

ANALISIS KINERJA MESIN PENGUPAS LADA (*Piper Nigrum L.*) TIPE SILINDER PUTARAN VERTIKAL

Performance Analysis of Vertical Axis Rotating Cylinder Type of
Pepper Decorticator

Suhendra¹, Abdul Rozaq², Bambang Purwantana²

¹ Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Terpikat Sambas, Kalimantan Barat; ² Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Bulaksumur, Yogyakarta 55281
Email: aka.suhendra@yahoo.com

ABSTRAK

Lada putih dihasilkan melalui proses pengupasan kulit lada yang dilakukan secara manual atau mekanis. Untuk mengatasi masalah rendahnya kapasitas dan kualitas pengupasan telah dikembangkan rancangbangun mesin pengupas kulit lada dengan sistem gesekan pada silinder dengan putaran poros secara vertikal tanpa melalui proses perendaman. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kinerja pengupasan, kerusakan dan kapasitas kerja mesin. Pendekatan analisis dimensi diterapkan untuk mendapatkan persamaan matematis yang dapat digunakan untuk memprediksi dan merencanakan kinerja mesin berdasarkan variabel rancangbangun dan operasionalnya. Variabel bebas mesin yang divariasikan meliputi kecepatan linier silinder (v), lebar celah (s) dan panjang silinder pengupas (L). Variabel bahan yang dipertimbangkan meliputi diameter bahan (D_b), gaya pengupasan (F_k), dan massa jenis bahan (ρ_b). Dari hasil analisis telah diperoleh persamaan prediksi kinerja mesin yaitu persentase pengupasan (p_k), persentase kerusakan (p_r) dan kapasitas kerja mesin (K_p). Analisis kesesuaian menunjukkan bahwa pada batas keberlakuannya persamaan-persamaan yang diperoleh dapat diterima dan dapat digunakan untuk memprediksi dan merencanakan kinerja mesin yang diinginkan.

Kata kunci: Lada putih, mesin pengupas, poros vertikal, analisis kinerja, prediksi

ABSTRACT

White pepper is produced by decorticating the pericarp of the pepper which commonly be done manually or mechanically. A pepper decorticator without soaking process was developed in order to improve quality and capacity of decortication. The decortication mechanism was designed by shearing the pepper on a gap between a static vertical cylinder and a vertical axis rotating tube. This research was done to analyze the decortication and working performances of the machine. Dimension analysis approach was applied in order to develop a mathematical relation to be used for prediction of the machine performance based on their design and operational variables. The machine variables varied were linear speed of tube (v), width of clearance (s), and length of rotated cylinder (L). The material variables were diameter of pepper (D_b), decortication force (F_k), and density of pepper (ρ_b). From the analysis result, there were defined mathematical equations for prediction of decorticated pepper (p_k), damaged pepper (p_r) and working capacity of the machine (K_p). Validation analysis shows that the equations could be used for prediction and determination of the machine performances needed.

Keywords: White pepper, decorticator, vertical axis, performance analysis, prediction

PENDAHULUAN

Komoditas lada (*Piper nigrum L.*) khususnya lada putih sudah sejak lama dikenal di Indonesia, tetapi sampai saat ini pengolahan lada putih secara umum masih dikerjakan secara

tradisional (Risfaheri dkk., 1992). Pengolahan lada putih secara tradisional dilakukan melalui proses perendaman, pengupasan kulit, pencucian dan pengeringan. Menurut Purselglove *et al.* (1981), tahapan perendaman dalam pengolahan buah lada menjadi lada putih sangat mempengaruhi kualitas dan

aroma lada putih. Proses perendaman merupakan masalah utama dalam menghasilkan lada putih dengan kualitas yang baik.

Pengolahan lada secara tradisional relatif memiliki banyak kelemahan, baik dari segi efisiensi waktu, jumlah tenaga kerja maupun kualitas lada putih yang dihasilkan. Perendaman yang terlalu lama menyebabkan produk menjadi bau dan menyebabkan kandungan minyak atsiri pada lada putih menjadi rendah (Usmiati dan Nurdjannah, 2006). Menurut Rubiyanti (2009), tinggi rendahnya kadar minyak atsiri lada sangat menentukan tinggi rendahnya aroma dalam biji lada. Disamping itu, kebersihan lada putih yang dihasilkan dipengaruhi oleh kualitas air yang digunakan untuk perendaman lada.

