

# PENERAPAN ANALISIS DIMENSI DALAM RANCANG BANGUN MESIN PEMBELAH BIJI KEDELAI (*Glycine max L.*) SISTEM GESEK PUTAR

Application of Dimensional Analysis In The Design of Spin Friction Type of Soybean Slicing Machine

Rofarsyam<sup>1</sup>, Bambang Purwantana<sup>2</sup>, Nursigit Bintoro<sup>2</sup>

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang, Jl. Prof Sudiarto Tembalang Semarang

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada, Jl. Flora, Bulaksumur, Yogyakarta

Email: bpurwantana@yahoo.com

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun mesin pembelah biji kedelai sistem gesek putar yang diperlukan dalam penyiapan bahan baku pembuatan tempe. Pendekatan analisis dimensi digunakan untuk mendapatkan persamaan matematis yang menghubungkan kapasitas kerja pembelahan dengan parameter-parameter yang berpengaruh. Hasil rancang bangun diuji melalui variasi hopper berdiameter 260 mm dengan jarak sudu masing-masing 51, 102, dan 204 mm; hopper berdiameter 300 mm dengan jarak sudu 118 mm; rotor berdiameter 90 mm dengan jarak sudu 71 mm, rotor berdiameter 180 mm dengan jarak sudu 141 mm dan rotor berdiameter 75 mm dengan jarak sudu 59 mm. Dari hasil pengujian hubungan antara kapasitas pembelahan ( $Q$ ) terhadap berat kedelai ( $W_B$ ), kecepatan putar ( $n$ ), berat air ( $W_A$ ), waktu proses ( $t$ ), massa jenis kedelai ( $\rho$ ), jarak sudu rotor ( $S_R$ ), panjang sudu rotor ( $H_R$ ), jarak sudu hopper ( $S_H$ ), panjang sudu hopper ( $H_H$ ), dan diameter hopper ( $D_H$ ) adalah sebagai berikut:

$$Q = 10^{1,099} (W_B n) \left\{ \left( \frac{W_A}{W_B} \right)^{0,869} (t.n)^{-0,779} \left( \frac{\rho.S_R}{W_B} \right)^{-0,833} \left( \frac{H_R}{S_R} \right)^{0,715} \left( \frac{S_H}{S_R} \right)^{-0,081} \left( \frac{H_H}{S_R} \right)^{0,266} \left( \frac{D_H}{S_R} \right)^{-3,865} \right\}$$

Pengaruh parameter rancang bangun terhadap kapasitas kerja pembelahan ( $Q/W_B.n$ ) yang paling besar adalah ( $D_H/S_R$ ) yaitu sebesar 620 %, yang paling kecil adalah ( $W_A/W_B$ ) sebesar 2 %. Model matematis tersebut dapat direkomendasikan sebagai acuan dalam penentuan dimensi dan operasional pengembangan mesin pembelah biji kedelai sesuai kapasitas kerja yang dikehendaki.

**Kata kunci :** Mesin pembelah biji kedelai, gesek putar, kapasitas kerja, analisis dimensi

## ABSTRACT

The aim of this research was to design a spin friction type of soybean slicing machine needed in the preparation of tempeh raw material. Dimensional analysis method was used to develop a mathematical relationship between the slicing capacity and its design variables. The prototype was tested using 260 mm diameter of hoppers equipped by number of blades with staggering variations of 51, 102, and 240 mm; a 300 mm diameter of hopper equipped by hopper's blades with staggering of 118 mm; a 90 mm diameter of rotor with blades spacing of 71 mm; a 180 mm diameter of rotor with blades spacing of 141 mm; and a 75 mm diameter of rotor equipped by blades with spacing of 59 mm. The results showed that the slicing capacity ( $Q$ ), were influenced by mass of soybean ( $W_B$ ), angular velocity ( $n$ ), mass of water ( $W_A$ ), processing time ( $t$ ), soybean density ( $\rho$ ), spacing of rotor blades ( $S_R$ ), length of rotor blades ( $H_R$ ), spacing of hopper blades ( $S_H$ ), length of hopper blades ( $H_H$ ), and hopper diameter ( $D_H$ ). The relation was mathematically expressed by:

$$Q = 10^{1,099} (W_B n) \left\{ \left( \frac{W_A}{W_B} \right)^{0,869} (t.n)^{-0,779} \left( \frac{\rho.S_R}{W_B} \right)^{-0,833} \left( \frac{H_R}{S_R} \right)^{0,715} \left( \frac{S_H}{S_R} \right)^{-0,081} \left( \frac{H_H}{S_R} \right)^{0,266} \left( \frac{D_H}{S_R} \right)^{-3,865} \right\}$$

The slicing capacity ( $Q/W_B.n$ ) were influenced 620 % by parameters of ( $D_H/S_R$ ) and 2 % by ( $W_A/W_B$ ). The mathematical equation could be recommended as a reference for determining the geometry and the operational development of soybean slicing machine.

