

Kinerja Mesin Pemecah Biji dan Pemisah Kulit Kakao Pascasangrai Tipe Pisau Putar

Performance of Rotary Cutter Type Breaking Machine for Breaking and Deshelling Cocoa Roasted Beans

Sukrisno Widyotomo¹⁾, Sri-Mulato¹⁾ dan Edi Suharyanto¹⁾

Ringkasan

Konversi biji kakao menjadi produk makanan dan minuman cokelat merupakan salah satu alternatif untuk meningkatkan nilai tambah biji kakao dan menekan tingkat ketergantungan domestik terhadap harga biji kakao di pasaran dunia. Salah satu tahapan proses produksi makanan dan minuman cokelat yang sangat penting adalah pemecahan biji dan pemisahan kulit kakao pascasangrai. Kendala pengembangan industri makanan dan minuman cokelat skala kecil dan menengah di antaranya adalah tidak tersedianya peralatan dan mesin yang cocok dan terjangkau oleh pengusaha kecil, baik secara teknologis maupun harga. Untuk itu Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia telah merancang dan menguji coba sebuah mesin pemecah biji dan pemisah kulit kakao pasca sangrai tipe pisau rotari. Unit pemecah diputar oleh sebuah motor listrik berdaya 1/2 HP, *single phase*, 110/200 V dan memiliki putaran poros 1440 rpm. Sistem penerusan daya dari tenaga penggerak ke unit pemecah menggunakan *pulley* dan sabuk karet V tunggal (*single V belt*). Unit pemecah dilengkapi dengan kipas jenis sentrifugal dengan spesifikasi teknis laju aliran udara 8,5 m³/min, tekanan 780 Pa, daya 370 W dan tegangan 220 V yang digunakan untuk memisahkan fraksi kulit (*shell*) dari komponen nib kakao. Hasil uji coba menunjukkan bahwa kondisi operasional optimum mesin diperoleh pada kapasitas kerja 268 kg/jam, dengan kecepatan putar pisau rotari 500 rpm dan kecepatan aliran udara 2,8 m/detik. Persentase hasil pemecahan biji yang diperoleh dari corong 1 dan corong 2 masing-masing adalah 94,5% dan 5,5%. Distribusi hasil pemisahan fraksi nib dan serpihan kulit terikut keping biji dari corong 1 adalah kadar nib 92% dan kadar kulit terikut keping biji 8%, sedangkan distribusi hasil pemisahan fraksi kulit dan keping biji terikut serpihan kulit dari corong 2 adalah kadar kulit 97% dan kadar keping biji terikut kulit 3%. Daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan mesin tersebut pada kondisi operasional dengan kecepatan putar pisau rotari 500 rpm dan kecepatan aliran udara 2,8 m/detik sebesar 833 W.

1) Peneliti, Ahli Peneliti dan Teknisi (*Researcher, Senior Researcher and Technician*); Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, Jl. P.B. Sudirman 90, Jember 68118, Indonesia.

Summary

Conversion of cocoa beans to chocolate product is, therefore, one of the promising alternatives to increase the value added of dried cocoa beans. On the other hand, the development of chocolate industry requires an appropriate technology that is not available yet for small or medium scale of business. Breaking and deshelling cocoa roasted beans is one important steps in cocoa processing to ascertain good chocolate quality. The aim of this research is to study performance of rotary cutter type breaking machine for breaking and deshelling cocoa roasted beans. Indonesian Coffee and Cocoa Research Institute has designed and tested a rotary cutter type breaking machine for breaking and deshelling cocoa roasted beans. Breaker unit has rotated by ½ HP power, single phase, 110/220 V and 1440 rpm. Transmission system that use for rotating breaker unit is pulley and single V belt. Centrifugal blower as separator unit between cotyledon and shell has specification 0.5 m³/min air flow, 780 Pa, 370 W, and 220 V. Field tests showed that the optimum capacity of the machine was 268 kg/h with 500 rpm speed of rotary cutter, 2,8 m/s separator air flow, and power require was 833 W. Percentage product in outlet 1 and 2 were 94.5% and 5.5%. Particle distribution from outlet 1 was 92% as cotyledon, 8% as shell in cotyledon and on outlet 2 was 97% as shell, 3% as cotyledon in shell.

Key words : cocoa, breaking, rotary cutter, quality.

PENDAHULUAN

Salah satu upaya strategis untuk mengurangi ketergantungan pasar komoditas primer di luar negeri adalah perluasan pasar melalui pendekatan diversifikasi dan pengembangan produk kakao sekunder. Produk ini dinilai akan memberikan beberapa insentif ekonomis bagi negara antara lain peningkatan nilai tambah yang lebih besar pada produk-produk pertanian, peluang lapangan kerja di pedesaan, pengembangan industri terkait dan peningkatan konsumsi per kapita kakao di dalam negeri yang saat ini relatif rendah yang berarti mengurangi ketergantungan terhadap pasar komoditas primer di luar negeri (Suhargo, 2001).

Pemecahan biji dan pemisahan kulit (*shell*) dari keping biji (*nib*) kakao pasca sangrai merupakan salah satu tahap pengolahan hilir kakao yang sangat menentukan mutu akhir produk makanan maupun minuman cokelat (Lopez & Donald, 1981). Pemecahan dan pemisahan kulit kakao bertujuan untuk memperbesar luas permukaan hancuran nib sehingga pada saat perlakuan pengempaan dengan bantuan pemanas, massa kakao akan menerima panas yang lebih banyak dan seragam (Sri-Mulato *et.al.*, 2004). Umumnya, petani kakao melakukan tahapan pemecahan biji dengan cara penumbukan menggunakan lumpang yang terbuat dari batu atau tanah liat, sedangkan proses pemisahan kulit (*shell*) dari keping biji kakao dilakukan secara manual dengan menggunakan tampah

yaitu alat berbentuk lingkaran yang dibuat dari anyaman bambu. Kelemahan proses pemecahan dan pemisahan kulit dari keping biji kakao secara manual di antaranya adalah produktivitas kerja pemecahan dan pemisahan sangat rendah, persentase keping biji dan kulit hancur sangat besar sehingga menyulitkan proses pemisahan antara kedua komponen tersebut dan terjadi proses pergerakan di dasar lumpang karena adanya tekanan alat penumbuk yang kontinu sehingga berakibat pada menurunnya efektifitas pemecahan (Henderson & Perry, 1970).