Beberapa upaya untuk mengatasi masalah pengupasan lada telah dilakukan antara lain dengan pengembangan proses pengolahan lada secara mekanis. Iskandar (1986) membuat alat pengupas lada tipe sirip (*fin*) menggunakan komponen pengupas yang dibuat menyerupai ulir. Laksmanahardja dan Rusli (1988) mengembangkan alat pengupas lada dengan mendorong buah lada ke dalam saringan berlobang. Hidayat dkk., (2001) telah mengembangkan alat pengupas lada tipe piringan yang digerakkan secara manual dengan sistem engkol. Hasil-hasil penelitian tersebut masih belum menghasilkan kapasitas dan kualitas pengupasan yang memuaskan. Risfaheri dkk., (1992) mengembangkan alat pengupas lada tipe piringan dengan sistem pedal. Alat yang dikembangkan memiliki kapasitas pengupasan yang masih sangat rendah. Risfaheri dan Hidayat (2002) merancang mesin pengupas lada terpadu tipe piringan dengan arah pengupasan horizontal yang memiliki kecepatan optimal 325 rpm dan menghasilkan efisiensi pengupasan 97,5%. Dari lada yang terkupas 93,6% terkupas utuh dan 6,4% lada pecah atau rusak. Alat pengupas ini hanya sesuai untuk tujuan produksi lada putih bubuk, sedangkan untuk produksi lada putih butiran masih kurang optimal karena persentase lada pecah masih cukup tinggi. Dalam penelitian lainnya, Chithra *et al.* (2009) merancang alat pengupas lada menggunakan sepasang gerinda untuk proses pengupasannya. Dilaporkan bahwa efisiensi pengupasan yang dicapai adalah 69,52% sehingga masih perlu ditingkatkan. Dari berbagai upaya yang telah dilakukan tersebut dapat disimpulkan bahwa untuk memperoleh kapasitas dan efisiensi serta kualitas hasil pengupasan yang baik maka pengembangan alat pengupas lada untuk pengolahan lada putih butiran masih perlu terus dilakukan.

Suhendra dkk., (2010), telah mengembangkan rancang-bangun mesin pengupas lada dengan sistem gesekan pada silinder dengan putaran poros secara vertikal. Mekanisme putaran vertikal dipilih dengan harapan dapat menghasilkan kapasitas pengupasan yang besar karena secara gravitasi massa lada akan membantu mempercepat lada yang terkupas turun keluar dari ruang pengupasan. Prinsip kerja pengupasan

dilakukan dengan menempatkan buah lada pada suatu celah atau ruang antara silinder pengupas yang berputar dan dinding silinder statis. Buah lada yang berada pada celah akan melakukan kontak dengan silinder pengupas melalui gerak rotasi silinder pengupas. Buah lada akan ikut bergerak mengelilingi ruang pengupasan dan mendapatkan gaya gesek yang menyebabkan kulit buah terkupas. Lada yang telah terkupas bergerak ke bawah menuju saluran pengeluaran. Hasil penelitian awal menunjukkan bahwa secara fungsional mesin pengupas dapat bekerja sesuai rancangan. Meskipun demikian untuk menentukan parameter kinerja mesin optimal diperlukan banyak perlakuan disain yang akan sangat mahal dan memerlukan waktu panjang. Pendekatan matematis dengan menggunakan analisis dimensi diperhitungkan dapat membantu mengatasi permasalahan ini. Penelitian ini dilakukan dalam rangka analisis kinerja mesin untuk mendapatkan persamaan matematis yang dapat digunakan untuk memprediksi dan merencanakan kinerja pengupasan, kerusakan dan kapasitas kerja dari mesin pengupas lada tipe silinder putaran vertikal tersebut berdasarkan parameter rancang-bangun dan operasionalnya. Hasil penelitian diharapkan dapat dimanfaatkan untuk menentukan parameter kerja mesin terbaik dan untuk meningkatkan kinerja mesin

METODE PENELITIAN

Mesin pengupas lada yang digunakan

Mesin yang digunakan untuk pengujian adalah mesin pengupas lada tipe silinder putaran vertikal hasil rancang-bangun Suhendra dkk., 2010, seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Bagian utama mesin terdiri atas *hopper* dan silinder pengupas. *Hopper* berfungsi sebagai penampung buah lada sebelum memasuki ruang pengupasan. *Hopper* berbentuk kerucut dan