**Keywords:** Soybean slicing machine, spin friction, working capacity, dimensional analysis

**PENDAHULUAN**

Proses pembelahan biji kedelai dalam pembuatan tempe pada industri rumah tangga pada umumnya masih dilakukan secara manual. Setelah direbus dan direndam biji kedelai diinjak-injak dengan kaki, cara ini mempunyai kapasitas 10 kg/jam dengan efisiensi pembelahan 90 % (Yusron 2008). Kedelai yang banyak digunakan untuk produksi tempe adalah kedelai impor, karena selain ukurannya dua kali lebih besar, juga karena pengaruh mutu dan rasanya. Tempe dari kedelai impor lebih disukai oleh konsumen (Anindia, 2005). Beberapa perajin kedelai dengan skala yang lebih besar telah menggunakan mesin pembelah biji kedelai, seperti mesin pembelah sistem rol dan silinder atau sistem dua lempengan grinda (*disk*). Kinerja dua jenis mesin tersebut belum maksimal, karena hanya mampu membelah biji kedelai yang mempunyai ukuran seragam. Efisiensi pembelahan yang dicapai sebesar 85 %, dimana biji kedelai yang berukuran lebih besar dari jarak dua rol atau dua lempengan cenderung pecah atau hancur, sedangkan biji kedelai yang berukuran lebih kecil tidak terbelah (Taufik, 2006). Untuk mengatasi permasalahan tersebut perlu dikembangkan mesin pembelah yang tidak terpengaruh oleh variasi ukuran biji kedelai. Sistem gesek putar yang memungkinkan biji kedelai bergesekan baik dengan bagian mesin atau antar biji kedelai sendiri diperhitungkan dapat secara efektif digunakan sebagai mekanisme pembelah biji kedelai. Dengan sistem gesek putar memungkinkan biji kedelai bergesekan baik dengan bagian mesin atau antar biji kedelai itu sendiri.

Sistem gesek putar telah dicoba diterapkan pada beberapa pengembangan mesin pertanian. Risfaheri (2002) telah mengembangkan mesin pengupas lada putih sistem gesek putar menggunakan piringan (*disk*). Dilaporkan bahwa mesin ini dapat mencapai efisiensi pengupasan sebesar 97,5 %. Suhendra (2010) telah mengembangkan mesin pengupas lada sistem gesek putar tipe silinder putaran vertikal. Kapasitas kerja mencapai 10 kg/jam dengan efisiensi pengupasan 92 %. Prihatman (2006) mengembangkan mesin pencabut bulu ayam dengan sistem gesek putar dan dapat mencapai efisiensi pencabutan 98 % bulu per ekor.

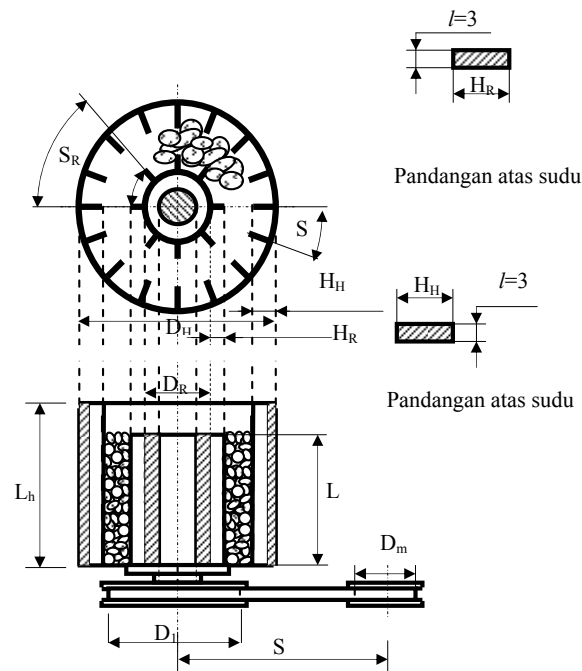
Mekanisme sistem gesek putar mempunyai kelebihan dibandingkan dengan cara sebelumnya, diantaranya: pembelahan tidak tergantung ukuran biji kedelai, tidak perlu diinjak-injak, pembelahan lebih sempurna dan dapat menghemat waktu dan tenaga. Mesin pembelah kedelai dengan sistem gesek putar juga memungkinkan untuk dikembangkan dengan tetap mempertimbangkan batasan-batasan yang ada pada industri rumah tangga seperti kapasitas, modal, investasi serta biaya operasional yang relatif kecil. Penelitian ini bertujuan untuk merancang mesin pembelah biji kedelai sistem gesek putar. Mekanisme kerja utama mesin

