

Kinerja Mesin Sortasi Biji Kopi Tipe Meja Getar

Performance of a Table Vibration Type Coffee Grading Machine

Sukrisno Widyotomo¹⁾ dan Sri-Mulato¹⁾

Ringkasan

Keseragaman ukuran biji merupakan salah satu aspek penting dalam penentuan mutu biji kopi bagi konsumen. Biji kopi kering (*green coffee*) pasca pengolahan harus disortasi terlebih dahulu sebelum diperdagangkan. Saat ini proses sortasi masih dilakukan secara manual penuh sehingga biayanya mahal yaitu sekitar 40% dari biaya pengolahan. Untuk itu Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia telah merencanakan mesin sortasi yang menggunakan rancangan meja getar agar mudah diadopsi oleh perkebunan besar maupun perkebunan rakyat. Tujuan penelitian ini adalah menguji kinerja mesin sortasi biji kopi tipe meja getar yang secara operasional merupakan pelengkap proses sortasi manual. Aspek yang dikaji adalah tingkat keseragaman mutu dan keefektifan mesin. Mesin sortasi terdiri atas tiga bagian utama yaitu kompartemen pengayak, tenaga penggerak, dan rangka. Mesin sortasi memiliki ukuran panjang 272 cm, lebar 126 cm, dan tinggi 144 cm. Kompartemen pengayak berbentuk persegi empat berfungsi sebagai unit sortasi dengan ukuran panjang 206 cm, lebar 105,5 cm, dan tinggi 14 cm. Jumlah kompartemen pengayak 3 buah yang tersusun paralel dengan dilengkapi kawat pengayak dengan ukuran 7 mm x 7 mm untuk kompartemen atas, 5 mm x 5 mm untuk kompartemen tengah, dan 4 mm x 4 mm untuk kompartemen bawah. Mekanisme sortasi terjadi karena adanya gaya getar (*vibration*) kompartemen pengayak oleh penggerak motor bakar 5,5 HP. Biji hasil sortasi sesuai ukuran lubang pengayak ditampung ke dalam 3 buah corong keluaran yang terletak di ujung masing-masing kompartemen pengayak. Biji berukuran lebih kecil dari 5,5 mm terkumpul di dalam penampung yang terletak dibagian bawah kompartemen pengayak bawah. Kondisi optimum operasional mesin sortasi adalah pada kemiringan sudut kompartemen pengayak 10° dan kecepatan putar tenaga penggerak 1450 rpm dengan keluaran hasil 1406 kg/jam. Komposisi hasil adalah : 96,7% biji tertahan di kompartemen pertama memiliki diameter lebih besar dari 7,5 mm, 86,9% biji tertahan di kompartemen kedua memiliki diameter lebih besar dari 6,5 mm, dan 43,2% biji tertahan di kompartemen ketiga memiliki diameter lebih besar dari 5,5 mm. Hasil analisis ekonomi pada pengujian mesin skala terbatas menunjukkan bahwa biaya sortasi per kilogram biji kopi Robusta berkadar air 13–14% sebesar Rp7,17.

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

Summary

One of important coffee beans quality is the size uniformity. To confirm with the standart requirement, coffee beans have to be graded before being traded. Until now, grading process is still carried out fully manual, so that the grading cost is very expensive about 40% of total processing cost. Meanwhile, shortage of skill workers is as a limiting factor of the process. Therefore, machine for grading coffee beans is good alternative for grading cost. Indonesian Coffee and Cocoa Research Institute has designed a table vibration type coffee grading machine for grouping of coffee beans in order to consistent quality and reduce grading cost. The machine has dimension of 272 cm length, 126 cm height, and 144 cm width. The machine has three primary components, i.e. grader table, combustion engine, and beam. The machine has three kinds of grader table that each grader table has different holes size, i.e. 7 mm x 7 mm for top grader table, 5 mm x 5 mm for axle grader table, and 4 mm x 4 mm for bottom grader table. Each grader table has dimension of 206 cm length, 105.5 cm height, and 14 cm width. The grading mechanism is by vibration grader table with the power source 5.5 HP combustion engine. The results shown that the outlet are in farms of three grades of coffee beans with connected to each compartement. Assessment of the grading machine reveals that the optimum capacity of 1,406 kg/hour reached when the speed 2,600 rpm and the angle 10°. Economic analysis showed that operational cost for grading one kilogram Robusta coffee beans with moisture content 13–14% wet basis is Rp 7.17.