Gambar 1. Mesin pengupas lada tipe silinder putaran vertikal

menjadi satu kesatuan dengan silinder atau tabung luar yang berfungsi sebagai dinding pengupas dan saluran keluar. Silinder pengupas terdiri atas silinder statis di bagian luar dan silinder putar di bagian dalam. Silinder pengupas dilapisi karet untuk mengurangi benturan pada saat proses pengupasan. Mekanisme pengupasan terjadi melalui proses gesekan antara biji lada dengan silinder statis pada sisi luar dan silinder yang berputar pada sisi dalam. Lada yang memasuki celah diantara dua dinding silinder terkupas oleh tekanan dan gaya gesek selama berputar.

Pengujian mesin dilaksanakan di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Pontianak, Kalimantan Barat. Bahan yang diuji adalah lada varietas *Bengkayang* dalam keadaan yang masih segar. Data yang diamati meliputi kecepatan putar mesin, lebar celah, panjang silinder, torsi, jumlah lada terkupas dan jumlah lada rusak.

Percobaan dilakukan pada tiga kecepatan putar pengupasan (352, 480 dan 524 rpm), tiga lebar celah pengupasan (3,8, 3,2 dan 2,7 mm), dan tiga panjang silinder pengupas (5, 7,5 dan 10 cm), dengan masing-masing dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali.

Pengujian dilakukan dengan memasukkan lada seberat 0,2 kg untuk setiap kombinasi perlakuan ke dalam *hopper*. Parameter kinerja yang diamati dan dianalisis meliputi persentase lada yang terkupas, persentase lada yang rusak, dan kapasitas kerja mesin.

Analisis persentase pengupasan dan kerusakan

Analisis persentase pengupasan dan kerusakan dilakukan dengan menentukan variabel bebas bahan dan variabel bebas mesin. Variabel bebas bahan yang diperhitungkan berpengaruh terhadap persentase pengupasan meliputi kebulatan (*sphericity*), diameter dan massa jenis lada, sedangkan variabel bebas mesin meliputi kecepatan linier pengupasan, lebar celah, koefisien gesek pengupas, gaya pengupasan dan panjang silinder pengupas (Tabel 1). Variabel-variabel tersebut digunakan untuk memprediksi persentase pengupasan dan kerusakan.

Tabel 1. Variabel yang mempengaruhi persentase pengupasan dan kerusakan

No	Variabel	Simbol	Satuan	Dimensi
A Variabel bebas				
I Bahan				
1	Sphericity	Φ	-	-
2	Diameter bahan	D_b	m	L
3	Massa jenis bahan	ρ_b	kg/m ³	ML ⁻³

II Mesin				
4	Kecepatan linier pengupas	v	m/s	LT ¹
5	Lebar celah pengupas	s	m	L
6	Koefisien gesek pengupas	μ	-	-
7	Gaya pengupasan	F_k	kg.m/s ²	MLT ²
8	Panjang silinder pengupas	L	m	L
B Variabel tak bebas				
1	Persentase pengupasan	p_k	%	-
2	Persentase kerusakan	p_r	%	-

Berdasarkan variabel yang mempengaruhi persentase pengupasan, maka dapat dituliskan fungsi persentase pengupasan sebagai berikut:

$$p_k = f(\phi, D_b, \rho_b, v, s, \mu, F_k, L) \dots\dots\dots (1)$$

$$C_a p_k^a \phi^b D_b^c \rho_b^d v^e s^f \mu^g F_k^h L^i = 1 \dots\dots\dots (2)$$

Berdasarkan ketentuan teori phi-Buckingham maka persamaan tersebut ditransfer ke dalam bentuk notasi dimensi sebagai berikut:

$$[0]^a [0]^b [L]^c [ML^{-3}]^d [LT^{-1}]^e [L]^f [0]^g [MLT^{-2}]^h [L]^i \dots\dots\dots (3)$$

Selanjutnya dilakukan pemilihan kelompok variabel guna mendapatkan nilai determinan lebih besar dari nol, dan diperoleh bilangan-bilangan tak berdimensi di bawah ini:

$$\pi_1 = p_k, \pi_2 = \phi, \pi_3 = \left(\frac{s}{D_b}\right), \pi_4 = \mu, \pi_5 = \left(\frac{F_k}{D_b^2 \rho_b v^2}\right), \text{ dan } \pi_6 = \left(\frac{L}{D_b}\right)$$