pembelah kedelai sistem gesek putar yang dirancang meliputi pemutar silinder bersudu (*rotor*) yang berputar dalam tabung statis bersudu (*stator*), sehingga biji kedelai berbagai variasi ukuran akan diputar oleh gaya tangensial rotor yang menyebabkan terjadinya gesekan dan pembelahan. Gesekan antar kedelai dan terhadap dinding stator lebih lanjut akan diikuti oleh proses pengupasan. Dalam penelitian ini analisis dimensi digunakan untuk mengembangkan persamaan matematis yang menghubungkan antara parameter kapasitas kerja pembelahan dengan parameter rancangbangun. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai panduan atau pedoman dalam pembuatan mesin pembelah biji kedelai sistem gesek putar.

**METODE PENELITIAN**

**Bahan dan Alat**

Gambar 1 memperlihatkan skema dan mekanisme kerja mesin pembelah biji kedelai yang dirancang. Komponen utama mesin terdiri atas hopper dan sudu hopper, rotor dan sudu rotor. Stainless steel tebal 3 mm digunakan untuk konstruksi hopper, stator, sudu hopper dan sudu rotor, besi ST 60 digunakan untuk poros rotor dan besi siku L-45 ST 37 digunakan untuk rangka mesin. Sebagai sumberdaya penggerak digunakan motor listrik 1 HP dan dilengkapi inverter untuk mengatur kecepatan putar motor. Alat dan peralatan yang digunakan untuk



Gambar 1. Mekanisme kerja mesin pembelah biji kedelai sistem gesek putar

pengujian mesin yaitu: mesin pembelah hasil rancang bangun, stopwatch, meteran, dan neraca atau timbangan. Proses perancangan dilakukan di Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Pembuatan mesin dilakukan di Bengkel Konstruksi Sari Agung Semarang dan Politeknik Negeri Semarang. Tempat pengujian dilakukan di industri tempe Bapak Rofii di Warung Boto, Gedong Kuning Yogyakarta. Kedelai yang digunakan dalam pengujian adalah kedelai impor *varietas* wilis Amerika Serikat dan lokal *varietas* Pangrango. Kedelai impor dan lokal didapat dari distributor di Yogyakarta.

**Variabel-Variabel yang Mempengaruhi Kapasitas Kerja**

Untuk keperluan analisis dimensi pada rancang bangun mesin pembelahan biji kedelai ini, terlebih dahulu ditentukan variabel-variabel yang berpengaruh terhadap proses pembelahan. Variabel-variabel yang diperhitungkan mempengaruhi kapasitas proses pembelahan biji kedelai adalah: berat kedelai ( $W_B$ ), berat air ( $W_A$ ), diameter rotor ( $D_R$ ), diameter hopper ( $D_H$ ), panjang sudu rotor ( $H_R$ ), panjang sudu hopper ( $H_H$ ), jarak antar sudu rotor ( $S_R$ ), jarak antar sudu hopper ( $S_H$ ), kecepatan rotor ( $n$ ) dan waktu proses ( $t$ ), seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel yang mempengaruhi kapasitas pembelahan biji kedelai pada mesin tipe gesek putar (Q)

No Variabel	Notasi	Satuan	Dimensi
<b>Konstruksi alat pembelah biji kedelai</b>			
1 Diameter hopper	$D_H$	m	L
2 Diameter rotor	$D_R$	m	L
3 Panjang sudu hopper	$H_H$	m	L
4 Jarak sudu hopper	$S_H$	m	L
5 Panjang sudu rotor	$H_R$	m	L
6 Jarak sudu rotor	$S_R$	m	L
<b>Bahan biji kedelai akan dibelah</b>			
1 Massa jenis biji kedelai	$\tilde{n}$	Kg/m <sup>3</sup>	M L <sup>-3</sup>
<b>Proses pembelahan-pengupasan</b>			
1 Waktu proses	$t$	dt	T
2 Putaran	$n$	1/det	T <sup>-1</sup>
3 Berat bahan biji kedelai	$W_B$	kg	M
4 Berat air	$W_A$	kg	M
<b>Indipenden (variable tak bebas)</b>			
1 Kapasitas belahan biji kedelai	Q	Kg/det	M T <sup>-1</sup>

**Analisis Dimensi Mesin Pembelah Biji Kedelai Sistem Gesek Putar**

Analisis dimensi terhadap variabel-variabel yang berpengaruh pada kapasitas pembelahan biji kedelai, dilakukan dengan menggunakan teori phi-Buckingham. Dari

variabel-variabel pada Tabel 1 dibuat persamaan sebagai berikut :

$$Q = f(W_A, W_B, n, S_R, t, \rho, H_R, S_H, H_H, D_R, D_H) \\ (Q^a, W_A^b, W_B^c, n^d, S_R^e, t^f, \rho^g, H_R^h, S_H^i, H_H^j, D_R^k, D_H^l) = C$$