Kulit biji kakao tidak cocok untuk dikonsumsi manusia karena memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi sehingga dapat mengakibatkan rasa pedih. Tingginya kadar kulit dapat menyebabkan kapasitas penghancuran secara mekanis menjadi rendah dan *flavor* produk akhir makanan maupun minuman cokelat yang dihasilkan juga menurun. Kadar kulit (*shell*) maksimum di dalam pasta cair (*cocoa liquor*) siap olah menjadi produk makanan cokelat adalah 1,75% (Beckett, 2000). Selain itu, pemecahan biji dan pemisahan kulit dari komponen keping biji bertujuan untuk memperbesar luas permukaan keping biji sehingga pada saat perlakuan penyangraian keping biji atau ekstraksi lemak kakao pasca sangrai dari dalam keping biji dapat diperoleh hasil yang maksimum.

Pada proses pemecahan dan pemisahan kulit dari komponen keping biji secara manual pada biji kakao pasca sangrai berkadar air 6,5% (basis basah) diperoleh komponen keping biji sebanyak 87,1% dan 12,9% sisanya merupakan komponen kulit.

Menurut Minifie (1980), proses pemisahan kulit dari keping biji secara mekanis hanya diperoleh nilai komponen keping biji tidak lebih dari 83% dan keping tersebut masih mengandung serpihan kulit sebanyak 1,5-2%.

Menurut Sri-Mulato (2002) sebagaimana yang terjadi pada industri kopi bubuk, industri makanan dan minuman cokelat skala besar umumnya juga didukung oleh manajemen, modal dan sumber daya manusia yang memadai sehingga industri golongan ini mampu membeli peralatan dan mesin pengolahan produk impor dengan teknologi tinggi. Introduksi peralatan dan mesin pengolahan makanan dan minuman cokelat produk impor ke petani kakao Indonesia memiliki beberapa kelemahan.

Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia telah merancang bangun mesin pemecah biji dan pemisah kulit kakao pasca sangrai tipe pisau putar (*rotary cutter*) yang cocok dan terjangkau oleh pengusaha kecil baik secara teknologis maupun harga. Mesin pemecah dan pemisah kulit ini merupakan salah satu mesin yang digunakan dalam rangkaian peralatan dan mesin pengolahan untuk menghasilkan minuman dan makanan cokelat.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari kinerja mesin pemecah biji dan pemisah kulit kakao pascasangrai tipe pisau rotari sehingga diperoleh kondisi optimum pengoperasian mesin yang dapat digunakan sebagai acuan kerja dengan mutu produk akhir yang baik. Mesin ini menggunakan rancangan geometris pisau putar karena teknologi konstruksi dan pembuatannya relatif sederhana dibandingkan dengan mesin

pemecah biji tipe silinder ganda, sedangkan proses pemisahan kulit dari komponen keping biji dilakukan dengan metode perbedaan berat jenis menggunakan hembusan udara (*winower*). Mesin yang diuji memiliki mekanisme kerja pemecahan sebagai berikut ; biji kakao pascasangrai terpecah karena adanya mekanisme pemotongan antara plat statis (*stator*) dan pisau berputar yang berfungsi sebagai *rotor*, sedangkan proses pemisahan kulit dari komponen keping biji dilakukan dengan metode perbedaan berat jenis bahan menggunakan hembusan udara kipas sentrifugal. Kulit (*shell*) memiliki berat yang relatif lebih ringan dibandingkan dengan komponen keping biji sehingga akan mudah dipisahkan dengan adanya mekanisme pneumatik hembusan udara.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Pengolahan Hasil dan Rekayasa Alat dan Mesin Pengolahan Kopi dan Kakao, Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, Jember, Jawa Timur pada bulan Maret sampai dengan Juni 2005.

Bahan yang digunakan adalah biji kakao dari jenis lindak (*bulk cocoa*) kering yang diperoleh dari produksi Kebun Percobaan Kaliwining, Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Biji kakao kering memiliki kisaran kadar air antara 6–7% (basis basah) dan setelah melalui proses diperoleh biji kakao dengan sifat yang mendekati seragam serta masuk dalam klasifikasi mutu C, dimana diperoleh jumlah 111–120 biji per 100 g biji kakao kering. Sebelum proses

pemecahan biji dan pemisahan kulit dari komponen keping biji, biji kakao tersebut disangrai terlebih dahulu dengan menggunakan mesin sangrai biji kakao tipe silinder pada kisaran suhu 120–130°C selama 25–30 menit sampai di-peroleh tingkat kematangan yang relatif seragam yaitu pada kisaran kadar air 2,5–2,9%.

Peralatan dan mesin yang digunakan adalah mesin pemecah dan pemisah kulit tipe pisau rotari (*rotary cutter*) beserta perlengkapannya, alat ukur kadar air, alat ukur kecepatan putar (*tacho-meter*), alat ukur kecepatan aliran udara (*anemometer*), pengukur tegangan dan arus listrik, timbangan digital dengan beban maksimum 50 kg, timbangan analitik dan beberapa peralatan bantu lainnya.

Deskripsi Mesin Pemecah dan Pemisah Kulit Kakao Tipe Pisau Rotari

Mesin pemecah biji dan pemisah kulit dari komponen keping biji pascasangrai tipe pisau rotari memiliki empat bagian penting yaitu unit pemecah biji, tenaga penggerak, rangka dan unit pemisah (*centrifugal blower*). Unit pemecah berbentuk silinder heksagonal yang berfungsi sebagai *rotor* dan dibuat dari bahan baja tahan karat (*stainless steel*) tebal 3 mm, serta memiliki ukuran diameter, lebar dan jumlah pisau pemotong masing-masing 280 mm, 100 mm dan 6 buah. Masing-masing pisau pemotong memiliki ukuran panjang, lebar dan tebal berturut-turut 100 mm, 50 mm dan 3 mm. Unit *stator* dibuat dari bahan plat baja tahan karat berukuran panjang, lebar dan tebal berturut-turut 100 mm, 75 mm dan 3 mm.

