

Kinerja Pengupas Kulit Buah Kopi Segar Tipe Silinder Ganda Horizontal

Performance of a Horizontal Double Cylinder Type of Fresh Coffee Cherries Pulping Machine

Sukrisno Widyotomo¹⁾, Sri-Mulato¹⁾, H. Ahmad²⁾, dan S. Soekarno²⁾

Ringkasan

Pengupasan kulit buah kopi basah merupakan salah satu tahapan proses yang sangat penting dalam pengolahan kopi basah. Proses pengupasan dilakukan dengan menggunakan mesin pengupas yang dapat dibuat dari kayu ataupun bahan logam. Mesin pengupas kulit buah kopi basah tipe silinder tunggal horizontal merupakan tipe mesin yang banyak beredar di pasaran. Salah satu kelemahan mesin tersebut antara lain masih banyak diperoleh biji pecah. Biji pecah merupakan salah satu cacat mutu dari biji kopi. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia telah melakukan rancangbangun dan uji coba mesin pengupas kulit buah kopi basah tipe silinder ganda horizontal. Bahan yang digunakan adalah buah kopi basah Robusta matang berkadar air 60–65% (basis basah); komposisi ukuran buah terdiri atas 50,8% buah tertahan pada ayakan berdiameter 15 mm, 32% buah tertahan pada ayakan berdiameter 10 mm, dan 16,6% buah lolos ayakan berdiameter 10 mm; densitas kamb 690–695 kg/m³, dan telah terpisah dari benda-benda logam dan asing lainnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas kerja optimal pengupasan buah kopi ukuran campuran (*unsorted*) sebesar 420 kg/jam diperoleh pada putaran silinder pengupas 1400 rpm dengan hasil 53,08% biji HS utuh; 16,92% biji pecah dan 30% biji di kulit. Kapasitas kerja optimum pengupasan buah kopi ukuran kecil (*small*) sebesar 603 kg/jam diperoleh pada putaran silinder pengupas 1600 rpm dengan hasil 51,30% biji HS utuh; 12,59% biji pecah dan 36,1% biji di kulit. Kapasitas kerja optimal pengupasan buah kopi ukuran sedang (*medium*) sebesar 564 kg/jam diperoleh pada putaran silinder pengupas 1800 rpm dengan hasil 48,64% biji HS utuh; 18,5% biji pecah dan 32,86% biji di kulit.

Summary

Pulping is one important step in wet coffee processing method. Usually, pulping process uses a machine which constructed using wood or metal materials. A horizontal single cylinder type coffee pulping machine is the most popular machine in coffee processor and market. One of the weakness of a horizontal single cylinder type coffee pulping machine is high of broken beans. Broken

1) Peneliti (*Researcher*), Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, Jl. PB. Sudirman No. 90 Jember, Indonesia.

2) Dosen (*Lecturer*), Fakultas Pertanian Universitas Negeri Jember, Indonesia.

beans is one of major aspect in defect system that result in low quality. Indonesian Coffee and Cocoa Research Institute has designed and tested a horizontal double cylinder type coffee pulping machine. Material tested is Robusta cherry, mature, 60–65% (wet basis) moisture content, which size composition of coffee cherries was 50.8% more than 15 mm diameter, 32% more than 10 mm diameter, and 16.6% to get through 10 mm hole diameter; 690–695 kg/m³ bulk density, and clean from methal and foreign materials. The result showed that this machine has 420 kg/h optimal capacity in operational conditions, 1400 rpm rotor rotation speed for unsorted coffee cherries with composition 53.08% whole parchment coffee, 16.92% broken beans, and 30% beans in the wet skin. For small size coffee cherries, 603 kg/h optimal capacity in operational conditions, 1600 rpm rotor rotation speed with composition 51.30% whole parchment coffee, 12.59% broken beans, and 36.1% beans in the wet skin. Finally, for medium size coffee cherries, 564 kg/h optimal capacity in operational conditions, 1800 rpm rotor rotation speed with composition 48.64% whole parchment coffee, 18.5% broken beans, and 32.86% beans in the wet skin.

Key words : coffee, pulp, pulper, cylinder, quality.

PENDAHULUAN

Salah satu tahapan proses yang membedakan antara pengolahan kopi secara basah dengan kering adalah pengupasan dan pemisahan kulit buah kopi matang dari bagian biji HS. Pada pengolahan basah, buah kopi telah mencapai tingkat kematangan yang optimal antara lain ditandai oleh kulit buah yang berwarna merah seragam dan segar harus segera dikupas dan dipisahkan dari bagian biji HS. Di lain pihak, pada pengolahan kering, buah kopi hasil panen segera dikeringkan baik dengan cara penjemuran maupun menggunakan pengering mekanis sampai diperoleh kadar air 12–13%. Buah kopi matang mudah mengalami pembusukan terutama bila ditimbun. Makin matang buah kopi, maka akan semakin cepat mengalami pembusukan. Komponen bau busuk tersebut terserap ke dalam biji dan akan menghasilkan jenis cacat cita rasa

fermented, over fermented atau stinker. Lebih lanjut Ismayadi (1999) melaporkan bahwa penilaian mutu kopi ekspor Indonesia saat ini masih didasarkan pada sistem nilai cacat, yaitu hanya didasarkan pada kondisi fisik biji kopi. Wahyudi *et al.* (1999) melaporkan bahwa keragaman cita rasa kopi Arabika diduga merupakan akibat karakteristik fisik buah kopi yang beragam, misalnya bentuk dan ukuran, dapat menimbulkan masalah pada tahapan pengupasan dan pemisahan kulit buah dari biji kopi HS (*pulping*), yaitu dihasilkan biji lecet. Vincent (1989) dan Mburu (1995) melaporkan bahwa biji lecet, yaitu biji yang kulit tanduknya ikut terkupas bersama kulit buahnya, akan lebih cepat mengalami kerusakan fisik maupun cita rasa daripada biji utuh.

Pengupasan kulit buah berlangsung di dalam celah di antara permukaan silinder yang berputar (*rotor*) dan permukaan plat

atau pisau yang diam (*stator*). *Rotor* memiliki permukaan yang bertonjolan atau bergelembung (*buble plate*) yang dibuat dari bahan logam lunak jenis tembaga (Sri-Mulato *et al.*, 2006; Wintgens, 2004). Umumnya, proses pengupasan dan pemisahan kulit buah (*pulping process*) dibantu oleh sejumlah air dilakukan secara mekanis baik dengan sumber tenaga penggerak manual maupun dengan motor listrik atau motor bakar. Sri-Mulato *et al.* (1999) dan Ismayadi (1999) melaporkan bahwa mesin pengupas kulit buah dan pemisah biji HS yang umum digunakan oleh petani kopi Arabika di Indonesia adalah pengupas kulit buah mekanis tipe silinder tunggal horisontal dengan tenaga penggerak manual (*hand pulper*) atau digerakkan oleh sebuah motor bakar berdaya 4–5 HP. Sri-Mulato *et al.* (2006) melaporkan bahwa jika digerakkan secara manual (*hand pulper*), mesin mampu beroperasi dengan kapasitas kerja antara 80–100 kg/jam, sedangkan jika digerakkan oleh sebuah motor bakar 4–5 HP akan mampu menghasilkan kapasitas kerja antara 200–300 kg/jam. Amelia *et al.* (1998) melaporkan bahwa pengupasan kulit buah kopi Arabika berukuran antara 7–9 mm dengan menggunakan mesin pengupas kulit buah tipe silinder tunggal dan jarak celah kurang dari 3 mm akan diperoleh 60% buah kopi terkelupas, dan jumlah biji pecah tidak lebih dari 1%.