Berdasarkan ketentuan phi-Buckingham jumlah bilangan tanpa dimensi sama dengan jumlah variabel dikurangi jumlah bilangan berdimensi. Jumlah variabel persamaan di atas adalah dua belas. Untuk menghitung jumlah bilangan berdimensi, maka persamaan tersebut di atas di transfer ke dalam bentuk notasi dimensi sebagai berikut:

$$(M T^{-1})^a (M)^b (M)^c (T^{-1})^d (L)^e (T)^f (M L^{-3})^g (L)^h (L)^i (L)^j (L)^k (L)^l$$

$$M : a + b + c + g = 0$$

$$L : e - 3g + h + i + j + k + l = 0$$

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

Jumlah bilangan berdimensi ada tiga yaitu M, L, dan T, maka dihasilkan sembilan bilangan tak berdimensi. Selanjutnya dilakukan pemilihan kelompok variabel guna mendapatkan nilai determinan lebih besar dari nol, dan diperoleh kelompok c, d, dan e, sehingga diperoleh 9 bilangan tak berdimensi seperti di bawah ini:

$$\pi_1 = \frac{Q}{W_B \cdot n}, \pi_2 = \frac{W_A}{W_B}, \pi_3 = t \cdot n, \pi_4 = \frac{\rho \cdot S_R^3}{W_B}, \pi_5 = \frac{H_R}{S_R},$$

$$\pi_6 = \frac{S_H}{S_R}, \pi_7 = \frac{H_H}{S_R}, \pi_8 = \frac{D_R}{S_R}, \text{ dan } \pi_9 = \frac{D_H}{S_R}$$

$\pi_1$  sebagai fungsi dari  $\pi_2$  sampai dengan  $\pi_9$ , ditulis dengan persamaan:

$$\pi_1 = f(\pi_2, \pi_3, \pi_4, \pi_5, \pi_6, \pi_7, \pi_8, \pi_9) \dots\dots\dots (1)$$

Selanjutnya dengan memasukkan parameter-parameter  $\pi_1$  sampai  $\pi_9$  pada persamaan (1), diperoleh

$$\frac{Q}{W_B \cdot n} = C \left( \frac{W_A}{W_B}, t \cdot n, \frac{\rho S_R^3}{W_B}, \frac{H_R}{S_R}, \frac{S_H}{S_R}, \frac{H_H}{S_R}, \frac{D_R}{S_R}, \frac{D_H}{S_R} \right) \dots\dots\dots (2)$$

Dari persamaan (2) dapat disimpulkan bahwa kapasitas pembelahan (Q) adalah:

$$Q = C \cdot W_B \cdot n \left( \frac{W_A}{W_B} \right)^a (t \cdot n)^b \left( \frac{\rho S_R^3}{W_B} \right)^c \left( \frac{H_R}{S_R} \right)^d \left( \frac{S_H}{S_R} \right)^e \left( \frac{H_H}{S_R} \right)^f \left( \frac{D_R}{S_R} \right)^g \left( \frac{D_H}{S_R} \right)^h \dots (3)$$

Dalam pembuatan mesin ditetapkan jumlah sudu rotor ( $S_R$ ) sebanyak empat buah pada diameter rotor ( $D_R$ ) tetap, sehingga  $\frac{D_R}{S_R}$  bernilai konstan. Dengan demikian persamaan (3) dapat disederhanakan menjadi:

$$Q = C \cdot W_B \cdot n \left( \frac{W_A}{W_B} \right)^a (t \cdot n)^b \left( \frac{\rho S_R^3}{W_B} \right)^c \left( \frac{H_R}{S_R} \right)^d \left( \frac{S_H}{S_R} \right)^e \left( \frac{H_H}{S_R} \right)^f \left( \frac{D_H}{S_R} \right)^g \dots (4)$$

**Pengujian Mesin**

Unit utama mesin pembelah biji kedelai terdiri atas komponen-komponen sesuai dengan hasil perhitungan menggunakan analisis dimensi, yaitu terdiri dari 7 variasi hoper dan 5 variasi rotor seperti ditunjukkan pada Tabel 2. Pada pelaksanaan pengujian masing-masing pasangan hoper dan rotor dipasang secara bergantian sesuai dengan rancangan percobaan. Setiap variasi perlakuan dilakukan sebanyak tiga ulangan.

