sistem blower hasil penelitian ini: butiran jatuh bebas ditup dengan blower	99,8	71

Pernyataan tersebut dapat dinyatakan dalam bentuk model matematis sebagai berikut:

$$Q = 10^{3,556} \cdot (W \cdot n) \left[(t \cdot n)^{-0,003} \left(\frac{L}{H} \right)^{-0,275} \left(\frac{D}{H} \right)^{0,340} \right]$$

dan

$$? = 10^2 \left[(t \cdot n)^{-0,003} \left(\frac{L}{H} \right)^{-0,275} \left(\frac{D}{H} \right)^{0,340} \right]$$

Dengan mengacu model ini telah menghasilkan mesin pembersih sistem blower untuk pembersihan berkapasitas 71 kg/jam pada efisiensi kualitas kebersihan 99,8%.

Parameter-parameter dimensi mesin dan operasional proses adalah: tinggi jatuh butiran vertikal (H) = 25 cm, lebar jatuh horizontal 30 cm, diameter blower 30 cm dan kecepatan blower 90 rpm.

Model matematis hasil penelitian ini direkomendasikan sebagai acuan penentuan dimensi dan operasional pengembangan mesin pembersih sistem blower, agar menghasilkan efisiensi pembersihan maksimal sesuai dengan kapasitas kerja yang dihasilkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Disampaikan ucapan terimakasih kepada Bapak Aria Bayu selaku pemilik industri rumah tangga pakan burung olahan yang telah bersedia untuk mendanai dan memberikan fasilitas lainnya, sehingga penelitian perbaikan mesin pembersih tersebut dengan menerapkan analisis dimensi telah berhasil mencapai tujuan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aria, B. (2006). Bahan Baku Produksi Pakan Burung Olahan. Laporan Industri Rumah Tangga Desa Tinom Godean Sleman Yogyakarta. Tidak dipublikasikan.
- Beernady (2006). Mesin pembersih gabah sistem blower. Tesis M.Eng., Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Harinaldi (2005). *Prinsip-prinsip statistik untuk teknik dan sains*. Jakarta: Erlangga.

- Hatmoko (2008). Studi ekspolarasi pakan burung olahan pada industri rumah tangga. *Dimensi*, III(3).
- Prihatman, K (2006). *Mesin pembersih bulu ayam*. Balai Pengembangan Teknologi Tepat Guna Alat-Alat Teknologi Pedesaan. Jakarta: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI).
- Risfaheri, HT. (2006). Rancang bangun alat pembersih lada terpadu. *Buletin Tanaman Rempah dan Obat*, XIII.
- Rofarsyam (2008). Mesin pemisah dan pembersih biji-bijian/butiran sebagai bahan baku pakan burung olahan *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 11(1), 53-62.
- Santoso, S. (2006). *Menguasai statistik di era informasi dengan SPSS 15*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- Suhendra (2010). *Rancang bangun dan pengujian alat pembersih biji lada (Piper Nigrum L) tipe silinder putaran vertikal*. Tesis M.Eng., Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Szirtes, T. (2007). *Applied analysis and modeling*. Oxford: Elsevier Science & Technology.

PENULIS:

Rofarsyam✉

Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Politeknik Negeri Semarang, Jln. Prof. H.Soedarto, S.H. Tembalang, Semarang 50275, Jawa Tengah, Indonesia.

✉Email: arindijanisa@yahoo.com

Diskusi untuk makalah ini dibuka hingga tanggal 1 April 2011 dan akan diterbitkan dalam jurnal edisi Mei 2011.