Keuntungan dari penggunaan mesin pengupas kulit buah kopi tipe silinder tunggal antara lain daya penggerak relatif rendah, mesin memiliki ukuran yang relatif kecil dan konstruksi yang relatif sederhana sehingga akan memudahkan petani saat operasional

dan biaya perawatan rendah. Beberapa kelemahan dari mesin pengupas kulit kopi tersebut jika digunakan untuk buah kopi Robusta antara lain persentase buah tidak terkupas dan biji pecah masih relatif tinggi. Mburu (1995) menyarankan dilakukan pemisahan buah kopi sebelum pengolahan. Namun, kegiatan pemisahan buah kopi berdasarkan ukuran akan berdampak pada waktu proses bertambah panjang dan peningkatan biaya proses baik dari aspek penyediaan alsin maupun tenaga kerjanya.

Perkebunan kopi skala besar yang dikelola oleh perusahaan Swasta maupun Negara menekan tingkat kehilangan hasil pada tahapan proses pengupasan kulit buah kopi dengan menerapkan mesin pengupas kulit buah kopi Arabika tipe silinder ganda. Mesin tersebut dapat mengupas kulit buah dengan baik dan menekan jumlah buah tidak terkupas serta biji pecah dengan mengatur jarak antar *rotor* dan *stator* yang berbeda antara silinder yang satu dengan silinder yang lain. Beberapa kelemahan dari mesin tersebut antara lain memiliki kapasitas kerja yang besar (1000–4000 kg/jam), membutuhkan daya penggerak relatif besar (20–28 HP), mesin memiliki ukuran dan konstruksi yang relatif besar dan rumit sehingga sulit untuk dapat diterapkan pada pekebun kopi rakyat. Selain itu, mesin didisain hanya dapat digunakan untuk pengupasan kulit buah kopi Arabika (Sri-Mulato *et al.*, 2006).

Sebagai salah satu upaya meningkatkan mutu kopi rakyat melalui penerapan metode dan sarana pengolahan yang tepat agar diperoleh produk bermutu tinggi dan konsisten, Pusat Penelitian Kopi dan Kakao

Indonesia telah berhasil melakukan rekayasa mesin pengupas kulit buah kopi tipe silinder ganda horizontal yang dapat digunakan untuk pengupasan kulit buah kopi yang merupakan salah satu tahapan utama pada proses pengolahan kopi secara semi basah maupun basah. Mesin pengupas kulit buah kopi dibuat dengan prinsip teknologi tepat guna, dan memaksimalkan penggunaan komponen lokal yang sesuai dengan sumber daya lokal sehingga akan mudah dan murah dalam penggunaan dan perawatannya. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui kinerja mesin pengupas kulit buah kopi tipe silinder ganda horizontal untuk mengupas kulit buah kopi Robusta dalam proses pengolahan secara basah. Analisis teknis pengoperasian mesin pengupas kulit buah kopi akan dikaji dalam penelitian ini untuk menentukan kondisi operasional optimal yang nantinya dapat dijadikan pedoman baku dalam penggunaan tersebut pada skala aplikasi di lapangan.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

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 Juni 2007 sampai dengan Oktober 2007.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah kopi Robusta matang yang

diperoleh dari Kebun Percobaan Kaliwining, Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia di Jember. Kadar air buah kopi antara 60-65% (basis basah). Komposisi ukuran buah terdiri atas 50,8% buah tertahan pada ayakan berdiameter 15 mm, 32% buah tertahan pada ayakan berdiameter 10 mm, dan 16,6% buah lolos ayakan berdiameter 10 mm; densitas kamba antara 690-695 kg/m³, dan telah terpisah dari benda-benda logam dan asing lainnya.

Peralatan dan mesin yang digunakan adalah sebuah mesin pengupas kulit buah kopi tipe silinder ganda horizontal dengan tenaga penggerak sebuah motor bakar daya 5,5 HP, alat ukur kecepatan putar (*tachometer*) TECPEL 1501, oven, timbangan analitik, dan beberapa alat bantu lainnya, serta sebuah mesin sortasi biji kopi tipe meja getar berkapasitas kerja 1200 kg/jam dengan tenaga penggerak sebuah motor listrik 1 HP (Widyotomo *et al.*, 2005).

Deskripsi mesin pengupas kulit buah tipe silinder ganda horisontal

Buah kopi Robusta matang diumpungkan ke dalam silinder pengupas ganda melalui corong pengumpan (*hopper*) dengan laju pengumpanan antara 1000-1100 kg buah kopi/jam. Jarak antara *rotor* dan *stator* level pertama dan kedua terlebih dahulu diatur agar produk pengupasan memberikan hasil baik dengan meminimalkan presentase biji pecah. Tahap pertama, pengupasan kulit buah terjadi di dalam ruang celah (*gab*) antara silinder pertama (*rotor*) dan plat tetap (*stator*). Pada tahap ini buah kopi dengan ukuran diameter lebih besar dari jarak antara

rotor dan *stator* akan terkupas, sedangkan biji kopi HS basah dan buah kopi dengan ukuran diameter lebih kecil akan lolos. Pascapengupasan, kulit buah akan terpisah dan keluar melalui corong keluaran kulit yang terletak di bagian bawah silinder pengupas. Pada tahap kedua, laju aliran biji kopi HS basah dan buah kopi yang belum terkupas ke dalam celah antara silinder kedua (*rotor*) dan *stator* dipercepat dengan adanya aliran air. Pascapengupasan, kulit buah akan terpisah dan keluar melalui corong keluaran kulit yang terletak di bagian bawah silinder pengupas, sedangkan biji kopi HS basah akan keluar melalui corong keluaran hasil yang terletak di bagian depan silinder pengupas.

Mesin pengupas kulit buah kopi tipe silinder ganda horizontal memiliki 4 bagian penting, yaitu unit pengupas (*rotor* dan *stator*), tenaga penggerak, sistem transmisi, dan rangka. Unit pengupas merupakan komponen terpenting dari mesin pengupas kulit buah kopi tipe silinder ganda horizontal yang terdiri dari silinder berputar (*rotor*) dan plat diam (*stator*). Mekanisme kerja pengupasan kulit buah kopi serupa dengan proses pengguntingan (*cutting*), namun karena permukaan buah yang bulat dan licin dengan bantuan aliran air, maka pengguntingan hanya terjadi pada komponen kulit buah yang memiliki sifat lunak. Silinder pertama dibuat dari bahan pipa baja dan pada bagian selimut dilapisi oleh lembaran plat dengan permukaan bertonjolan (*buble plate*) yang umumnya dibuat dari bahan tembaga. Silinder pengupas (*rotor*) memiliki ukuran dimensi panjang, dan diameter masing-masing 275 mm, dan 170 mm. Plat diam (*stator*) dibuat

dari bahan pipa baja dan membentuk seperempat lingkaran. Pada permukaan dalam dilapisi lembaran karet dengan lebar 150 mm dan tebal 10 mm. Mesin pengupas kulit buah kopi tipe silinder ganda horizontal dilengkapi dengan dua buah corong keluaran produk pengupasan, yaitu corong 1 yang merupakan jalur keluaran produk pengupasan berupa kopi HS basah, dan corong 2 merupakan jalur keluaran berupa kulit buah.

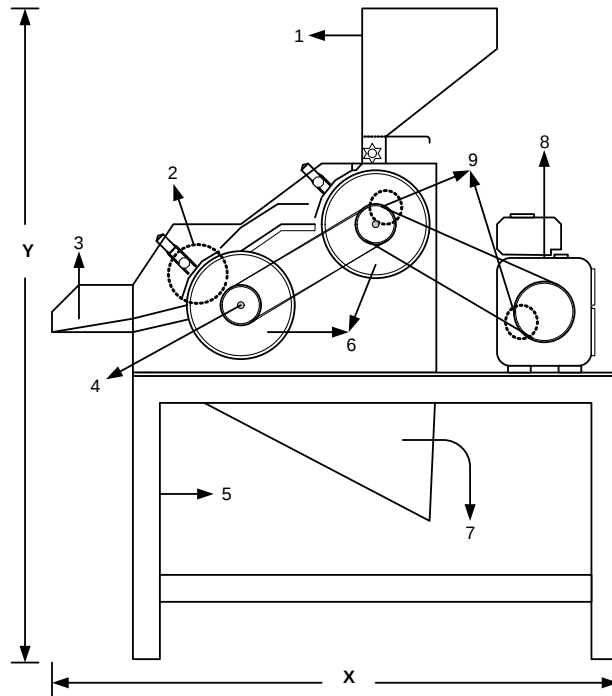
Tenaga penggerak yang digunakan untuk memutar silinder pengupas adalah sebuah motor bakar berdaya 5,5 HP. Sistem transmisi yang digunakan adalah puli dan sabuk karet V. Untuk memudahkan operator mengaktifkan tenaga penggerak, dan menekan slip putaran, maka digunakan sistem puli penegang (*coupling*). Rangka dibuat dari besi baja profil persegi yang berfungsi untuk menopang alat pengupas dan tenaga penggeraknya.

Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian uji kinerja mesin pengupas kulit buah kopi Robusta tipe silinder ganda horizontal ditampilkan pada Gambar 2.

Perlakuan

Pada penelitian ini dilakukan dua macam variasi perlakuan, yaitu perlakuan kecepatan putar silinder horizontal, dan perlakuan ukuran buah kopi yang akan dikupas. Perlakuan kecepatan putar silinder horizontal yang digunakan terdiri dari tiga tingkatan, yaitu 1400 rpm, 1600 rpm, dan 1800 rpm. Perlakuan ukuran buah kopi terdiri dari tiga



Keterangan :

- | | |
|--|--|
| 1. Corong pengumpan (<i>hopper</i>) | 6. Silinder pengupas (<i>pulping cylinder</i>) |
| 2. Unit pengupas (<i>pulping unit</i>) | 7. Corong keluaran kulit basah (<i>outlet unit of wet skin cherries</i>) |
| 3. Corong keluaran biji (<i>outlet unit of wet parchment coffee</i>) | 8. Motor penggerak (<i>enginee</i>) |
| 4. Poros silinder pengupas (<i>axle of pulping cylinder</i>) | 9. Puli dan sabuk V (<i>pully and V belt</i>) |
| 5. Rangka (<i>beam</i>) | |

Y : tinggi mesin (*height of machine*), dan X : lebar mesin (*width of machine*)

Gambar 1. Sketsa pengupas kulit buah kopi basah tipe silinder ganda (tampak samping).

Figure 1. Design of double cylinder type coffee berries pulper (side view).

tingkatan, yaitu tanpa sortasi (50,8% buah tertahan pada ayakan berdiameter 15 mm, 32% buah tertahan pada ayakan berdiameter 10 mm, dan 16,6% buah lolos ayakan berdiameter 10 mm), buah kopi yang tertahan pada ayakan berdiameter 15 mm, dan buah kopi yang tertahan pada ayakan berdiameter 10 mm. Ulangan untuk masing-masing perlakuan dilakukan sebanyak 3 kali.

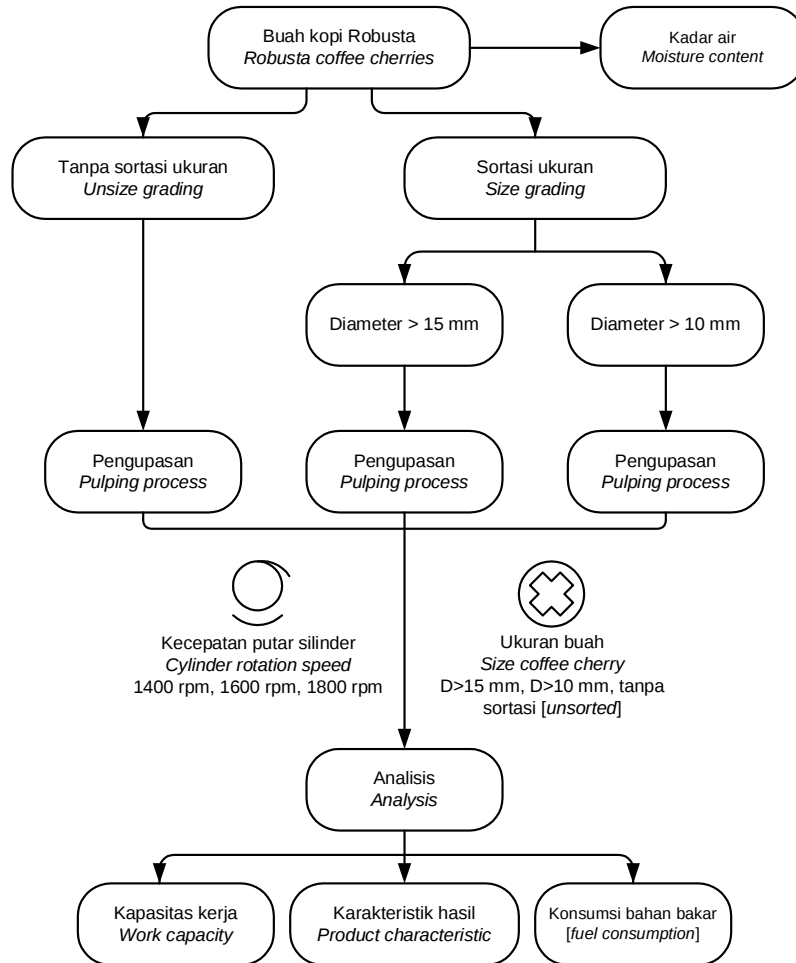
Pengukuran

Parameter yang diukur meliputi waktu operasional, berat bahan yang diumpankan, berat bahan yang dihasilkan dari setiap perlakuan, distribusi fraksi bahan dari corong keluaran, konsumsi bahan bakar, dan putaran silinder pengupas. Putaran poros silinder pengupas dan poros tenaga penggerak

diperoleh dengan menggunakan alat ukur putaran (*tachometer*), sedangkan pengkelasan (*grading*) buah kopi berdasarkan ukuran diperoleh dengan menggunakan mesin sortasi biji kopi tipe meja getar (Widyotomo *et al.*, 2005).

Analisis Teknis

Kinerja mesin pengupas kulit buah kopi tipe silinder ganda horizontal untuk pengupasan kulit buah kopi Robusta meliputi beberapa aspek teknis sebagai berikut :



Gambar 2. Urutan percobaan pengupasan kulit buah dan parameter yang diukur.
Figure 2. Pulping test procedure and the experimental parameters measured.

1. Kapasitas kerja mesin

Kapasitas kerja mesin pengupas kulit buah kopi tipe silinder ganda horizontal (K_p) dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$K_p, \text{kg / jam} = \frac{\text{berat buah kopi [weight of coffee cherries], kg}}{\text{waktu, jam [time, h]}} \dots\dots 1$$

2. Fraksi bahan di setiap corong keluaran

Kinerja mesin pengupas kulit buah kopi sangat ditentukan oleh fraksi bahan yang dihasilkan pada setiap corong keluaran. Parameter penting untuk menentukan fraksi bahan hasil pengupasan adalah persentase biji kopi HS basah yang dihasilkan, persentase biji pecah, persentase serpihan kulit terikut biji, persentase biji terikut serpihan kulit, dan persentase buah kopi tidak terkupas.