Tenaga penggerak yang digunakan adalah sebuah motor listrik dengan spesifikasi daya 1/2 HP, *single phase*, 110/200 V dan memiliki putaran poros 1440 rpm. Sistem penerusan daya dari tenaga penggerak ke silinder pemecah menggunakan *pulley* dan sabuk karet V tunggal (*single V belt*).

Rangka mesin pemecah biji dan pemisah kulit dari komponen keping biji kakao pasca sangrai dibuat dari bahan besi baja profil persegi 40 mm x 60 mm dan memiliki dimensi panjang, lebar dan tinggi berturut-turut 500 mm, 450 mm dan 660 mm. Rangka berfungsi untuk menopang seluruh komponen mesin pemecah biji dan pemisah kulit kakao pasca sangrai tipe pisau rotari.

Kipas jenis sentrifugal digunakan sebagai unit penghembus (*blower*) yang berfungsi untuk memisahkan fraksi kulit (*shell*) dari komponen keping biji kakao dengan mekanisme pemisahan perbedaan berat jenis (*density*) bahan. Kulit kakao yang memiliki masa relatif lebih ringan akan terbawa keluar melalui pipa berukuran diameter 50 mm, sedangkan keping biji kakao yang memiliki masa relatif lebih berat akan turun ke wadah penampung. Kipas sentrifugal memiliki spesifikasi teknis; laju aliran udara 8,5 m³/min, tekanan 780 Pa, daya 370 W dan tegangan 220 V.

Hasil pemecahan biji dan pemisahan kulit dibagi menjadi dua corong keluaran, yaitu :

- a. Corong 1, adalah keluaran berupa keping biji kakao pascasangrai dan serpihan kulit terikut keping biji.
- b. Corong 2, adalah keluaran berupa serpihan kulit kakao dan keping biji terikut serpihan kulit.

Pelaksanaan Penelitian

Perlakuan

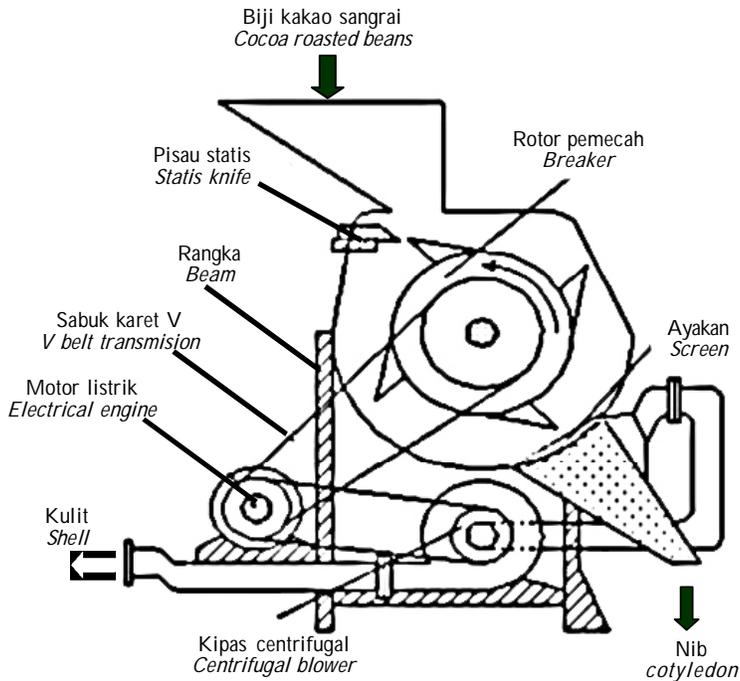
Kinerja mesin dievaluasi dalam tiga level kecepatan putar pisau rotari, yaitu 500 rpm, 700 rpm dan 900 rpm dan masing-masing dikenakan dengan tiga level kecepatan aliran udara untuk memisahkan kulit dari keping biji, yaitu 2,7 m/detik; 2,75 m/detik dan 2,8 m/detik. Ulangan pemecahan biji dan pemisahan kulit untuk masing-masing perlakuan tersebut di atas dilakukan sebanyak 3 kali. Sebagai kontrol dilakukan proses pemisahan keping biji dari kulit kakao secara manual. Tabel 1 menunjukkan matriks penandaan perlakuan pemecahan biji dan pemisahan kulit kakao.

Pengukuran

Parameter yang diukur meliputi kecepatan putar silinder pemecah, waktu pemecahan biji dan pemisahan kulit, berat bahan yang diumpangkan, kecepatan aliran udara penghembus dan arus listrik untuk menentukan kebutuhan daya motor penggerak.

Tolok ukur

Tolok ukur dalam penentuan kondisi optimum pengoperasian mesin pemecahan biji dan pemisahan kulit adalah dengan membandingkan persentase kulit terikut keping biji dan persentase keping biji terikut kulit hasil pemecahan dan pemisahan kulit secara mekanis terhadap persentase keping biji dan kulit hasil pemisahan secara manual.



Gambar 1. Sketsa mesin pemecah biji dan pemisah kulit dari komponen keping biji kakao tipe pisau rotari.

Figure 1. Design of rotary cutter type breaking and deshelling machine.

Tabel 1. Matrik penandaan perlakuan pemecahan dan pemisahan kulit kakao

Table 1. Sign matrix for several treatments

Perlakuan kecepatan aliran udara, m/detik	Kecepatan putar, rpm		
	500	700	900
2.,7	A ₁	B ₁	C ₁
2.7	A ₂	B ₂	C ₂
2.80	A ₃	B ₃	C ₃

Analisis Teknis

1. Kapasitas kerja mesin

Kapasitas kerja (Km) mesin pemecah biji dan pemisah kulit tipe pisau rotari (*rotary cutter*) ditentukan dengan persamaan 1.

$$Km, /jam = \frac{\text{berat bahan yang diumpankan, kg} \quad \text{Beans weight, kg}}{\text{waktu pemecahan dan pemisahan, jam} \quad \text{Time, h}} \dots\dots\dots 1$$

2. Hasil pemecahan dan pemisahan kulit

Hasil proses pemecahan biji dan pemisahan kulit terdiri dari persentase produk 1 (PP₁), yaitu bahan yang keluar pada corong 1 dan persentase produk 2 (PP₂) yaitu bahan yang keluar dari corong 2. PP₁ dan PP₂ masing-masing ditentukan dengan persamaan 2 dan 3.