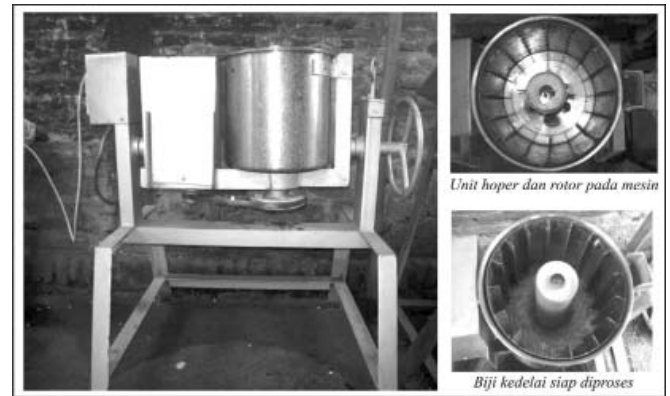
Tabel 2. Bagian utama unit mesin pembelah biji kedelai

No	Nama Unit	Jumlah	Diameter [mm]	Jumlah Sudu	Jarak Sudu [mm]	Lebar Sudu [mm]
1	Hopper	1	300	8	117,8	20
2	Hopper	1	280	8	109,9	20
3	Hopper	1	260	4	204,1	20
4	Hopper	1	260	8	102,1	20
5	Hopper	1	260	16	51,0	20
6	Hopper	1	260	8	102,1	15
7	Hopper	1	260	8	102,1	10
8	Rotor	1	180	4	141,3	20
9	Rotor	1	75	4	58,9	20
10	Rotor	1	90	4	70,7	20
11	Rotor	1	90	4	70,7	15
12	Rotor	1	90	4	70,7	10

Biji kedelai yang telah direbus, direndam dan ditiriskan sesuai dengan kriteria bahan baku tempe, ditimbang beratnya ( $W_B$ ) sesuai dengan berat masukan yang direncanakan. Demikian pula air bersih ( $W_A$ ) untuk campuran ditimbang sesuai rancangan pengujian. Selanjutnya biji kedelai dan air dimasukkan ke dalam hoper. Motor dihidupkan dengan kecepatan putar yang ditentukan menggunakan pengatur putaran (*inverter*), waktu proses dicatat menggunakan *stopwacth*. Motor dimatikan setelah proses pembelahan sesuai waktu yang ditentukan, dan hoper dimiringkan sampai posisi 90 ° dengan mengangkat kunci pin melalui tuas pengunci. Hasil pembelahan ditampung pada wadah yang telah disediakan. Sampel hasil proses pembelahan diambil dan diukur beratnya. Berat sampel tersebut dinotasikan ( $D$ ) dalam gram, kemudian sampel ( $D$ ) dikeringkan selama 30 menit. Kemudian dipisahkan antara biji kedelai yang tidak terbelah ( $B$ ), kulit ari ( $C$ ), kedelai yang terbelah ( $A$ ). Kemudian masing-masing kelompok tersebut ditimbang. Persentase biji kedelai yang terbelah ( $P_B$ ) dihitung dengan  $P_B = \left(\frac{A}{D}\right) \times 100\%$  dan berat biji kedelai yang terbelah ( $Q$ ) dihitung dengan  $Q = (P_B \times W_B) / (100t)$ , dimana  $t$  adalah total waktu proses pembelahan.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Gambar 2 memperlihatkan bagian-bagian utama mesin pembelah biji kedelai hasil rancangbangun. Spesifikasi utama mesin ditunjukkan pada Tabel 3.



Gambar 2. Mesin pembelah biji kedelai tipe gesek putar

Tabel 3. Spesifikasi mesin

Nama	: Mesin pembelah kedelai tipe gesek putar
Dimensi utama	
Panjang, lebar, tinggi (mm)	: 780, 430, 710
Sumber daya	: Motor listrik 1 HP, 1400 RPM
Kecepatan kerja (rpm)	: 100 s/d 500
Rotor	: Poros putar
Diameter (mm)	: 75, 90, 180
Jumlah sudu	: 4
Stator	: Hopper
Diameter (mm)	: 260, 280, 300
Jumlah sudu	: 4, 8, 16

Hasil pengujian pada berbagai perlakuan ditransformasikan ke dalam bentuk  $\pi_1$  sampai  $\pi_8$ , kemudian nilai-nilai  $\pi_1$  sampai  $\pi_8$  ditransformasikan ke bentuk log, selanjutnya dihitung nilai konstanta C dan koefisien a, b, c, d, e, f dan g. Dari transformasi log berdasarkan data pengujian diperoleh persamaan log sebagai berikut:

$$\log\left(\frac{Q}{W_B n}\right) = 1,099 + 0,869 \log\left(\frac{W_A}{W_B}\right) - 0,779 \log(t.n) - 0,833 \log\left(\frac{\rho \cdot S_R^3}{W_B}\right) + 0,715 \log\left(\frac{H_R}{S_R}\right) - 0,081 \log\left(\frac{S_H}{S_R}\right) + 0,266 \log\left(\frac{H_H}{S_R}\right) - 3,865 \log\left(\frac{D_H}{S_R}\right)$$