Key words : grading, coffee, quality, vibration table.

PENDAHULUAN

Sortasi biji-bijian merupakan proses pemisahan yang didasarkan atas sifat-sifat seperti : ukuran, bentuk, berat jenis, sifat permukaan dan warna untuk mendapatkan mutu tertentu (Henderson & Perry, 1976). Salah satu aspek mutu biji kopi yang sangat penting bagi konsumen adalah keseragaman ukuran biji. Untuk itu, biji kopi pasca-pengupasan (*hulling process*) harus disortasi terlebih dahulu sebelum diperdagangkan. Untuk memilah biji kopi atas dasar ukuran dilakukan proses sortasi yang bertujuan untuk

mengklasifikasikan biji kopi berdasarkan ukuran yang telah disyaratkan oleh Standar Nasional Indonesia mengenai biji kopi, dan menghindari biji cacat dan benda asing yang terikut dalam biji bernas. Kotoran dan benda-benda asing yang terikut di dalam biji harus dibuang. Biji-biji pecah, pecahan biji, biji berjamur atau biji berkecambah harus dipisahkan.

Keseragaman ukuran biji merupakan salah satu persyaratan penting yang diminta oleh konsumen luar negeri. Sortasi biji bernas merupakan salah satu tahapan proses

padat kerja dan membutuhkan biaya yang tinggi, karena seluruh tahapan sortasi dilakukan secara manual (Widyotomo *et al.*, 1998).

Secara umum, proses sortasi dibedakan menjadi dua yaitu sortasi manual dan sortasi mekanis. Sortasi manual menggunakan tangan pekerja untuk proses pemisahan, sedangkan sortasi mekanis menggunakan bantuan mesin (Akamine *et al.*, 1975). Biji kopi dengan tingkat keragaman yang tinggi akan memperlambat proses sortasi dan mempercepat tingkat kelelahan pekerja sehingga menurunkan produktivitas kerja sortasi. Umumnya mesin sortasi kopi hanya digunakan sebagai proses sortasi awal sehingga sortasi manual lanjutan tetap dibutuhkan sebagai tahap akhir proses sortasi. Dengan adanya perlakuan pra sortasi secara mekanis akan diperoleh tingkat keseragaman biji yang tinggi sehingga dapat meningkatkan produktivitas kerja sortasi manual.

Mesin sortasi biji-bijian yang banyak digunakan adalah jenis ayakan (Henderson & Perry, 1976). Mesin ini dilengkapi dengan hembusan udara oleh kipas. Lubang sortasi berbentuk bulat, segi empat atau segitiga. Menurut Fellows (1992), atas dasar mekanisme gerakannya mesin sortasi dibagi menjadi tiga tipe yaitu stasioner, berputar dan bergetar. Mesin sortasi stasioner umumnya digunakan untuk memisahkan bahan dengan ukuran partikel 1,27–10,16 cm, dan efektif pada bahan yang sedikit mengandung partikel halus. Mesin sortasi silinder berputar mempunyai dua tipe yaitu silinder tunggal dan silinder ganda. Mesin sortasi mekanis tipe silinder tunggal berputar merupakan mesin sortasi yang menggunakan satu silinder memanjang dengan diameter

sama dan terdiri atas beberapa kompartemen yang dipasang secara seri. Masing-masing kompartemen memiliki ukuran diameter lubang ayakan yang berbeda. Mesin sortasi tipe silinder ganda mempunyai rancangan silinder ayakan dengan ukuran diameter yang berbeda-beda dipasang secara ko-aksial. Mesin ini terdiri dari beberapa ayakan dengan diameter silinder pengayak dan ukuran diameter lubang ayakan berbeda.