π_1 sebagai fungsi π_2 sampai dengan π_6 , dinyatakan dengan:

Dengan menganggap bahwa nilai ϕ seragam dan μ adalah konstan, maka setelah persamaan tersebut diselesaikan, diperoleh persamaan fungsi persentase pengupasan (p_k) sebagai berikut:

$$p_k = f\left[\frac{s}{D_b}, \frac{F_k}{D_b^2 \rho_b v^2}, \frac{L}{D_b}\right] \dots\dots\dots (4)$$

Dengan cara yang sama, maka diperoleh persamaan fungsi persentase kerusakan (p_r) sebagai berikut:

$$p_r = f\left[\frac{s}{D_b}, \frac{F_k}{D_b^2 \rho_b v^2}, \frac{L}{D_b}\right] \dots\dots\dots (5)$$

Analisis kapasitas kerja mesin

Analisis kapasitas kerja mesin dilakukan dengan menentukan variabel-variabel yang diperhitungkan berpengaruh. Variabel bebas bahan meliputi diameter, kebulatan (*sphericity*) dan massa jenis lada, sedangkan variabel bebas mesin me-

liputi kecepatan linier, lebar celah, koefisien gesek pengupas, gaya pengupasan dan panjang silinder pengupas (Tabel 2). Variabel-variabel tersebut digunakan untuk memprediksikan kapasitas kerja mesin.

Berdasarkan variabel yang mempengaruhi kapasitas kerja mesin, maka dapat dituliskan fungsi kapasitas kerja sebagai berikut:

$$K_p = f(\phi, D_b, \rho_b, v, s, \mu, F_k, L) \dots\dots\dots (6)$$

$$C_a K_p^a \phi^b D_b^c \rho_b^d v^e s^f \mu^g F_k^h L^i = 1 \text{ Ca Kp}^a \Phi^b D_b^c \rho_b^d v^e s^f \mu^g F_k^h L^i = 1 \dots (7)$$

Selanjutnya persamaan tersebut ditransfer ke dalam bentuk notasi dimensi sebagai berikut:

$$[MT^{-1}]^a [0]^b [L]^c [ML^{-3}]^d [LT^{-1}]^e [L]^f [0]^g [MLT^{-2}]^h [L]^i \dots\dots\dots (8)$$

Tabel 2. Variabel yang mempengaruhi kapasitas kerja mesin

No	Variabel	Simbol	Satuan	Dimensi
A Variabel bebas				
I Bahan				
1	Sphericity	Φ	-	-
2	Diameter bahan	D_b	m	L
3	Massa jenis bahan	ρ_b	kg/m ³	ML ⁻³
II Mesin				
4	Kecepatan linier	v	m/s	LT ⁻¹
5	Lebar celah	s	m	L
6	Koefisien gesek pengupas	μ	-	-
7	Gaya pengupasan	F_k	kg.m/s ²	MLT ⁻²
8	Panjang silinder pengupas	L	m	L
B Variabel tak bebas				
1	Kapasitas kerja	Kp	kg/s	MT ⁻¹

Dari hasil pemilihan kelompok variabel untuk mendapatkan nilai determinan lebih besar dari nol, diperoleh bilangan-bilangan tak berdimensi berikut:

$$\pi_1 = \frac{K_p}{D_b^2 \rho_b v}, \pi_2 = \phi, \pi_3 = \left(\frac{s}{D_b}\right), \pi_4 = \mu, \pi_5 = \left(\frac{F_k}{D_b^2 \rho_b v^2}\right), \text{ dan } \pi_6 :$$

Diasumsikan bahwa nilai ϕ seragam dan μ adalah konstan. Dengan mekanisme penyelesaian bilangan tak berdimensi dan setelah persamaan tersebut diselesaikan, maka diperoleh persamaan fungsi kapasitas kerja mesin sebagai berikut:

$$\frac{K_p}{D_b^2 \rho_b v} = f\left[\frac{s}{D_b}, \frac{F_k}{D_b^2 \rho_b v^2}, \frac{L}{D_b}\right] \dots\dots\dots (9)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis kinerja mesin dilakukan untuk memprediksi pengaruh variabel mesin yaitu kecepatan putar, lebar celah dan panjang silinder pengupas terhadap kinerja mesin yaitu persentase pengupasan, persentase kerusakan dan kapasitas kerja alat. Analisis hasil kinerja mesin dilakukan melalui persamaan prediksi menggunakan analisis dimensi dengan mengambil data-data yang berhubungan dengan kinerja mesin, menentukan nilai π , membandingkan nilai antar π dan mencari persamaan akhir kinerja mesin.