$$PP_1, \% = \frac{\text{Berat bahan dari corong 1, kg} \quad (\text{Outlet 1, kg}) \times 100\%}{\text{Berat bahan yang diumpankan, kg} \quad \text{Total weight, kg}} \dots\dots\dots 2$$

$$PP_2, \% = \frac{\text{Berat bahan dari corong 2, kg} \quad (\text{Outlet 2, kg}) \times 100\%}{\text{berat badan yang diumpankan, kg} \quad \text{Total weight, kg}} \dots\dots\dots 3$$

3. Fraksi bahan dari corong 1

Produk pemecahan biji dan pemisahan kulit yang diperoleh dari corong 1 terdiri keping biji (N) dan Kulit terikut keping biji (KTN) yang masing-masing dihitung dengan menggunakan persamaan 4 dan 5.

$$N, \% = \frac{\text{Berat nib dari corong 1, kg} \quad (\text{Colt yledon weight from outlet 1, kg}) \times 100\%}{\text{Berat bahan dari corong 1, kg} \quad \text{Material weight from outlet 1, kg}} \dots\dots\dots 4$$

$$KTN, \% = \frac{\text{Berat kulit dari corong 1, kg} \quad (\text{Shell weight from outlet 1, kg}) \times 100\%}{\text{Berat bahan dari corong 1, kg} \quad \text{Material weight from outlet 1, kg}} \dots\dots\dots 5$$

4. Fraksi bahan dari corong 2

Produk pemecahan biji dan pemisahan kulit yang diperoleh dari corong 2 terdiri Kulit (K), dan keping biji terikut Kulit (NTK) yang masing-masing dihitung dengan menggunakan persamaan 6 dan 7.

$$NTK, \% = \frac{\text{berat kulit dari corong 2 (kg)} \times 100\%}{\text{berat bahan dari corong 2 (kg)}} \dots\dots\dots 7$$

5. Kebutuhan daya
 Daya (P) yang dibutuhkan mesin untuk memecahkan biji dan memisahkan kulit dari nib kakao dihitung dengan menggunakan persamaan 8.

$$P, \text{ Watt} = I^2 \times V \dots\dots\dots (8)$$

Dimana : I adalah arus yang terukur pada saat mesin beroperasi (Ampere) dan V adalah tegangan (Volt).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Persentase Kulit dan Keping Biji Kakao pada Kondisi Pra dan Pascasangrai

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji kakao dari jenis lindak (*bulk cocoa*) dengan kadar air awal 6–7% yang kemudian disangrai hingga diperoleh kadar air 2,5–2,9%. Rerata persentase keping biji dan kulit hasil pemisahan yang dilakukan secara manual dari biji kakao sebelum disangrai (BR, *before roasting*) dan setelah disangrai (AR, *after roasting*) ditampilkan pada Gambar 2. Hasil tersebut menunjukkan bahwa biji kakao pasca sangrai yang digunakan untuk proses pemecahan biji dan pemisahan kulit secara mekanis terdiri dari 82% berupa keping biji dan sisanya sebesar 18% berupa kulit. Kadar kulit yang relatif tinggi dari biji kakao pascasangrai tersebut disebabkan oleh kondisi bahan awal sebelum proses penyangraian yang masih memiliki kadar kulit yang relatif tinggi, yaitu sebesar 20% dari total berat biji kakao.

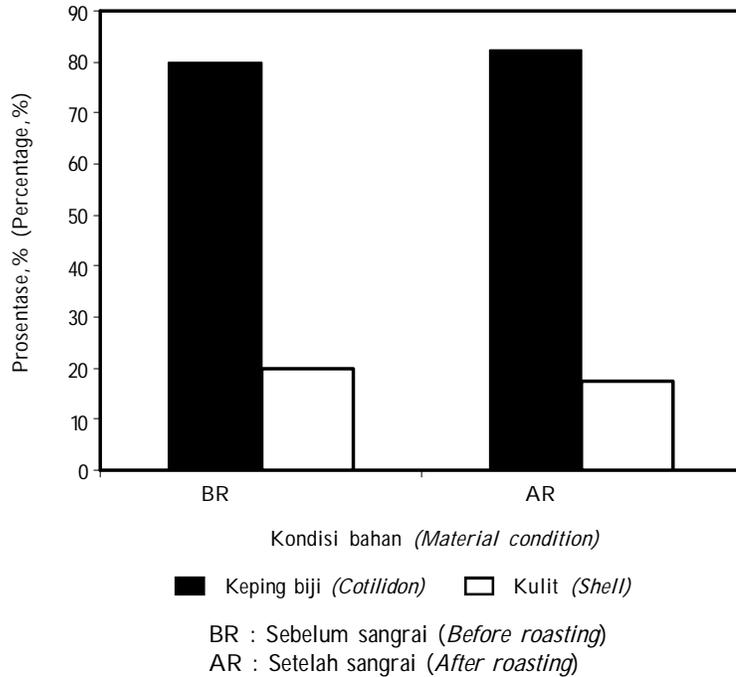
SNI Kakao nomor 01-2323-2002 menyebutkan bahwa kadar kulit yang terdapat pada biji kakao kering dengan kadar air 7,5% tidak boleh lebih dari 13%. Kadar kulit yang tinggi dapat menyebabkan mesin bekerja lebih berat, jumlah kulit yang tercampur di dalam keping biji akan lebih besar karena dengan semakin tebal kulit maka densitasnya akan relatif lebih besar dan tingkat kehalusan pasta cokelat yang dihasilkan akan sulit diperoleh karena bahan baku yang masih banyak mengandung serat. Oleh karena itu, pengawasan proses dan pengendalian mutu pada setiap tahapan proses pengolahan sangat diperlukan untuk menghasilkan produk kering berkualitas tinggi.