Mesin sortasi mendatar (*vibration screens*) bergetar digerakkan secara mekanis atau induksi listrik dengan simpangan yang relatif kecil. Getaran ditransmisikan dari sumber (mekanik atau induksi listrik) ke rangka yang kemudian dilanjutkan ke bagian pengayak (McCabe & Smith, 1956).

Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia telah merancang bangun mesin sortasi mendatar bergetar yang digerakkan secara mekanis. Mesin sortasi memiliki kompartemen berbentuk persegi empat bersusun tiga tingkat dan masing-masing kompartemen memiliki ayakan dengan ukuran diameter yang berbeda-beda. Mesin sortasi mendatar bergetar memiliki kelebihan konstruksi yang lebih ringkas dan mudah dalam hal pengoperasian, perawatan, serta dipindahkan dari satu tempat ke tempat yang lain.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja mesin sortasi biji kopi tipe meja getar untuk mengklasifikasikan biji kopi bernas sebelum dilakukan proses penyimpanan atau dijual kepada konsumen. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai informasi dan pedoman operasional mesin agar diperoleh mutu produk akhir yang optimum.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan dari bulan Juni sampai dengan September 2004 di kebun percobaan Kaliwining dan Laboratorium Teknologi Pengolahan Hasil dan Rekayasa Alat dan Mesin Pengolahan Kopi dan Kakao, Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.

Bahan yang digunakan adalah biji kopi bernas Robusta hasil pengolahan kering yang diperoleh dari Kebun Percobaan Kaliwining, dengan kadar air 13–14% basis basah.

Peralatan yang digunakan adalah mesin sortasi biji kopi tipe meja getar, alat ukur kadar air, alat ukur putaran, dan beberapa peralatan bantu lainnya seperti timbangan analitik, ayakan manual yang masing–masing memiliki ukuran diameter lubang 5,5 mm, 6,5 mm dan 7,5 mm, oven dan lain-lain.

Deskripsi Mesin Sortasi

Mesin sortasi biji kopi tipe meja getar memiliki 3 bagian penting yaitu unit pengayak, tenaga penggerak, dan rangka. Unit pengayak berbentuk persegi empat dengan ukuran panjang, lebar dan tebal setiap kompartemen masing–masing adalah 206 cm, 105,5 cm, dan 14 cm. Kompartemen pengayak dibuat dari bahan kayu tebal 30 mm, dan pada masing–masing sudut dihubungkan dengan plat aluminium 30 mm. Pada bagian dasar kompartemen unit pengayak dipasang anyaman kawat yang membentuk lubang persegi empat. Anyaman kawat dibuat dari besi tahan karat (*stainless steel*) dan dipasang pada masing–masing kompartemen membentuk persegi empat

dengan ukuran yang berbeda-beda. Kompartemen pertama (atas) dipasang anyaman kawat dengan bentuk persegi empat berukuran 7 mm x 7 mm, dan diameter kawat 7 mm. Pada kompartemen kedua (tengah) dipasang anyaman kawat dengan bentuk persegi empat berukuran 5 mm x 5 mm, dan diameter x 5 mm. Pada kompartemen ketiga (bawah) dipasang anyaman kawat dengan bentuk persegi empat berukuran 4 mm x 4 mm dan diameter kawat 4 mm. Hasil sortasi dibagi menjadi 3 corong keluaran dan satu tempat penampungan biji kecil, pecahan biji, dan serpihan kulit atau benda asing lainnya. Corong 1 (atas) merupakan keluaran hasil sortasi berupa biji bernas berdiameter lebih besar dari 7 mm. Corong 2 (tengah) merupakan keluaran hasil sortasi berupa biji bernas berdiameter lebih besar dari 5 mm dan lebih kecil dari 7 mm. Corong 3 (bawah) merupakan keluaran hasil sortasi berupa biji bernas berdiameter lebih besar dari 4 mm dan lebih kecil dari 5 mm, dan tempat penampungan di bagian paling bawah merupakan keluaran hasil sortasi berupa biji dengan ukuran lebih kecil dari 4 mm, pecahan biji, dan serpihan kulit atau benda asing lainnya.