Persentase biji kopi HS basah (HS) dihitung berdasarkan perbandingan antara berat biji kopi HS basah yang keluar dari corong 1 terhadap berat bahan yang masuk pada corong pengumpan (*hopper*) sebagaimana ditampilkan pada persamaan 2.

$$HS, \% = \frac{\text{berat kopi HS basah [weight of wet HS coffee], kg}}{\text{berat buah kopi [weight of coffee cherries], kg}} \times 100\% \dots\dots 2$$

Persentase biji pecah (BP_1) yang dihasilkan dari proses pengupasan melalui corong 1 dihitung dengan menggunakan persamaan 3.

$$BP_1 = \frac{\text{berat biji pecah dari corong 1 [weight of wet broken beans from outlet 1], kg}}{\text{berat produk dari corong 1 [weight of product from outlet 1], kg}} \times 100\% \dots\dots 3$$

Persentase serpihan kulit terikut biji (SK_1) yang dihasilkan dari proses pengupasan melalui corong 1 dihitung dengan menggunakan persamaan 4.

$$SK_1 = \frac{\text{berat kulit dari corong 1 [weight of wet skin from outlet 1], kg}}{\text{berat produk dari corong 1 [weight of product from outlet 1], kg}} \times 100\% \dots\dots 4$$

Persentase biji terikut kulit (BK_1) yang dihasilkan dari proses pengupasan melalui corong 2 dihitung dengan menggunakan persamaan 5.

$$BK_1 = \frac{\text{berat biji dari corong 2 [weight of wet coffee beans from outlet 2], kg}}{\text{berat produk dari corong 2 [weight of product from outlet 2], kg}} \times 100\% \dots\dots 5$$

3. Konsumsi bahan bakar

Konsumsi bahan bakar diukur secara volumetrik dengan menghitung volume bahan bakar yang digunakan untuk menggerakkan mesin pengupas kulit buah

Tabel 1. Matriks penandaan perlakuan pengupasan kulit buah

Table 1. Sign matrix for several pulping process treatments

Putaran silinder Cylinder rotation, rpm	Ukuran buah (Size of coffee berries)		
	Tanpa sortasi (unsorted)	Diameter > 15 mm	Diameter > 10 mm
1400	A ₁₁	B ₁₁	C ₁₁
1600	A ₁₂	B ₁₂	C ₁₂
1800	A ₁₃	B ₁₃	C ₁₃

kopi Robusta per satuan waktu proses pengupasan (l/jam atau l/kg).

4. Slip dan efisiensi penerusan daya

Slip (S) yang terjadi dalam sistem transmisi selama proses pengupasan kulit buah kopi dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$S, \% = \frac{N_{tp} - N_{sp}}{N_{tp}} \times 100\% \quad \dots\dots 6$$

Dalam hal ini S adalah slip, N_{tp} adalah putaran tenaga penggerak (rpm), N_{sp} adalah putaran silinder pengupas (%).

Sedangkan efisiensi penerusan daya (E_{pd}) dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$E_{pd} = \frac{D, kW}{\text{Daya tenaga penggerak, kW}} \times 100\% \quad \dots\dots 7$$

Dalam persamaan 7, D merupakan daya sesungguhnya yang diperlukan (*real power*) oleh mesin pengupas untuk melakukan kerja pengupasan kulit buah dalam satuan berat dan waktu tertentu. Besarnya nilai D dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$D, kW = \frac{2 \times \pi \cdot T \cdot n}{6000 \cdot \eta} \quad \dots\dots\dots 8$$

Dalam hal ini, n merupakan putaran mesin (rpm), T merupakan nilai torsi (N.m), dan η merupakan efisiensi daya mesin (%).

Analisis Regresi

Analisis hubungan antara beberapa parameter penelitian bertujuan untuk mem-

perkirakan atau menaksir nilai suatu variabel sesudah mengetahui nilai-nilai variabel yang lain. Metode penaksiran yang digunakan adalah kuadrat terkecil atau *least squares* karena relatif sederhana dan telah banyak digunakan pada bidang ilmu alam dan eksakta. Koefisien korelasi (r) merupakan ukuran nilai baik tidaknya suatu garis regresi yang terbentuk atas hubungan antara dua parameter penelitian. Koefisien korelasi (r) merupakan akar pangkat dua dari koefisien determinasi. Semakin dekat nilai r pada nilai -1 atau 1, data contoh yang diterangkan dengan persamaan garis regresi yang terbentuk semakin baik (Pasaribu, 1975).

HASIL DAN PEMBAHASAN

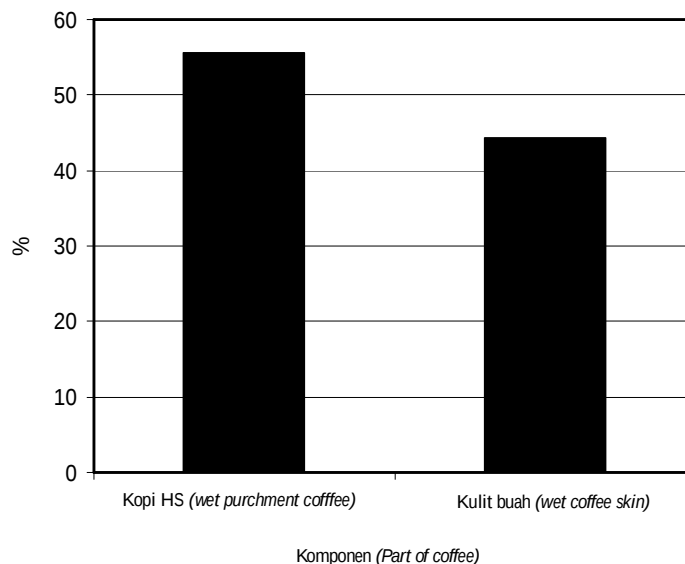
Buah kopi atau sering juga disebut sebagai kopi gelondong basah hasil panen memiliki kadar air antara 60-65%, dan biji kopi masih terlindung oleh kulit buah, daging buah, lapisan lendir, kulit tanduk dan kulit ari (Sri-Mulato *et al.*, 2006, Sivetz & Desrosier, 1979). Braham dan Bressani (1979) melaporkan bahwa buah kopi terdiri atas 55,4% biji kopi pasar, 28,7% kulit buah kering, 11,8% kulit cangkang (*hulls*), dan sisanya sebesar 4,15% berupa lendir (*mu-cilage*). Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah kopi Robusta matang dengan komposisi ukuran buah terdiri dari 50,8% buah tertahan pada ayakan berdiameter 15 mm, 32% buah tertahan pada ayakan berdiameter 10 mm, dan 16,6% buah lolos ayakan berdiameter 10 mm; densitas kamba antara 690-695 kg/m³, dan telah terpisah dari benda-benda logam dan asing lainnya. Vincent (1989) melaporkan

bahwa distribusi ukuran buah kopi matang adalah 51% lebih besar dari 12 mm, 31% lebih besar dari 11 mm, 16% lebih besar dari 10 mm, dan 2% lebih besar dari 9 mm.

Hasil pemilahan komponen buah kakao secara manual menunjukkan bahwa buah kopi Robusta yang dipergunakan sebagai bahan percobaan terdiri atas 55,66% berupa kulit buah basah, dan 44,34% berupa biji kopi HS basah berselimut lendir (Gambar 3).

Kapasitas mesin pengupas kulit buah kopi silinder ganda dari beberapa perlakuan ditampilkan pada Gambar 4. Kinerja mesin pengupas sangat ditentukan oleh tingkat kematangan buah, keseragaman ukuran buah, jumlah air dan jarak (*gab*) antara *stator* dengan *rotor* (Widyotomo & Sri-

Mulato, 2004). Buah kopi hasil panen sebaiknya dipisahkan atas dasar ukurannya sebelum dikupas agar diperoleh hasil pengupasan yang baik (Sri-Mulato *et al.*, 2006). Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan semakin tinggi kecepatan putar poros silinder pengupas, maka kapasitas pengupasan akan semakin meningkat. Kapasitas kerja terendah sebesar 372 kg/jam diperoleh dari proses pengupasan buah kopi ukuran sedang (*medium*) dengan kecepatan putar poros pengupas 1400 rpm, sedangkan kapasitas kerja tertinggi sebesar 724 kg/jam diperoleh dari proses pengupasan buah kopi ukuran kecil (*small*) dengan kecepatan poros putar pengupas 1800 rpm. Hal tersebut disebabkan oleh densitas kamba buah kopi berukuran kecil lebih besar jika dibandingkan dengan densitas kamba buah kopi berukuran