Kapasitas Kerja

Kapasitas kerja mesin pemecah biji dan pemisah kulit tipe pisau rotari ditampilkan pada Gambar 3 dan persamaan garis linier regresi yang terbentuk dari ketiga perlakuan tersebut ditampilkan pada Tabel 2. Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan putar pisau rotari maka mesin pemecah biji dan pemisah kulit akan memiliki kapasitas kerja yang semakin tinggi. Biji kakao pasca sangrai terpecah karena adanya mekanisme pemotongan antara pisau statis yang berfungsi sebagai stator dan pisau rotari yang berfungsi sebagai rotor. Dengan semakin tinggi kecepatan putar pisau rotari maka frekuensi pertemuan antara rotor dan stator akan semakin tinggi sehingga jumlah biji kakao dapat dipecahkan juga akan semakin banyak. Mekanisme pemisahan kulit dari komponen nib terjadi berdasarkan perbedaan berat jenis bahan (*density*), yang mana kulit (*shell*) memiliki masa yang relatif lebih ringan dibandingkan dengan komponen keping biji sehingga akan mudah dipisahkan dengan adanya mekanisme pneu-matik hembusan udara.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kapasitas kerja mesin tertinggi sebesar 716 kg/jam diperoleh pada perlakuan kecepatan putar pisau rotari 900 rpm dan kecepatan aliran udara 2,8 m/detik, sedangkan kapasitas kerja mesin terendah sebesar 167 kg/jam diperoleh pada perlakuan kecepatan putar pisau rotari 500 rpm dan kecepatan aliran udara 2,7 m/detik.

Tabel 2 menunjukkan persamaan regresi linier dan koefisien korelasi (R^2) antara kecepatan putar pisau rotari dengan kapasitas



Gambar 2. Prosentase nib dan kulit kakao hasil pemisahan secara manual
 Figure 2. Percentage of cotyledon and shell by manual separation process

kerja mesin yang dihasilkan. Persamaan regresi linier tersebut sangat berguna karena dapat digunakan untuk memprediksi kapasitas kerja mesin yang dihasilkan jika pisau rotari berputar pada kecepatan di bawah 500 rpm atau diatas 900 rpm. Nilai koefisien korelasi tertinggi diperoleh pada kecepatan putar pisau rotari 900 rpm, diikuti dengan 500 rpm dan terendah pada kecepatan 700 rpm. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan perlakuan kecepatan putar pisau rotari 900 rpm terhadap kapasitas kerja mesin ternyata lebih baik jika dibandingkan kecepatan putar pisau rotari 500 rpm dan 700 rpm. Namun demikian, kapasitas kerja mesin yang tinggi belum menjamin diperolehnya kondisi operasional mesin yang

terbaik karena ter-nyata kapasitas kerja yang tinggi tidak ber-korelasi positif terhadap efektifitas kerja mesin.

Hasil Pemecahan Biji dan Pemisahan Kulit

Hasil pemecahan biji dan pemisahan kulit dari dua buah corong keluaran yang berbeda yaitu corong 1 berupa nib dan kulit tercampur nib dan corong 2 berupa kulit dan nib tercampur kulit ditampilkan pada Gambar 4. Tampak bahwa dengan semakin tinggi kecepatan putar pisau rotari maka jumlah bahan yang dihasilkan di corong keluaran 2 akan semakin sedikit. Semakin tinggi

kecepatan putaran pisau rotari maka akan mengakibatkan semakin banyak dihasilkan partikel keping biji berukuran kecil (serbuk) dan pecahan kulit. Adanya gesekan antara bahan dengan permukaan pisau rotari, maupun gesekan antar bahan itu sendiri akan mengakibatkan timbulnya panas di dalam unit pemecah. Lemak kakao yang terkandung di dalam keping biji akan mudah keluar pada

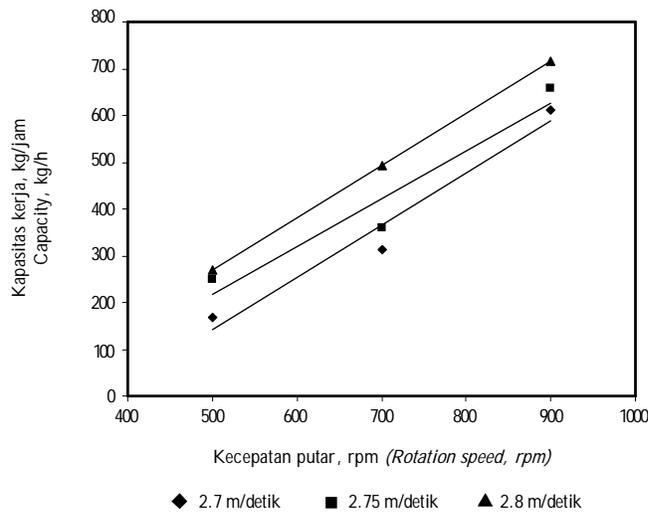
kondisi partikel yang lebih kecil dan adanya pe-ngeunaan panas. Oleh karena itu, lemak akan mudah menarik serpihan kulit dan meng-gumpalkannya bersama dengan serbuk nib. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4 dimana dengan semakin tinggi kecepatan putar pisau rotari maka jumlah bahan yang keluar melalui corong 2 semakin sedikit, sedangkan hal sebaliknya terjadi pada corong

Tabel 2. Persamaan regresi linier kapasitas kerja dari beberapa perlakuan kecepatan putar pisau rotari dan kecepatan aliran udara

Tables 2.

Kecepatan aliran udara, m/detik	Persamaan garis linier regresi	Koefisien korelasi, R
2.70	$Y = 1.1138X - 415.2$	0.9613
2.75	$Y = 1.0239X - 294.44$	0.9351
2.80	$Y = 1.1208X - 292.23$	0.9980

Catatan (Notes) : X adalah kecepatan putar pisau rotari (rpm) dan Y adalah kapasitas kerja mesin (kg/jam).



Gambar 3. Kapasitas kerja mesin pada beberapa kecepatan putar pisau rotari.
Figure 3. Machine capacity from several treatments.

1 bahwa jumlah bahan yang keluar melalui corong tersebut menjadi semakin besar.