Tenaga penggerak yang digunakan untuk menggetarkan kompartemen pengayak adalah motor bakar berdaya 5,5 HP. Putaran poros tenaga penggerak sebelum diteruskan ke poros sortasi menjadi gerakan translasi direduksi dengan menggunakan sistem roda gigi (*gear-box*) rasio 1 : 10 ukuran 60 tipe ASS. Sistem penerusan daya dari tenaga penggerak *gear-box* menggunakan sistem *pulley* dan sabuk karet V, sedangkan sistem penerusan daya dari *gear-box* ke poros sortasi menjadi gerakan translasi menggunakan

sistem penerusan daya langsung (eksentrik).

Rangka mesin sortasi biji kopi tipe meja getar dibuat dari besi baja profil persegi ukuran 40 mm x 60 mm. Rangka memiliki dimensi panjang, lebar dan tinggi masing-masing 205 cm, 106 cm, dan 34 cm. Penghubung antara rangka dan kompartemen-kompartemen pengayak digunakan besi plat tebal 5 mm, dan lebar 40 mm. Sudut kemiringan kompartemen ayakan dapat diatur sedemikian rupa agar diperoleh sudut kemiringan yang optimal. Besi plat penghubung antara rangka dan kompartemen ayakan mudah diperbaharui sehingga mudah dalam hal perawatan dan penggunaan. Mesin sortasi biji kopi tipe meja getar memiliki dimensi dengan ukuran

panjang, lebar dan tinggi masing-masing 272 cm, 126 cm, dan 144 cm.

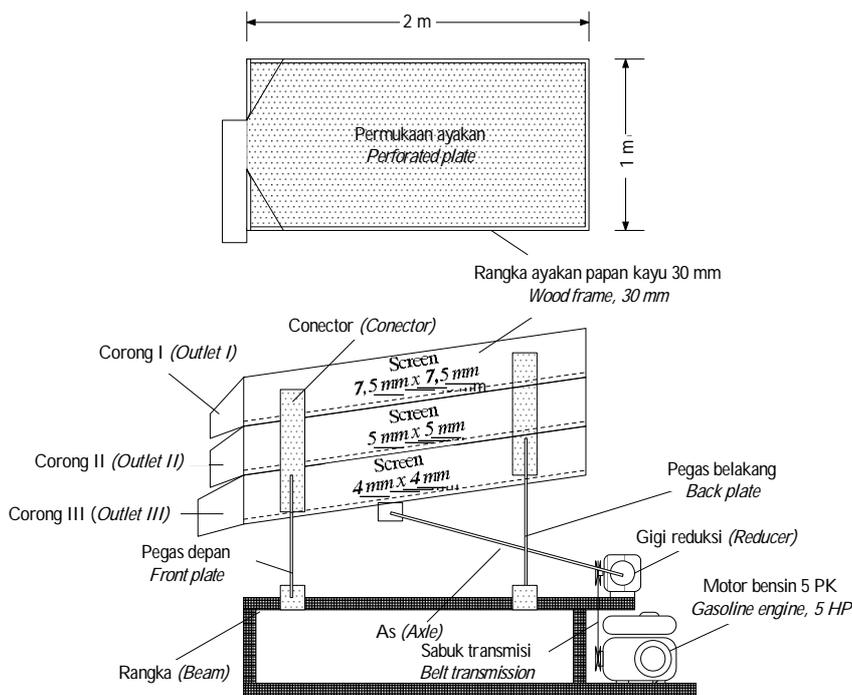
Tolok Ukur

Tolok ukur produksi dan mutu hasil sortasi adalah sebagai berikut :

1. Kapasitas kerja mesin

Kapasitas kerja mesin sortasi biji kopi bernas (Km) dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$K_m = \frac{\text{Biji kopi bernas yang diumpankan, kg} \quad (\text{Green coffee, kg})}{\text{Waktu sortasi, jam} \quad (\text{Time, h})} \dots 1$$



Gambar 1. Sketsa mesin sortasi biji kopi tipe meja getar.
 Figure 1. Design of a table vibration type coffee grading machine.