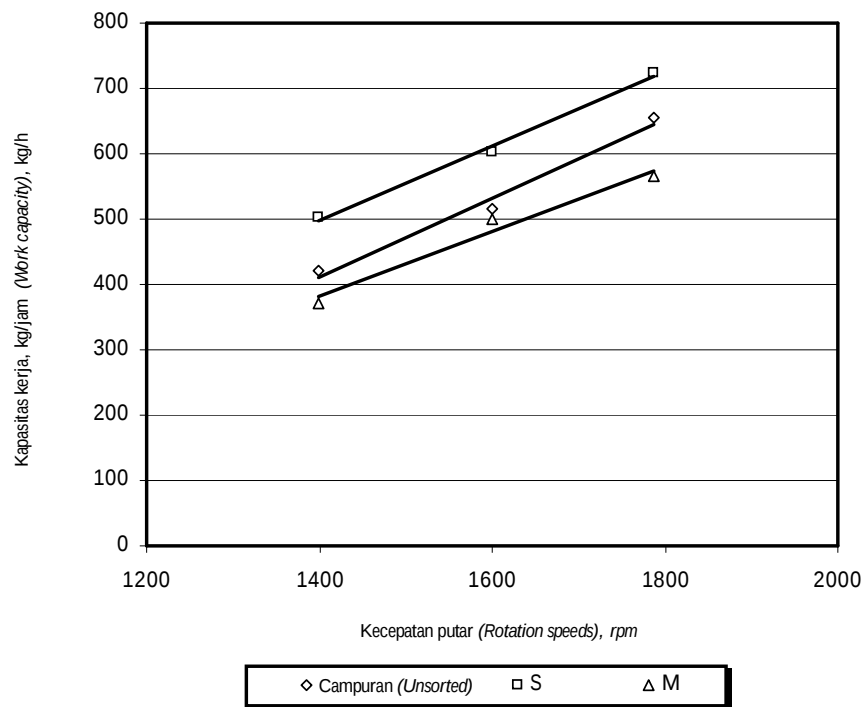
Gambar 3. Persentase biji kopi HS basah dan kulit buah kopi Robusta.

Figure 3.. Percentage of wet parchment coffee and wet skin of Robusta coffee.

besar, sehingga laju curah buah kopi berukuran kecil persatuan waktu menjadi lebih besar. Namun demikian, kapasitas kerja mesin yang tinggi belum menjamin diperolehnya kondisi operasional mesin yang terbaik karena kapasitas kerja yang tinggi tidak berkorelasi positif terhadap efektivitas kerja mesin (Widyotomo *et al.*, 2005).

Tabel 2 menunjukkan persamaan regresi linier dan koefisien korelasi (R) antara kecepatan putar silinder pengupas dengan kapasitas kerja mesin yang dihasilkan. Persamaan regresi linier tersebut sangat berguna karena dapat digunakan untuk memprediksi kapasitas kerja mesin yang

dihasilkan jika silinder pengupas berputar pada kecepatan antara 1400 sampai dengan 1800 rpm. Nilai koefisien korelasi tertinggi diperoleh pada ukuran buah kopi S, diikuti tidak dipilah (*unsorted*), dan terendah M. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan perlakuan ukuran buah S terhadap kapasitas kerja mesin ternyata lebih baik jika dibandingkan ukuran buah *unsorted* maupun M. Namun demikian, kapasitas kerja mesin yang tinggi belum menjamin diperolehnya kondisi operasional mesin yang terbaik karena ternyata kapasitas kerja yang tinggi tidak berkorelasi positif terhadap efektivitas kerja mesin.



Gambar 4. Kapasitas kerja mesin dari beberapa perlakuan pengupasan.

Figure 4. Work capacity of pulping machine from several pulping treatments.

Tabel 2. Persamaan regresi linier kapasitas pengupasan dari beberapa perlakuan

Table 2. Linear regression equations of pulping capacity from several treatments

Ukuran buah <i>Size of coffee cherries</i>	Persamaan garis linier regresi <i>Linier regression equations</i>	Koefisien korelasi, R <i>Coef corelation, R</i>
Campuran (<i>Unsorted</i>)	$Y = 0.6057X - 436.5$	0.9916
Kecil (<i>Small</i>)	$Y = 0.5724X - 303.58$	0.9974
Sedang (<i>Medium</i>)	$Y = 0.4993X - 317.75$	0.9854

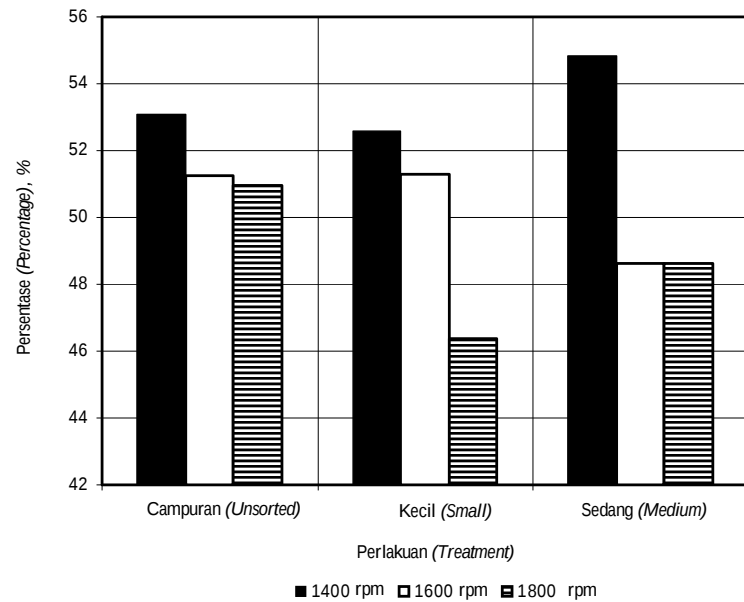
Keterangan (Notes): X adalah putaran silinder pengupas (rpm), Y adalah kapasitas pengupasan (kg/jam), S adalah kecil, dan M adalah sedang (*X is rotation speed (rpm), Y is pulping capacity kg/hour, S is small, and M is medium*).

Persentase kopi HS utuh dan biji pecah serta serpihan kulit terikut biji yang dihasilkan dari proses pengupasan kulit buah basah merupakan tiga komponen utama yang akan menentukan pemilihan kondisi optimal operasional mesin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase kopi HS utuh tertinggi sebesar 54,8% diperoleh pada pengupasan buah kopi ukuran sedang atau M dengan kecepatan putar silinder pengupas 1.400 rpm, sedangkan persentase kopi HS utuh terendah sebesar 46,3% diperoleh pada pengupasan buah kopi ukuran kecil atau S dengan kecepatan putar silinder pengupas 1.800 rpm (Gambar 5). Tinggi rendahnya persentase biji pecah yang diperoleh dari proses pengupasan kulit buah dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik fisik (kekerasan dan ukuran buah). Sebagai contoh, varietas Catimor memiliki ukuran buah yang lebih besar, lebih bulat, lebih keras dan kandungan lendir yang lebih tinggi sehingga mempermudah proses pengupasan jika dibandingkan dengan varietas kopi lainnya (Wahyudi *et al.*, 1999).

Analisis komposisi buah kopi yang digunakan sebagai bahan penelitian menunjukkan bahwa persentase kulit buah yang menyelimuti biji kopi HS sebesar 55,66%. Uji kinerja mesin pengupas kulit

buah kopi segar menunjukkan persentase kulit tertinggi sebesar 53,6% diperoleh pada pengupasan buah kopi ukuran kecil atau S dengan kecepatan putar silinder pengupas 1800 rpm, sedangkan persentase kulit terendah sebesar 45,1% diperoleh pada pengupasan buah kopi ukuran sedang atau M dengan kecepatan putar silinder pengupas 1400 rpm (Gambar 6). Kecepatan putar silinder pengupas yang lambat akan memberikan kesempatan serpihan kulit basah terpisah dan keluar melalui corong keluaran kulit.

Gambar 7 menunjukkan persentase biji kopi pecah tertinggi sebesar 21,36% diperoleh pada pengupasan buah kopi ukuran sedang dengan kecepatan putar silinder pengupas 1600 rpm, sedangkan persentase biji pecah paling rendah sebesar 12,59% diperoleh pada pengupasan buah kopi ukuran kecil dengan kecepatan putar silinder pengupas 1600 rpm. Persentase serpihan kulit terikut kopi HS ditampilkan pada Gambar 8. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari corong keluaran biji diperoleh persentase kulit terikut kopi HS tertinggi sebesar 44,8% diperoleh pada pengupasan buah kopi ukuran campuran atau *unsorted* dengan kecepatan putar silinder pengupas 1400 rpm, sedangkan persentase kulit terikut



Gambar 5. Persentase kopi HS utuh dari beberapa perlakuan pengupasan.