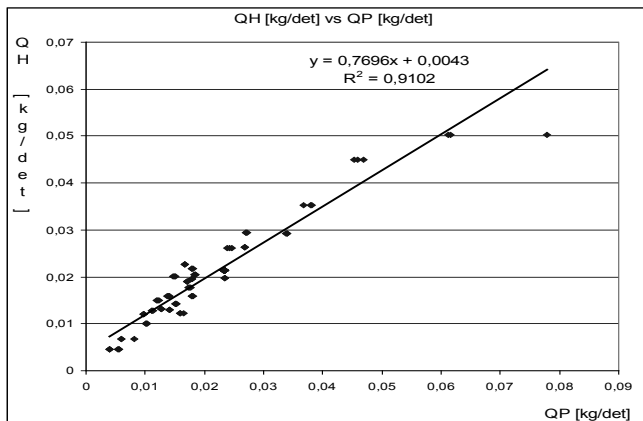
maka  $C = 10^{1,099}$ ,  $a = 0,869$ ,  $b = -0,779$ ,  $c = -0,833$ ,  $d = 0,715$ ,  $e = -0,081$ ,  $f = 0,266$  dan  $g = -3,865$ . Dengan memasukkan nilai konstanta dan koefisien pada persamaan (4), maka diperoleh persamaan matematis hubungan antar parameter kapasitas kerja dengan parameter lainnya sebagai berikut:

$$Q = 10^{1,099} \cdot W_B \cdot n \left( \frac{W_A}{W_B} \right)^{0,869} (t.n)^{-0,779} \left( \frac{\rho S_R^3}{W_B} \right)^{-0,833} \left( \frac{H_R}{S_R} \right)^{0,715} \left( \frac{S_H}{S_R} \right)^{-0,081} \left( \frac{H_H}{S_R} \right)^{0,266} \left( \frac{DH}{S_R} \right)^{-3,865} \dots \dots \dots (5)$$

Batasan keberlakuan penggunaan persamaan (5) tersebut adalah : nilai  $\left(\frac{W_A}{W_B}\right) = 0,4 \sim 5$ , nilai  $(t.n) = 100 \sim 1500$ , nilai  $\left(\frac{\rho \cdot S_R^3}{W_B}\right) = 0,080 \sim 0,402$ , nilai  $\left(\frac{H_R}{S_R}\right) = 0,142 \sim 0,283$ , nilai  $\left(\frac{S_H}{S_R}\right) = 0,722 \sim 2,889$ , Nilai  $\left(\frac{H_H}{S_R}\right) = 0,142 \sim 0,340$  dan nilai  $\left(\frac{DH}{S_R}\right) = 1,840 \sim 4,246$ .

**Kapasitas Kerja Hasil Perhitungan (QH)**

Dengan menggunakan persamaan (5) kapasitas kerja pembelahan kedelai dihitung (QH) dan dibandingkan dengan kapasitas kerja hasil pengamatan (QP). seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Berdasarkan analisis statistik diperoleh nilai korelasi antara QH dengan QP yang sangat dekat yaitu sebesar 0,954. Hasil uji signifikansi juga menunjukkan QP dengan QH tidak beda secara nyata.



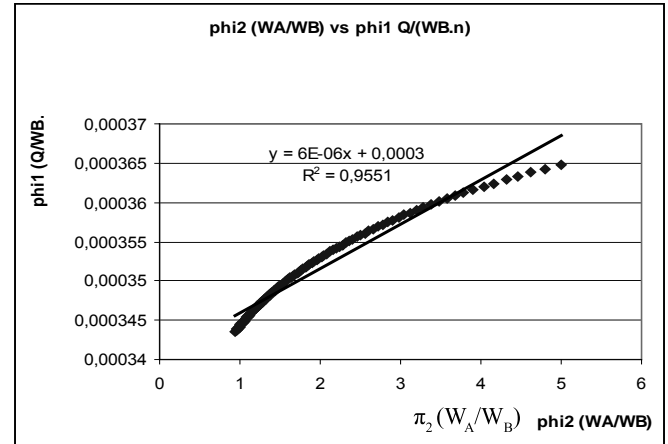
Gambar 3. Grafik hubungan kapasitas hasil perhitungan (QH) terhadap kapasitas hasil pengamatan (QP)