Kecepatan aliran udara yang dihasilkan oleh kipas sentrifugal memiliki kemampuan untuk membawa pecahan kulit kakao dengan masa yang lebih ringan dan terpisah dari keping biji dengan massa yang relatif lebih berat. Semakin tinggi kecepatan aliran udara maka kemampuannya untuk membawa partikel masa yang lebih besar akan semakin tinggi. Namun demikian, fenomena sebagaimana ditampilkan pada Gambar 4 adalah akibat kecepatan putar pisau rotari yang semakin tinggi maka serpihan kulit tidak dapat terpisahkan dengan sempurna ke corong 2 karena terikat pada serbuk keping biji yang banyak mengandung lemak dan ikut keluar melalui corong 1.

Jumlah bahan terbanyak yang keluar melalui corong 1 diperoleh pada perlakuan kecepatan putar pisau rotari 700 rpm dan kecepatan aliran udara 2,8 m/detik, sedangkan jumlah bahan terbanyak yang keluar melalui corong 2 diperoleh pada perlakuan kecepatan putar pisau rotari 500 rpm dan kecepatan aliran udara 2,7 m/detik.

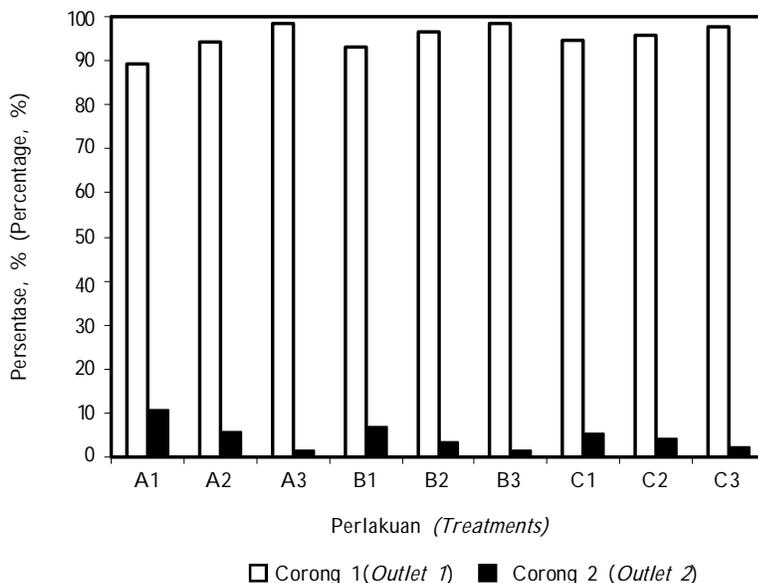
Jika dibandingkan dengan proses pemisahan kulit kakao pascasangrai secara manual yang diperoleh kadarkeping biji sebesar 82% dan kadar kulit 12%, maka dengan kecepatan putar pisau rotari yang semakin tinggi tidak menjamin akan dihasilkan komposisi keping biji kakao terbesar di corong 1. Pada kecepatan putar pisau rotari 700 rpm dan kecepatan aliran udara 2,8 m/detik diperoleh produk pada corong 1 sebesar 98% dan corong 2 sebesar 2%. Sedangkan pada kecepatan putar pisau rotari 500 rpm dan kecepatan aliran udara

2,7 m/detik diperoleh produk pada corong 1 sebesar 89% dan corong 2 sebesar 11%.

Fraksi bahan pada corong 1

Kapasitas kerja mesin pemecah biji dan pemisah kulit yang tinggi belum dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan kondisi optimal pengoperasian mesin karena mutu hasil pemecahan dan pemisahan kulit sangat ditentukan oleh persentase keping biji dan persentase kulit terikut keping biji yang dihasilkan pada corong 1. Kapasitas kerja mesin yang tinggi sebaiknya diikuti dengan persentase keping biji yang tinggi dan persentase kulit terikut keping biji yang rendah.

Corong 1 merupakan keluaran hasil pemecahan biji dan pemisahan kulit berupa nib (N) dan serpihan kulit tercampur keping biji (KTN). Hasil pemisahan keping biji dan serpihan kulit secara manual diperoleh kadar keping biji sebesar 82% dan kadar kulit 12%. Gambar 5 menunjukkan bahwa dengan semakin besar kecepatan putar pisau rotari, maka kemampuan mesin untuk memecah biji akan semakin besar. Hal ini terlihat dari hasil pemilahan antara nib dan kulit terikut keping biji dari perlakuan kecepatan aliran udara 2,8 m/detik pada kecepatan putar pisau rotari 500 rpm dan 900 rpm yaitu masing-masing 92% dan 87% komponen keping biji dan 8% dan 13% komponen kulit terikut keping biji. Putaran pisau rotari yang cepat mengakibatkan frekuensi pemecahan biji akan semakin tinggi, sehingga ukuran partikel keping biji dan serpihan kulit kakao yang dihasilkan akan semakin kecil. Ukuran partikel serpihan kulit yang semakin kecil akan cenderung memudahkan bercampur dan



Gambar 4. Distribusi hasil di corong 1 dan corong 2 dari beberapa perlakuan yang berbeda.

Figure 4. Material distribution in outlet 2 from several treatments.

melekat pada permukaan partikel keping biji yang banyak mengandung lemak. Hal tersebut yang menyebabkan lebih banyak partikel serpihan kulit kakao yang tercampur di dalam keping biji dengan semakin cepat putaran pisau rotari.