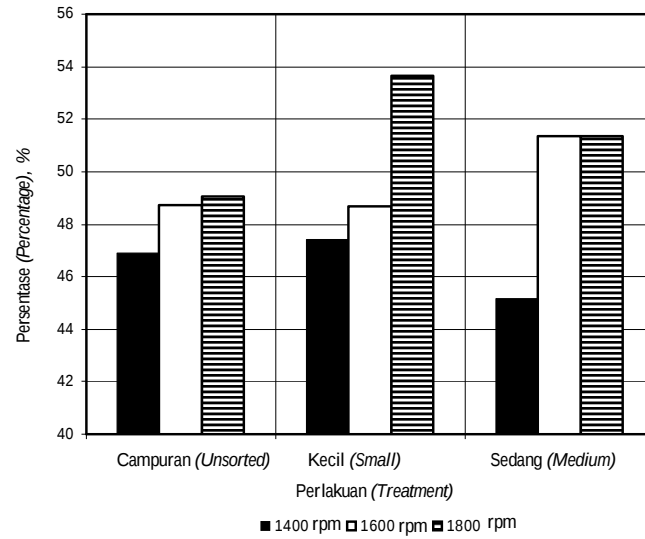
Figure 5. Percentage of wet parchment coffee from several pulping treatments.

kopi HS terendah sebesar 23,1% diperoleh pada pengupasan buah kopi ukuran sedang dengan kecepatan putar silinder pengupas 1800 rpm. BPMA (2006) melaporkan bahwa hasil pengujian mesin pengupas kulit buah kopi Arabika tipe silinder tunggal dengan kapasitas kerja 1.483 kg/jam diperoleh 77,8% berupa kopi HS utuh; 1,9% buah kopi tidak terkupas; 0,3% biji kopi pecah; 1,3% kopi HS terikut kulit; dan 20% serpihan kulit terikut kopi HS.

Gambar 9 menunjukkan bahwa dari corong keluaran kulit diperoleh persentase biji terikut kulit tertinggi sebesar 37,2% diperoleh pada pengupasan buah kopi ukuran kecil dengan kecepatan putar silinder pengupas 1800 rpm, sedangkan persentase

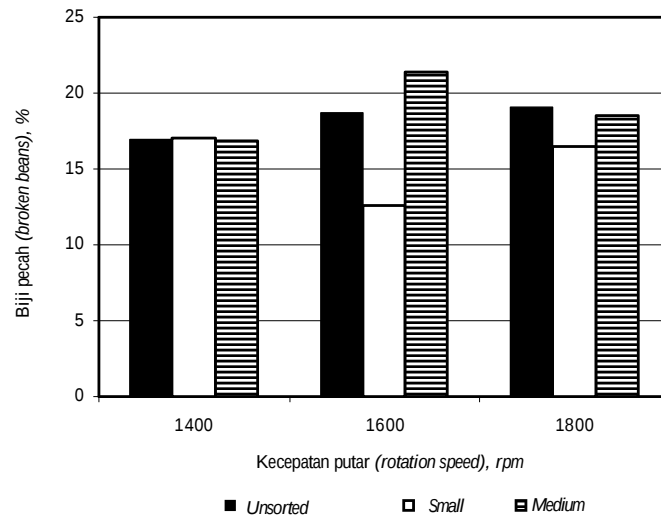
biji terikut kulit terendah sebesar 28,1% diperoleh pada pengupasan buah kopi ukuran sedang dengan kecepatan putar silinder pengupas 1400 rpm. Buah kopi dengan ukuran lebih kecil akan memiliki persentase kulit buah yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan buah kopi berukuran lebih besar. Kecepatan putar *rotor* yang tinggi akan membantu proses pengupasan kulit buah dari biji HS dan mengarahkan kulit buah ke corong keluaran kulit. Serpihan kulit buah kopi akan lebih mudah terpisah dan terlempar karena gaya dorong yang dihasilkan oleh kecepatan putar *rotor* yang tinggi.

Konsumsi bahan bakar berkaitan dengan sejumlah daya yang telah dikeluarkan oleh alat dan mesin untuk melakukan suatu kerja



Gambar 6. Persentase kulit kopi dari beberapa perlakuan pengupasan.

Figure 6. Percentage of wet skin coffee from several pulping treatments.

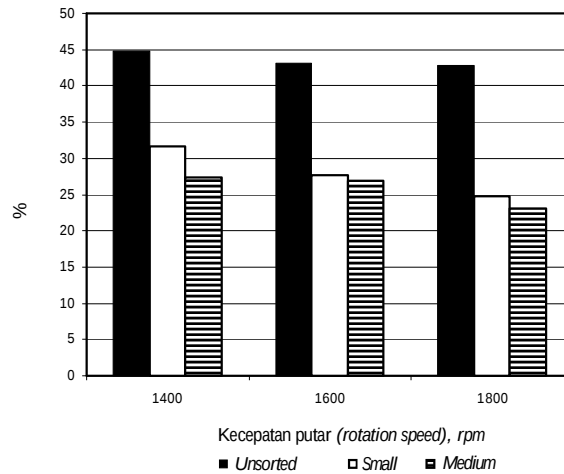


Gambar 7. Persentase biji pecah dari beberapa perlakuan pengupasan.

Figure 7. Percentage of broken beans from several pulping treatments.

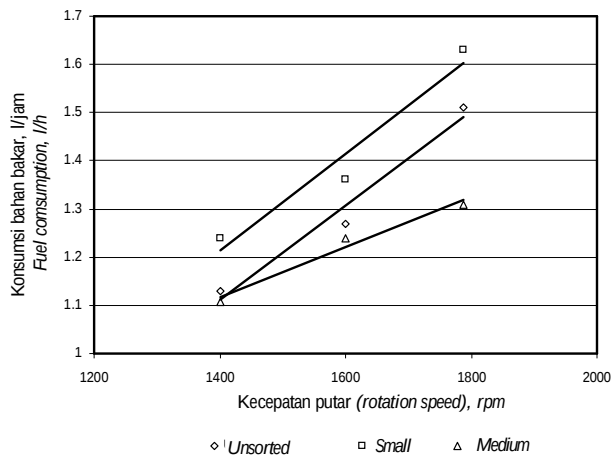
dalam kurun waktu tertentu. Semakin besar daya yang dikeluarkan, maka sumber energi yang dibutuhkan akan semakin besar (Widyotomo *et al.*, 2004). Henderson & Perry (1976) melaporkan bahwa perubahan ukuran partikel berdampak pada jumlah

energi yang diperlukan dalam proses pengecilan ukuran. Energi yang diperlukan untuk mengecilkan suatu bahan sebanding dengan dimensi partikel hasil pengecilan ukuran dan dimensi yang sama dari partikel semula pangkat jumlah tahapan pengecilan.



Gambar 8. Persentase kulit terikut biji dari beberapa perlakuan pengupasan kulit buah kopi.

Figure 8. Percentage of wet cherries skin into pulping produce from several treatment process.