**Analisis Sensitivitas Parameter yang Mempengaruhi Kapasitas Kerja**

Pengaruh parameter  $\pi_2$ :  $(W_A/W_B)$ ,  $\pi_3$ :  $(t.n)$ ,  $\pi_4$ :  $(\rho \cdot S_R^3/W_B)$ ,  $\pi_5$ :  $(H_R/S_R)$ ,  $\pi_6$ :  $(S_H/S_R)$ ,  $\pi_7$ :  $(H_H/S_R)$  dan  $\pi_8$ :  $(D_H/S_R)$  masing-masing terhadap  $\pi_1$  ( $Q/W_B \cdot n$ ) pada variasi perlakuan digambarkan melalui grafik. Sebagai contoh analisis disajikan pengaruh parameter  $\pi_2$  ( $W_A/W_B$ ) terhadap  $\pi_1$  ( $Q/W_B \cdot n$ ) seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

Pada Gambar 4 hubungan antara  $\pi_2$  terhadap  $\pi_1$  berupa garis linier dengan gradien positif, yang berarti penambahan  $\pi_2$  diikuti kenaikan  $\pi_1$ . Apabila  $\pi_2$  berubah  $(W_A/W_B) = (2,976-0,947)/0,947 \times 100\% = 214,256\%$  maka nilai  $\pi_1$  berubah sebesar

$(Q/W_B \cdot n) = (0,0003584-0,0003437)/0,0003437 \times 100\% = 4,277\%$ . Dengan kata lain apabila  $\pi_2$  berubah 1% maka nilai  $\pi_1$  berubah sebesar 0,02% atau  $\pi_2$  mempengaruhi  $\pi_1$  sebesar 2%.



Gambar 4. Grafik pengaruh  $\pi_2$  terhadap  $\pi_1$

Dengan cara yang sama pengaruh parameter  $\pi_3, \pi_4, \pi_5, \pi_6, \pi_7$  dan  $\pi_8$  masing-masing terhadap  $\pi_1$  pada variasi perlakuan digambarkan melalui hubungan persamaan seperti dirangkum pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengaruh parameter terhadap kapasitas kerja

Variasi	Persamaan
$W_B$ : 1 s/d 5 kg	$\pi_1 = 6.10^{-6} \pi_2 + 0,0003$
$n$ : 1,667 s/d 8,333 rpd	$\pi_1 = 0,0005 \pi_3 + 0,2442$
	$\pi_1 = -1.0^{-5} \pi_3 + 0,0461$
$W_B$ : 1 sampai 5 kg	$\pi_1 = 7.10^{-5} \pi_4 + 0,0003$
$H_R$ : 10 s/d 20 mm	$\pi_1 = 0,0012 \pi_5 + 0,00008$
$S_H$ : 51 s/d 204 mm	$\pi_1 = -2,0.10^{-5} \pi_6 + 0,0004$
$H_H$ : 10 s/d 20 mm	$\pi_1 = 0,0005 \pi_7 + 0,0002$
$D_R$ : 260 s/d 300 mm	$\pi_1 = -0,0002 \pi_8 + 0,0012$

Hubungan  $\pi_3$  terhadap  $\pi_1$  ditunjukkan melalui dua persamaan atau dua buah garis linier yang membentuk titik kritis pada  $\pi_1 = 0,0336$  pada sumbu y dan pada nilai  $\pi_3 = 465$  di sumbu x. Koefisien determinasi garis pertama adalah  $R^2 = 0,996$ , sedangkan untuk garis kedua adalah  $R^2 = 0,9373$ . Perubahan nilai  $\pi_3$  1% menyebabkan perubahan nilai  $\pi_1$  0,75 %, sehingga pengaruhnya adalah 75 %. Pada persamaan kedua, perubahan nilai  $\pi_3$  sebesar 1 % menyebabkan perubahan nilai  $\pi_1$  sebesar 0,44 %, atau pengaruhnya 0,44 kali  $\pi_3$ . Oleh karena pengaruh perubahan  $\pi_3$  terhadap  $\pi_1$  pada garis pertama lebih besar dari pada garis kedua maka yang dipertimbangkan adalah pada garis pertama. Hubungan  $\pi_4$  terhadap  $\pi_1$  berupa garis linier dengan sudut positif. Perubahan  $\pi_4$  sebesar 1 % menyebabkan nilai  $\pi_1$  berubah sebesar 0,02 %. Pengaruh perubahan