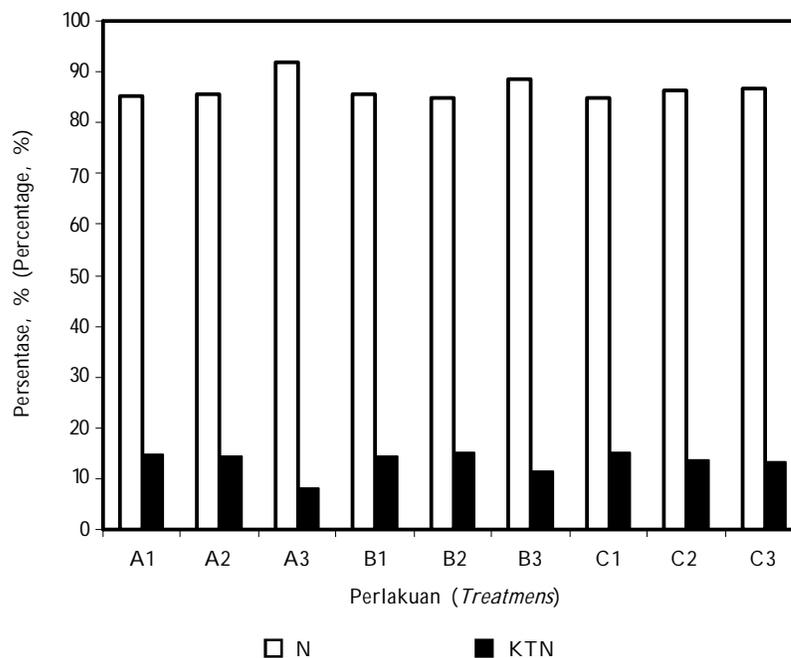
Semakin cepat kecepatan aliran udara maka kemampuan udara tersebut untuk memisahkan serpihan kulit akan semakin besar pula. Hal ini terlihat dari persentase keping biji terbesar yang dihasilkan pada kecepatan putar pisau rotari 500 rpm dan kecepatan aliran udara 2,8 m/detik, yaitu dengan kadar keping biji 92% dan kadar kulit terikut keping biji 8%. Pada kecepatan putar pisau rotari yang sama dan kecepatan aliran udara 2,7 m/detik hanya diperoleh kadar keping biji sebesar 85% dan kadar kulit terikut keping biji lebih besar, yaitu 15%. Hal ini menunjukkan bahwa dengan selisih

kecepatan aliran udara 1 m/detik lebih rendah mengakibatkan jumlah serpihan kulit yang dapat dipisahkan lebih rendah 7%, yaitu dari 8% menjadi 15% serpihan kulit.

Hasil terbaik dari pemilahan fraksi bahan dari corong 1 adalah pada perlakuan kecepatan putar pisau rotari 500 rpm dan kecepatan aliran udara 2,8 m/detik, yaitu diperoleh kadar keping biji sebesar 92% dan kadar serpihan kulit terikut keping biji sebesar 8%.

Fraksi bahan pada corong 2

Corong 2 merupakan hasil pemecahan biji dan pemisahan kulit berupa kulit (K), dan keping biji terikut kulit (NTK). Kondisi operasional mesin terbaik adalah pada kapasitas kerja mesin dimana pada corong 2 diperoleh persentase kulit terpisah keping



Gambar 5. Persentase nib (N) dan kulit terikut nib (KTN) dari beberapa perlakuan.

Figure 5. Percentage of cotyledon (N) and shell in cotyledon (KTN) from several treatments.

biji paling besar. Gambar 6 menunjukkan bahwa dengan semakin tinggi kecepatan aliran udara maka kemampuan untuk memisahkan kulit dari komponen keping biji akan semakin besar. Hal ini ditunjukkan pada kecepatan putar pisau rotari yang sama, yaitu 900 rpm maka persentase serpihan kulit yang berhasil dipisahkan dari kecepatan aliran udara 2,8 m/detik (96%) lebih tinggi dibandingkan persentase serpihan kulit yang berhasil dipisahkan dari kecepatan aliran udara 2,7 m/detik (93%).

Hasil pemilahan fraksi bahan dari corong 2 yaitu komponen kulit dan keping biji terikut kulit terbaik adalah pada kondisi operasional kecepatan putar pisau rotari 500

rpm, dan kecepatan aliran udara 2,8 m/detik. Pada kondisi tersebut diperoleh persentase kulit (K) sebesar 97% dan keping biji terikut kulit (NTK) sebesar 3%.

Kebutuhan Daya

Henderson dan Perry (1970) menyatakan bahwa prestasi dari mesin pengecil ukuran suatu bahan ditentukan oleh kapasitas, kebutuhan daya per unit bahan, ukuran dan bentuk hasil produksi. Daya penggerak yang dibutuhkan untuk operasional suatu mesin sangat ditentukan oleh nilai putaran mesin (n), torsi yang dihasilkan oleh mesin (m) dan efisiensi mesin (h) sebagai mana

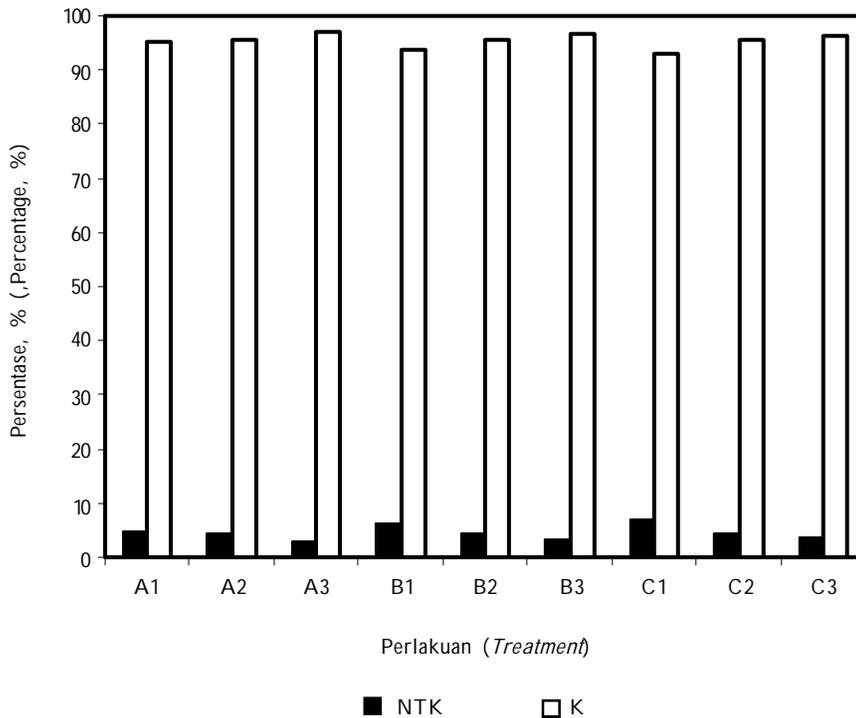
ditampilkan pada persamaan 9 sebagai berikut :

$$P, kW = \frac{2 \cdot \pi \cdot \mu \cdot n}{6000 \cdot \eta} \dots\dots\dots 9$$