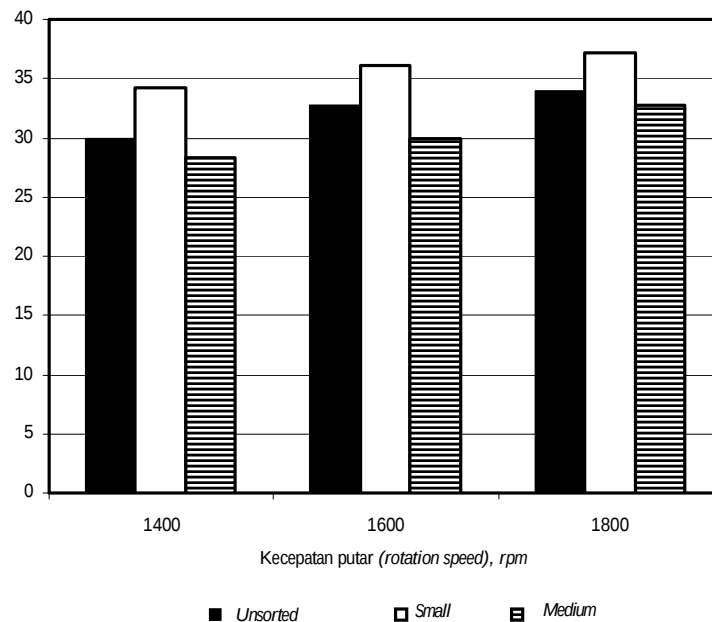
Gambar 9. Persentase biji terikut kulit dari beberapa perlakuan pengupasan kulit buah kopi.

Figure 9. Percentage of coffee beans into cherry skin from several treatment pulping process.

Hasil pengukuran proses pengupasan kulit buah kopi basah menunjukkan konsumsi bahan bakar tertinggi 1,63 //jam diperlukan untuk pengupasan kulit buah kopi basah ukuran kecil pada putaran silinder pengupas 1800 rpm, sedangkan konsumsi bahan bakar terendah 1,11 //jam diperlukan untuk pengupasan kulit buah kopi basah ukuran sedang pada putaran silinder pengupas 1400 rpm (Gambar 10). Widyotomo *et al.* (2005) melaporkan bahwa konsumsi bahan bakar akan semakin meningkat dengan semakin tingginya jumlah putaran poros tenaga penggerak per satuan waktu. BPMA (2006) melaporkan bahwa hasil pengujian mesin pengupas kulit buah kopi Arabika tipe silinder tunggal dengan kapasitas kerja 1.483 kg/jam

diperoleh konsumsi bahan bakar 1,63 liter/jam.

Tabel 3 menunjukkan persamaan regresi linier dan koefisien korelasi (R) antara kecepatan putar silinder pengupas dengan konsumsi bahan bakar. Persamaan regresi linier tersebut sangat berguna karena dapat digunakan untuk memprediksi konsumsi bahan bakar mesin jika silinder pengupas berputar pada kecepatan antara 1400 sampai dengan 1800 rpm. Nilai koefisien korelasi tertinggi diperoleh pada ukuran buah kopi M, diikuti tidak dipilah, dan terendah S. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan perlakuan ukuran buah M terhadap konsumsi bahan bakar ternyata lebih baik jika



Gambar 10. Konsumsi bahan bakar dari beberapa perlakuan pengupasan.

Figure 10. Machine fuel consumption from several pulping treatments.

Tabel 3. Persamaan regresi linier konsumsi bahan bakar dari beberapa perlakuan

Table 3. Linear regression equations of fuel consumption from several treatments

Ukuran buah <i>Size of coffee cherries</i>	Persamaan garis linier regresi <i>Linear regression equations</i>	Koefisien korelasi, R <i>Coef corelation, R</i>
Campuran (<i>Unsorted</i>)	$Y = 0,001X - 0,2583$	0.9855
Kecil (<i>Small</i>)	$Y = 0,001X - 0,1905$	0.9718
Sedang (<i>Medium</i>)	$Y = 0,0005X - 0,3839$	0.9878

Keterangan (Notes): X adalah putaran silinder pengupas (rpm), Y adalah konsumsi bahan bakar (liter/jam), *Unsorted* adalah campuran, S adalah kecil, dan M adalah sedang (X is rotation speed (rpm), Y is fuel consumption (liters/hour), S is small, and M is medium).

dibandingkan ukuran buah. Persamaan regresi linier tersebut sangat berguna karena dapat digunakan untuk memprediksi besarnya daya yang diperlukan jika silinder pengupas berputar pada kecepatan antara 1400 sampai 1800 rpm. Nilai koefisien korelasi tertinggi diperoleh pada ukuran buah kopi M, diikuti tidak S dan terendah campuran. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan perlakuan ukuran buah M terhadap daya yang diperlukan ternyata lebih baik jika dibandingkan ukuran buah S maupun campuran.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kebutuhan daya untuk proses pengupasan kulit buah kopi tertinggi 3.96 kW diperlukan untuk mengupas buah kopi Robusta berukuran kecil dengan kecepatan putar silinder 1800 rpm, sedangkan kebutuhan daya terendah 2,96 kW diperlukan untuk mengupas buah kopi Robusta berukuran campuran dengan kecepatan putar silinder pengupas 1400 rpm. BPMA (2006) melaporkan bahwa hasil pengujian mesin pengupas kulit buah kopi Arabika tipe silinder tunggal dengan kapasitas kerja 1.483 kg/jam diperoleh kebutuhan daya sebesar 1,4 kW.

Penerusan daya merupakan salah satu parameter unjuk kerja yang berpengaruh terhadap kinerja mesin. Daya yang dihasilkan sumber tenaga penggerak diteruskan ke unit pemroses melalui suatu sistem penerusan daya tertentu. Pemilihan sistem transmisi yang tepat dapat menekan kehilangan daya selama mesin beroperasi. Sistem penerusan daya yang digunakan pada mesin pengupas kulit buah kopi basah adalah puli (*pulley*) dan sabuk karet profil V. Keuntungan penggunaan sistem transmisi tersebut antara lain mudah dan murah dalam hal perawatan maupun penggantian komponen transmisi, dan yang lebih penting adalah jika terjadi kemacetan proses yang tiba-tiba, maka tidak akan langsung berdampak negatif baik pada sumber tenaga penggerak maupun unit pemrosesnya. Namun demikian, kelemahan penggunaan sistem transmisi model puli dan sabuk karet profil V adalah seluruh daya tenaga penggerak tidak dapat diteruskan ke poros unit pemroses karena adanya slip putaran. Slip dapat terjadi karena tidak kuatnya sabuk karet mengikat di puli atau permukaan sabuk karet yang telah halus karena efek panas yang timbul dalam sistem transmisi selama proses berlangsung. Pemberian beban saat

Tabel 4. Persamaan regresi linier kebutuhan daya dari beberapa perlakuan

Table 4. Linear regression equations of power consumption from several treatments

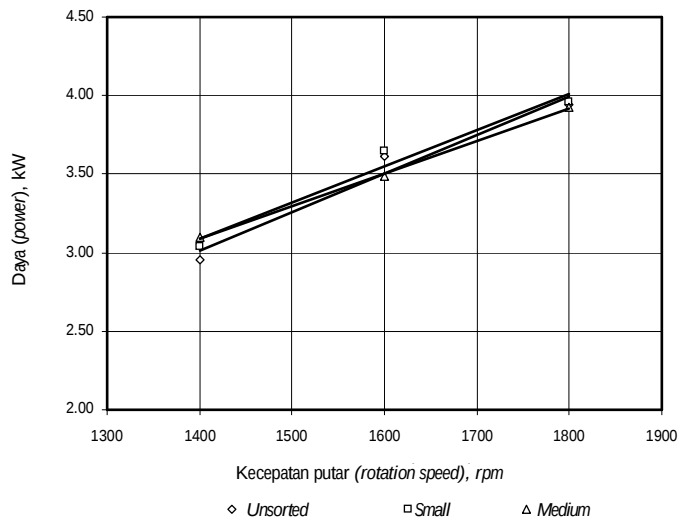
Ukuran buah <i>Size of coffee cherries</i>	Persamaan garis linier regresi <i>Linear regression equations</i>	Koefisien korelasi, R <i>Coef correlation, R</i>
Campuran (<i>Unsorted</i>)	$Y = 0.0025X - 0.4474$	0.9824
Kecil (<i>Small</i>)	$Y = 0.0023X - 0.1307$	0.9825
Sedang (<i>Medium</i>)	$Y = 0.00021X - 0.184$	0.9991

Keterangan (Notes): X adalah putaran silinder pengupas (rpm), Y adalah kebutuhan daya (kW), *Unsorted* adalah campuran, S adalah kecil, dan M adalah sedang (*X is rotation speed (rpm), Y is power consumption (kW), S is small, and M is medium*).

pengoperasian mesin ternyata akan berdampak pada menurunnya jumlah putaran poros penggerak yang disebabkan gesekan (friksi) antara bahan dengan permukaan silinder pengupas, dan gesekan antarbahan selama proses pengupasan berlangsung.