Kinerja pengupasan

Pada tahap pertama dilakukan analisis hubungan antar parameter secara tunggal yaitu antara parameter π_1 dengan π_2 , π_1 dengan π_3 , dan dengan π_4 . Persamaan prediksi akhir persentase pengupasan diperoleh dengan terlebih dahulu melakukan logaritma terhadap nilai π , dilanjutkan regresi linier berganda dan analisis antilog terhadap data yang diperoleh. Dari hasil analisis nilai π diperoleh persamaan:

$$\pi_1 = 230,14 \times \pi_2^{0,662} \times \pi_3^{0,073} \times \pi_4^{-0,549} \dots\dots\dots (10)$$

dengan koefisien determinasi R-Sq = 32,3% dan R-Sq(adj) = 23,4%

Dengan mensubstitusikan variabel-variabel utama ke dalam persamaan di atas diperoleh persamaan prediksi persentase pengupasan akhir:

$$p_k = 230,14 \left(\frac{s}{D_b}\right)^{0,662} \left(\frac{F_k}{D_b^2 \rho_b v^2}\right)^{0,073} \left(\frac{L}{D_b}\right)^{-0,549} \dots\dots\dots (11)$$

Dari hasil prediksi di atas diperoleh koefisien determinasi (R^2) yang rendah. Apabila diinginkan, dapat dicari alternatif untuk mendapatkan koefisien determinasi yang tinggi tanpa menghilangkan variabel utama pada mesin. Persamaan prediksi ini dapat diperoleh dengan metode regresi ganda kuadrat sebagai berikut:

$$\pi_1 = -300 + 1446.\pi_2 + 0,764.\pi_3 - 19,3.\pi_4 + 28,5.\pi_2.\pi_4 - 1496.\pi_2^2 - 0,00178.\pi_3^2 \dots\dots\dots (12)$$

dengan R-Sq = 84.4% dan R-Sq(adj) = 79.7%

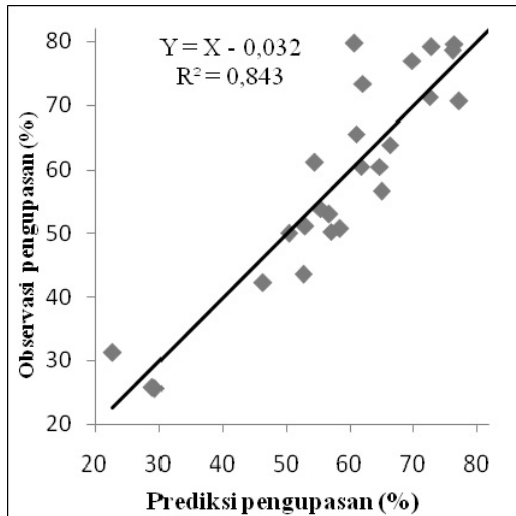
Dengan mensubstitusikan variabel-variabel utama ke dalam persamaan di atas diperoleh persamaan prediksi persentase pengupasan pada mesin pengupas lada tipe silinder putaran vertikal sebagai berikut:

$$p_k = 300 + 1446\left(\frac{s}{D_b}\right) + 0,764\left(\frac{F_k}{D_b^2 \rho_b v^2}\right) - 19,3\left(\frac{L}{D_b}\right) + 28,5\left(\frac{s}{D_b}\right)\left(\frac{L}{D_b}\right) - 1496\left(\frac{s}{D_b}\right)^2 - 0,0018\left(\frac{F_k}{D_b^2 \rho_b v^2}\right)^2 \dots\dots\dots (13)$$