Persamaan 9 dan Gambar 7 menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan putar pisau rotari, maka daya yang dibutuhkan akan semakin meningkat. Pada kecepatan aliran udara yang sama (2,7 m/detik), daya untuk menggerakkan pisau rotari hingga mencapai kecepatan putar 500 rpm sebesar 826 W, sedangkan untuk kecepatan putar 900 rpm diperlukan daya yang lebih besar

yaitu 868 W. Persamaan garis linier yang diperoleh dari hubungan antara kecepatan putar pisau rotari terhadap daya yang dibutuhkan untuk operasional mesin pemecah biji dan pemisah kulit ditampilkan pada Tabel 3.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pada kondisi operasional mesin terbaik pada corong 1 diperoleh persentase keping biji terbesar dan pada corong 2 diperoleh persentase kulit terbesar yaitu kecepatan putar pisau rotari 500 rpm dan kecepatan aliran udara 2,8 m/detik diperoleh kebutuhan daya untuk operasional mesin pada kondisi tersebut sebesar 833 W.



Gambar 6. Persentase kulit (K) dan nib terikut kulit (NTK) dari beberapa perlakuan.
 Figure 6. Percentage of shell (K) and cotyledon in shell (NTK) from several treatments.

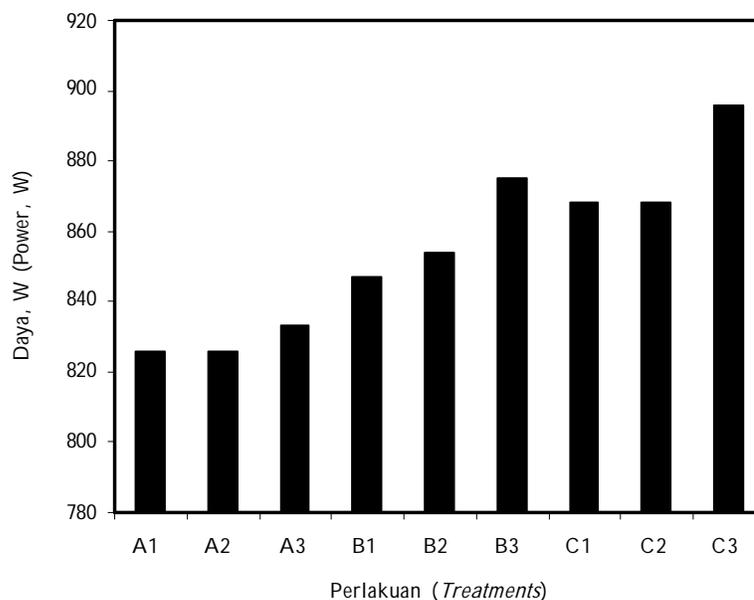
KESIMPULAN

Telah dirancang dan diuji coba mesin pemecah biji dan pemisah kulit kakao pasca sangrai tipe pisau putar. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kondisi optimal operasional mesin tersebut diperoleh pada kecepatan putar pisau rotari 500 rpm dan kecepatan aliran udara 2,8 m/detik dengan kapasitas kerja 268 kg/jam. Persentase hasil pemecahan biji yang diperoleh dari corong 1 dan corong 2 masing-masing adalah 94,5% dan 5,5%. Distribusi hasil pemisahan fraksi keping biji dan serpihan kulit terikut keping biji dari corong 1 adalah kadar

keping biji 92% dan kadar kulit terikut nib 8%, sedangkan distribusi hasil pemisahan fraksi kulit dan keping biji terikut serpihan kulit dari corong 2 adalah kadar kulit 97% dan kadar nib terikut kulit 3%. Daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan mesin tersebut pada kondisi operasional dengan kecepatan putar pisau rotari 500 rpm, dan kecepatan aliran udara 2,8 m/detik sebesar 833 W.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Sdri. Eni Widayanti, mahasiswi



Gambar 7. Hubungan antara kecepatan putar pisau rotari terhadap daya yang dibutuhkan.

Figure 7. Relation between rotation speed of rotary cutter and power consumed from several treatments.

Tabel 3. Persamaan garis linier hubungan antara kecepatan putar pisau rotari terhadap daya yang dibutuhkan untuk operasional mesin

Table. *Linier regression equations for relation speed of rotary cutter and power consume*

Kecepatan aliran udara, m/detik	Persamaan garis linier regresi	Koefisien korelasi, R ²
2,7	$Y = 3,5X + 821,33$	0,75
2,75	$Y = 14X + 830,67$	0,9231
2,8	$Y = 14X + 849,33$	0,75

Dimana : X adalah kecepatan putar pisau rotari (rpm) dan Y adalah daya yang dibutuhkan (W).

Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember atas segala bantuan yang telah diberikan sampai dengan selesainya kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Beckett, S.T. (2000). *Industrial chocolate manufacture and use*. Van Nostrand Reinhold 115 Fifth Avenue, New York.

Dewan Standarisasi Nasional (2002). *Standar Nasional Indonesia : Biji Kakao. SNI No. 01-2323-2002*. Departemen Pertanian, Jakarta.

Henderson, S.M. & Perry (1970). *Agricultural Process Engineering*. Second Edition. The AVI Publishing, Westport, Connecticut.

Lopez, A.S. & Mc. Donald (1981). A definition of descriptors to be used for the qualification of chocolate flavours in flavor testing, *Revista Theobroma*, 11, 209–217.

Minifie, B. W. (1980). *Chocolate, Cocoa and Confectionery : Science and Technology (2nd Ed.)*. Avi Publ. Co. : Westport, Conn.

Sri-Mulato (2002). Perancangan dan pengujian mesin sangrai biji kopi tipe silinder. *Pelita Perkebunan*, 18, 31–45.

Sri-Mulato; Sukrisno Widyotomo; Misnawi; Sahali & Edy Suharyanto (2004). *Petunjuk Teknis Pengolahan Produk Primer dan Sekunder Kakao*. Bagian Proyek Penelitian dan Pengembangan Kopi dan Kakao, Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, Jember.

Suhargo (2001). *Daya Saing Kakao dan Produk Kakao, Training Quality Assurance in Cacao Processing*. Program Studi Teknologi Hasil Perkebunan, FTP, UGM, Yogyakarta.