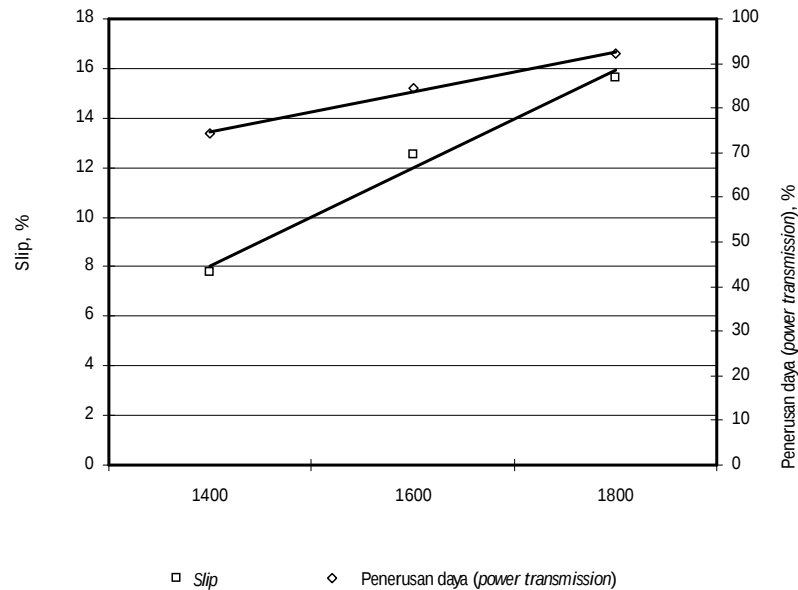
Hasil penelitian menunjukkan bahwa slip tertinggi sebesar 19,3% diperoleh pada pengupasan buah kopi ukuran campuran

dengan kecepatan putar silinder pengupas 1600 rpm, sedangkan slip paling rendah sebesar 4,3% diperoleh pada pengupasan buah kopi ukuran campuran dengan kecepatan putar silinder pengupas 1800 rpm (Gambar 11). Pada penerusan daya tertinggi sebesar 95,7% diperoleh pada pengupasan buah kopi ukuran campuran dengan kecepatan putar silinder pengupas 1800 rpm, sedangkan penerusan daya paling rendah



Gambar 11. Kebutuhan daya dari beberapa perlakuan pengupasan.

Figure 11. Power consumption from several pulping treatments.



Gambar 12. Slip dan penerusan daya mesin pengupas kulit buah dari beberapa perlakuan.

Figure 12. Slip and power transmission of pulping machine from several treatments.

sebesar 80,7% diperoleh pada pengupasan buah kopi ukuran campuran dengan kecepatan putar silinder pengupas 1600 rpm. Sri-Mulato *et al.* (2006) melaporkan bahwa buah kopi Robusta relatif lebih sulit dikupas daripada kopi Arabika karena karakteristik kulit buahnya lebih keras dan kandungan lendirnya lebih sedikit. Pada skala pengolahan yang banyak di beberapa perkebunan besar nasional maupun swasta sering digunakan mesin tipe Raung. BPMA (2006) melaporkan bahwa hasil pengujian mesin pengupas kulit buah kopi Arabika tipe silinder tunggal dengan kapasitas kerja 1.483 kg/jam diperoleh efisiensi penerusan daya sebesar 95,76%.

Hasil analisis garis linier regresi dari kurva sebagaimana ditampilkan pada

Gambar 12 untuk hubungan antara kecepatan putar dengan efisiensi penerusan daya mengikuti model $Y = 8,965X + 65,747$ ($R = 0,9968$), dan hubungan kecepatan putar dengan slip mengikuti model $Y = 3,93X + 4,1$ ($R = 0,9933$).

KESIMPULAN

Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia telah melakukan rancang bangun dan melakukan uji coba mesin pengupas kulit buah kopi basah tipe silinder ganda horizontal. Kapasitas kerja optimum pengupasan buah kopi campuran sebesar 420 kg/jam diperoleh pada putaran silinder pengupas 1400 rpm dengan hasil 53,08% biji HS utuh, 16,92% biji pecah dan 30% biji di kulit. Kapasitas

kerja optimal pengupasan buah kopi ukuran kecil sebesar 603 kg/jam diperoleh pada putaran silinder pengupas 1600 rpm dengan hasil 51,30% biji HS utuh, 12,59% biji pecah dan 36,1% biji di kulit. Kapasitas kerja optimal pengupasan buah kopi ukuran sedang sebesar 564 kg/jam diperoleh pada putaran silinder pengupas 1800 rpm dengan hasil 48,64% biji HS utuh, 18,5% biji pecah dan 32,86% biji di kulit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Sdr. Danang Wijaya, mahasiswa Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember atas segala bantuan yang telah diberikan sampai dengan selesainya kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Amelia; I. H. Siahaan & I. Palisu (1998). *Studi Pengaruh Jarak Celah Terhadap Kualitas Biji Kopi Pada Mesin Pengupas Biji Kopi*. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Kristen Petra. Surabaya.
- BPMA (2006). *Keterangan Hasil Pengujian Mesin Pengupas Buah Kopi*. Balai Pengujian Mutu Alat dan Mesin Pertanian. Departemen Pertanian.
- Braham, J.E. & R. Bressani (1979). *Coffee Pulp : Compostion, Technology, and Utilization*. Ottawa, Ont., IDRC. 95p.
- Henderson, A.M. & R.L. Perry (1976). *Agricultural Process Engineering*. Second Edition. The AVI Publishing, Wesport, Connecticut.
- Ismayadi, C. (1999). Pencegahan cacat cita rasa dan kontaminasi jamur mikotoksigenik pada biji kopi. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*, 15, 130—142.
- Mburu, J.K. (1995). Notes on coffee processing procedures and their influence on quality. *Kenya Coffee*, 60, 2131—2136.
- Sivetz, M. & N.W. Desrosier (1979). *Coffee Technology*. The AVI Publ. Co. Westport, Connecticut. USA.
- Sri-Mulato; O. Atmawinata; Yusianto; S. Widyotomo & Handaka (1999). Kajian penerapan pengolahan kopi Arabika secara kelompok; Studi kasus di Kabupaten Aceh Tengah. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*, 15, 143—160.
- Sri-Mulato; S. Widyotomo & E. Suharyanto (2006). *Teknologi Proses dan Pengolahan Produk Primer dan Sekunder Kopi*. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Jember, Jawa Timur.
- Wahyudi, T.; O. Atmawinata; C. Ismayadi & Sulistyowati (1999). Kajian pengolahan beberapa varietas kopi Jawa pengaruhnya terhadap mutu. *Pelita Perkebunan*, 15, 56—67.
- Widyotomo, S. & Sri-Mulato (2004). Kinerja mesin pengupas kulit kopi kering tipe silinder horisontal. *Pelita Perkebunan*, 20, 75—96.
- Widyotomo, S.; Sri-Mulato & E. Suharyanto (2005). Kinerja mesin pemecah biji dan pemisahkulit kakao pascasangrai tipe pisau putar. *Pelita Perkebunan*, 21, 184—199.
- Widyotomo, S.; & Sri-Mulato (2005). Kinerja mesin sortasi biji kopi tipe meja getar. *Pelita Perkebunan*, 21, 55—72.

- Vincent, G.C. (1989). Green Coffee Processing. p. 1–33. *In* : Clarke, R.J. & R. Macrae (Eds). *Coffee* Vol. II : Technology. Elsevier Appl. Sci., London and New York.
- Wintgens, J. N. (2004). *Coffee : Growing, Processing, Sustainable Production. A guidebook for Growers, Processors, Traders, and Researchers*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