Dari kedua persamaan persentase pengupasan yang dihasilkan, dapat dipilih persamaan yang ingin digunakan. Pada Gambar 2 disajikan hubungan persentase pengupasan hasil pengamatan dengan persentase pengupasan hasil prediksi menggunakan persamaan (13). Hubungan matematis antara persentase pengupasan hasil observasi (Y) terhadap persentase pengupasan hasil prediksi (X) ditunjukkan dengan persamaan:

$$Y = X + 0,032 \dots\dots\dots (14)$$

dengan koefisien determinasi (R²) = 0,843



Gambar 2. Grafik hubungan persentase pengupasan hasil observasi terhadap persentase pengupasan hasil prediksi menggunakan persamaan 13

Persentase kerusakan

Dengan cara yang sama dengan analisis persentase pengupasan, hasil analisis nilai π untuk persentase kerusakan diperoleh persamaan prediksi berikut:

$$\pi_1 = 0,02455 \times \pi_2^{-3,77} \times \pi_3^{-0,085} \times \pi_4^{2,01} \dots\dots\dots (15)$$

dengan R-Sq = 87.2% R-Sq(adj) = 85.5%

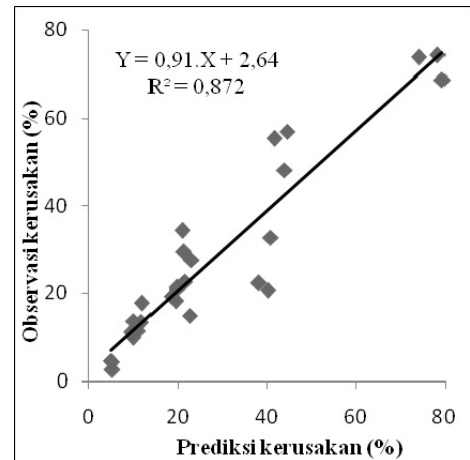
Dengan mensubstitusikan variabel-variabel utama ke dalam persamaan di atas diperoleh persamaan prediksi persentase kerusakan:

$$P_r = 0,025 \left(\frac{s}{D_b} \right)^{-3,77} \left(\frac{F_k}{D_b^2 \cdot \rho_b \cdot v^2} \right)^{-0,085} \left(\frac{L}{D_b} \right)^{2,01} \dots\dots\dots (16)$$

Hubungan matematis antara persentase kerusakan hasil observasi (Y) terhadap persentase kerusakan hasil prediksi (X) ditunjukkan dengan persamaan:

$$Y = 0,91.X + 2,64 \dots\dots\dots (17)$$

dengan koefisien determinasi (R²) = 0,872, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik hubungan persentase kerusakan hasil observasi terhadap persentase kerusakan hasil prediksi menggunakan persamaan 16

Kapasitas kerja

Hasil analisis nilai π untuk kapasitas kerja mesin memperoleh persamaan prediksi berikut :

$$\pi_1 = 5,794 \times \pi_2^{0,406} \times \pi_3^{-0,01} \times \pi_4^{-2,31} \dots\dots\dots (18)$$

dengan R-Sq = 78.7% R-Sq(adj) = 75.9%

Dengan mensubstitusikan variabel-variabel utama ke dalam persamaan di atas diperoleh persamaan prediksi kapasitas kerja:

$$\frac{K_p}{D_b^2 \cdot \rho_b \cdot v} = 5,794 \cdot \left(\frac{s}{D_b} \right)^{0,406} \cdot \left(\frac{F_k}{D_b^2 \cdot \rho_b \cdot v^2} \right)^{-0,01} \cdot \left(\frac{L}{D_b} \right)^{-2,31} \dots\dots\dots (19)$$

$$K_p = 5,794 (s \cdot D_b \cdot \rho_b \cdot v)^{0,406} \left(\frac{F_k}{v} \right)^{-0,01} (L \cdot D_b \cdot \rho_b \cdot v)^{-2,31} \dots\dots\dots (20)$$

Hubungan matematis antara kapasitas kerja observasi (Y) terhadap kapasitas kerja prediksi (X), seperti ditunjukkan pada Gambar 4, dapat dinyatakan dengan persamaan:

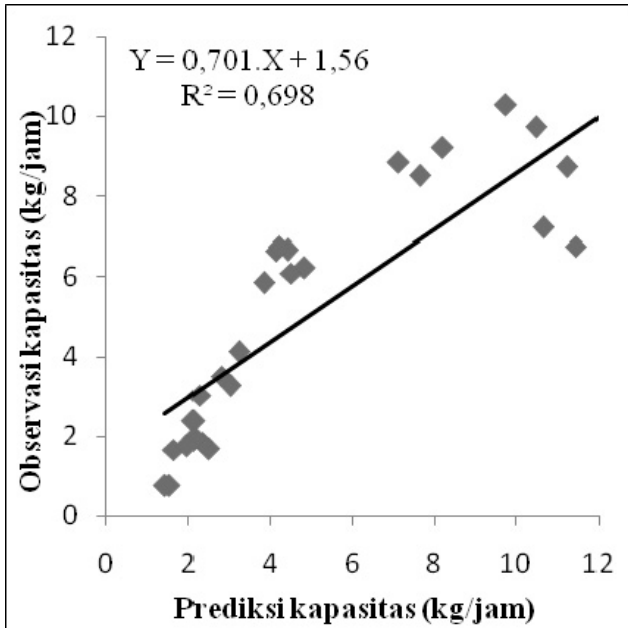
$$Y = 0,701.X + 1,56 \dots\dots\dots (21)$$

dengan koefisien determinasi (R²) = 0,698

Persamaan-persamaan prediksi yang diperoleh tersebut berlaku pada batasan nilai π atau nilai variabel tertentu, sebagai berikut :

Nilai π₂ (s/D_b) dari 0,4981 sampai 0,7073, atau lebar celah dari 2,69 mm sampai 3,82 mm. Nilai π₃ (F_k/D_b² · ρ_b · v²) dari 280,67 sampai 126,66, atau putaran dari 352 sampai 524 rpm. Nilai π₄ (L/D_b) dari 9,26 sampai 18,52, atau panjang silinder dari 50 mm sampai 100 mm.

Analisis kesesuaian persamaan prediksi kinerja mesin dilakukan berdasarkan uji t berpasangan (*paired t-test*) antara



Gambar 4. Grafik hubungan kapasitas kerja observasi terhadap kapasitas kerja prediksi menggunakan persamaan 20

hasil observasi atau pengamatan dengan hasil prediksi. Tabel 3 menyajikan nilai t_{hitung} yang diperoleh berdasarkan data prediksi dan observasi berbanding nilai t_{tabel} pada $df = 26$ dan $\alpha = 0,05$. Berdasarkan data Tabel 3, nilai t_{hitung} berada di bawah nilai t_{tabel} , berarti bahwa analisis kinerja mesin untuk prediksi persentase pengupasan, kerusakan dan kapasitas kerja mesin tidak berbeda nyata dengan hasil pengamatan, sehingga bentuk persamaan akhir untuk prediksi pengupasan, kerusakan dan kapasitas kerja dapat diterima.

Hasil prediksi persentase pengupasan menunjukkan bahwa penambahan lebar celah dan putaran akan meningkatkan persentase pengupasan sampai batas tertentu kemudian menunjukkan grafik penurunan, sedangkan penambahan panjang silinder pengupas secara umum akan menurunkan persentase pengupasan. Penggunaan panjang silinder kurang dari 5 cm pada lebar celah 3,21 mm dan 2,69 mm dari hasil simulasi menunjukkan kecenderungan peningkatan. Prediksi kerusakan menunjukkan bahwa secara umum pengurangan panjang silinder pengupas dan penambahan lebar celah dapat mengurangi persentase kerusakan lada, sedangkan kecepatan putar silinder pengupas tidak signifikan pengaruhnya, walaupun pengurangan kecepatan putar cenderung menurunkan persentase kerusakan lada. Prediksi kapasitas kerja mesin menunjukkan secara umum pengurangan panjang silinder, penambahan lebar celah dan kecepatan akan meningkatkan kapasitas kerja mesin.

Persamaan prediksi yang dihasilkan selanjutnya dapat digunakan untuk mengatur dan memilih kinerja mesin yaitu persentase pengupasan, persentase kerusakan dan kapasitas

kerja mesin dengan menentukan parameter yang berhubungan dengan kinerja mesin.