nilai tersebut sama dengan pengaruh  $\pi_2$  dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0,9551$ , artinya  $\pi_4$  mempengaruhi  $\pi_1$  2,33 %. Hubungan  $\pi_5$  terhadap  $\pi_1$  juga berupa garis linier dengan sudut positif, yang berarti perubahan  $\pi_5$  diikuti perubahan  $\pi_1$ . Bila  $\pi_5$  berubah 1 % maka nilai  $\pi_1$  berubah sebesar 0,67 %, dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0,9975$ , atau  $\pi_5$  mempengaruhi  $\pi_1$  dengan pengaruh 67 %. Hubungan  $\pi_6$  terhadap  $\pi_1$  berupa garis linier dengan sudut negatif, yang berarti penurunan  $\pi_6$  diikuti kenaikan nilai  $\pi_1$ . Pada saat  $\pi_6$  berubah 1 % maka nilai  $\pi_1$  berubah sebesar 0,05 %. Penurunan nilai  $\pi_6$  menyebabkan nilai  $\pi_1$  naik dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0,9619$ , atau  $\pi_6$  sangat mempengaruhi  $\pi_1$  dengan pengaruh 5 %. Hubungan  $\pi_7$  terhadap  $\pi_1$  berupa garis linier dengan sudut positif, yang berarti kenaikan  $\pi_7$  diikuti perubahan positif  $\pi_1$ . Apabila  $\pi_7$  berubah 1 % maka nilai  $\pi_1$  berubah sebesar 0,20 %. Ketika  $\pi_7 = 0$  maka nilai  $\pi_1$  telah ada sebesar 0,0002. Perubahan nilai  $\pi_7$  menyebabkan nilai  $\pi_1$  membesar dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0,9801$ . Parameter  $\pi_8$  berhubungan terbalik terhadap  $\pi_1$ . Penurunan  $\pi_8$  sebesar 1% diikuti kenaikan 6,2% nilai  $\pi_1$  dengan nilai koefisien determinasi  $R^2 = 0,948$ .

## KESIMPULAN DAN SARAN

Rancangbangun mesin pembelah biji kedelai telah dikembangkan menggunakan pendekatan analisis dimensi. Prototipe mesin telah dibuat dan dapat berfungsi dengan baik untuk membelah biji kedelai sekaligus mengupas kulit arinya. Mesin telah diuji dan menghasilkan kapasitas kerja pembelahan sesuai dengan variabel yang diperhitungkan mempengaruhinya yaitu: berat kedelai ( $W_B$ ), kecepatan putar ( $n$ ), berat air ( $W_A$ ), waktu proses ( $t$ ), massa jenis kedelai ( $\rho$ ), jarak sudu rotor ( $S_R$ ), panjang sudu rotor ( $H_R$ ), jarak sudu hoper ( $S_H$ ), panjang sudu hoper ( $H_H$ ), dan diameter hoper ( $D_H$ ). Persamaan matematis kapasitas pembelahan ditunjukkan dengan hubungan:

$$Q = 10^{1,099} (W_B n) \left\{ \left( \frac{W_A}{W_B} \right)^{0,869} (t.n)^{-0,779} \left( \frac{\rho.S_R}{W_B} \right)^{-0,833} \left( \frac{H_R}{S_R} \right)^{0,715} \right. \\ \left. \left( \frac{S_H}{S_R} \right)^{-0,081} \left( \frac{H_H}{S_R} \right)^{0,266} \left( \frac{D_H}{S_R} \right)^{-3,865} \right\}$$

Analisis pengaruh antara parameter rancangbangun dengan kapasitas kerja pembelahan ( $Q/W_B.n$ ) menghasilkan urutan pengaruh sebagai berikut: ( $D_H/S_R$ ) berpengaruh sebesar 620 %, ( $t.n$ ) sebesar 75 %, ( $H_R/S_R$ ) sebesar 67 %, ( $H_H/S_R$ ) sebesar 20 %, ( $S_H/S_R$ ) sebesar 5 %, ( $\rho.S_R^3/W_B$ ) sebesar 2% dan ( $W_A/W_B$ ) sebesar 2 %. Untuk pengembangan lebih lanjut disarankan dibuat tipe hopper dengan poros horizontal agar proses pembelahan dapat dilakukan secara kontinyu.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anindia, R. (2005). Pembuatan tempe kedelai (*Glycine max*). *Majalah Trubus*, Edisi September, **1** (4), Jakarta.
- Prihatman, Kemal (2006). *Mesin Pencabut Bulu Ayam*. Balai Pengembangan Teknologi Tepat Guna Alat-Alat Teknologi Pedesaan, LIPI, Subang, Jakarta
- Risfaheri, Hidayat, T. (2002). Rancang Bangun Alat Pengupas Lada Terpadu. *Buletin Tanaman Rempah dan Obat*, **XIII**, Bogor.
- Suhendra (2010). *Rancang Bangun dan Pengujian Alat Pengupas Lada (Piper nigrum L) Tipe Silinder Putaran Vertikal*. Tesis Program Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Taufik (2006). Pengujian Mesin Pengupas Kulit Ari Biji Kedelai di Sentra Industri Tempe Bringin Sala Tiga Jawa Tengah. *Dimensi*, **3** (2) Politeknik Negeri Semarang, Semarang.
- Yusron, M. (2008). Pengujian Gaya Pengupas Kulit Ari dan Gaya Pembelahan Biji Kedelai Bahan Baku Produksi Tempe. *Dimensi*, **3** (2) Politeknik Negeri Semarang, Semarang.