KESIMPULAN DAN SARAN

Analisis kinerja terhadap mesin pengupas lada tipe silinder putaran vertikal telah dilakukan dengan menggunakan pendekatan analisis dimensi untuk mendapatkan persamaan matematis yang dapat digunakan untuk memprediksi kinerja mesin. Dari hasil analisis dengan variabel bebas kecepatan silinder (v), lebar celah (s), panjang silinder pengupas (L), diameter bahan (D_b), gaya pengupasan (F_k), dan massa jenis bahan (ρ_b) diperoleh persamaan prediksi kinerja mesin meliputi persentase pengupasan (p_k), persentase kerusakan (p_r) dan kapasitas kerja mesin (K_p) sebagai berikut :

$$p_k = 300 + 1444 \left(\frac{s}{D_b} \right) + 0,764 \left(\frac{F_k}{D_b^2 \rho_b v^2} \right) - 19,3 \left(\frac{L}{D_b} \right) + 28,5 \left(\frac{s}{D_b} \right) \left(\frac{L}{D_b} \right) - 149 \left(\frac{s}{D_b} \right)^2 - 0,0018 \left(\frac{F_k}{D_b^2 \rho_b v^2} \right)^2$$

$$p_r = 0,025 \left(\frac{s}{D_b} \right)^{-3,77} \left(\frac{F_k}{D_b^2 \rho_b v^2} \right)^{-0,085} \left(\frac{L}{D_b} \right)^{2,01}$$

$$K_p = 5,794 (s \cdot D_b \cdot \rho_b \cdot v)^{0,406} \left(\frac{F_k}{v} \right)^{-0,01} (L \cdot D_b \cdot \rho_b \cdot v)^{-2,31}$$

Persamaan-persamaan prediksi berlaku pada batas (s) 2,69 mm sampai 3,82 mm, (v) 352 rpm sampai 524 rpm, dan (L) 50 mm sampai 100 mm. Dari hasil analisis kesesuaian ditunjukkan bahwa pada batas keberlakuannya persamaan-persamaan yang diperoleh dapat diterima sehingga dapat digunakan untuk memprediksi dan merencanakan kinerja mesin yang diinginkan.

Pengembangan persamaan lebih lanjut dapat dilakukan dengan memasukkan variabel-variabel mesin maupun bahan yang belum dipertimbangkan di dalam penelitian ini seperti misalnya koefisien gesek bijian, sudut dan sudut pengumpanan, serta sudut celah dan alur.

DAFTAR PUSTAKA

Chithra G., Mathew S.M., and Deepthi C. (2009). Performance Evaluation of A Power Operated Decorticator for Producing White Pepper from Black Pepper, *Journal of Food Process Engineering*, Willey Interscience.

Hidayat, T., Risfaheri., Nurdjannah N. (2001). Rancang bangun alat perontok lada model aksial, *Jurnal Penelitian Tanaman Industri*, Vol 7, Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pertanian.

Iskandar, A. (1986). *Desain Mesin Pengupas Kulit Lada Tipe Sirip (fin)*, Skripsi S1 Fateta IPB, Bogor.

Laksmanahardja M.P., dan Rusli S. (1988). Kemungkinan pengolahan lada putih dengan alat pengupas kulit buah lada, *Makalah pada Seminar Pasca Panen Badan Litbang Pertanian*, Bogor.

- Purseglove, J.W., Brown, E.G., Green, C.L., and Robbins, S.R.J. (1981). *Pepper, Species*, Longman, London and New York.
- Risfaheri, Hidayat, T. (2002). Rancang Bangun Alat Pengupas Lada Terpadu, *Buletin Tanaman Rempah dan Obat*, Vol. XIII, Bogor.
- Risfaheri, Hidayat, T., Pandji, M.L. (1992). Pengembangan Alat Pengupas Lada (Tipe Silinder) dengan Sistem Pedal dan Analisis Ekonominya, *Buletin Penelitian Tanaman Industri*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri, Bogor.
- Rubiyanti. (2009). *Fermentasi Lada (piper nigrum L.): pengaruhnya terhadap kemudahan pengupasan dan kualitas lada yang dihasilkan*, Tesis S-2 FTP UGM Yogyakarta.
- Suhendra, Rozaq, A., Purwantana, B. (2010). Rancang bangun dan Pengujian Mesin Pengupas Lada (Piper Nigrum L.) Tipe Silinder Putaran Vertikal. *Prosiding Seminar Nasional Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia*, Purwokerto 8-10 Juli 2010.
- Usmiati, S. dan Nurdjannah, N. (2006). Pengupasan Kulit Buah Lada dengan Enzyme Pektinase, *Jurnal Badan Penelitian Tanaman Rempah dan Minyak Atsiri*, Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Minyak Atsiri, Bogor.