2. Fraksi bahan di setiap corong keluaran

Kinerja mesin sortasi biji kopi bernas sangat ditentukan oleh keseragaman bahan yang dihasilkan pada setiap corong keluaran. Semakin kecil keragaman ukuran biji kopi yang dihasilkan dari masing-masing corong keluaran, maka keefektifan mesin sortasi untuk mengklasifikasikan biji berdasarkan ukuran semakin tinggi. Untuk menentukan keefektifan mesin sortasi dilakukan dengan cara membandingkan distribusi biji kopi hasil sortasi yang dihasilkan dengan menggunakan mesin sortasi dari setiap corong keluaran dengan distribusi hasil yang diperoleh dengan ayakan secara manual. Pengklasifikasian biji kopi secara manual dilakukan dengan menggunakan ayakan 3 tingkat dan masing-masing memiliki lubang yang seragam dengan diameter lubang 5,5 mm, 6,5 mm, dan 7,5 mm.

Pelaksanaan Penelitian

Perlakuan

Pada penelitian ini dilakukan dua macam variasi perlakuan, yaitu perlakuan kecepatan

putar poros tenaga penggerak, dan perlakuan kemiringan kompartemen ayakan. Perlakuan kecepatan putar poros tenaga penggerak yang digunakan terdiri dari 3 tingkatan, yaitu 1.450 rpm, 1.600 rpm, dan 1.750 rpm. Perlakuan kemiringan kompartemen ayakan yang digunakan terdiri dari tiga tingkatan, yaitu 10° , 15° , dan 17° . Ulangan untuk masing-masing perlakuan sebanyak tiga kali. Untuk kontrol, dilakukan pemisahan biji kopi bernas secara manual, dan contoh dari masing-masing jenis bahan uji yang berbeda diambil sebanyak 300 g dan dilakukan 3 ulangan.

Pengukuran

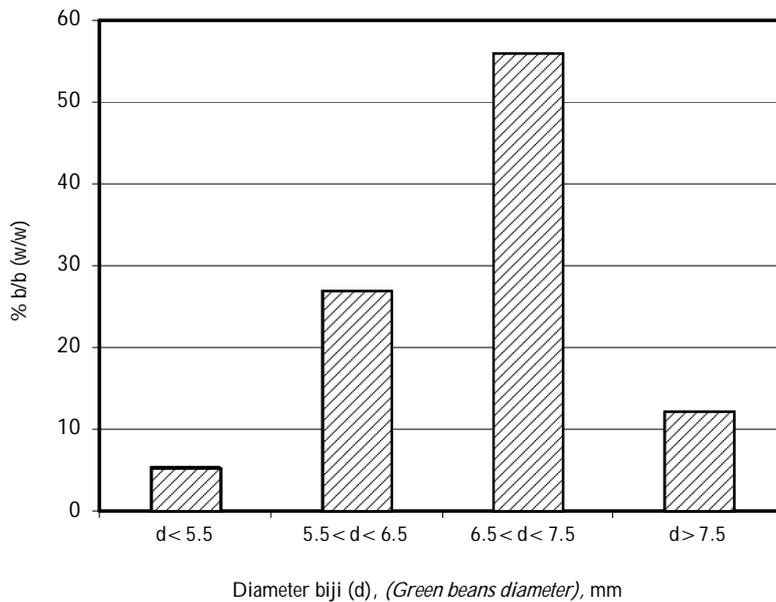
Parameter yang diukur meliputi waktu operasional, berat bahan yang diumpangkan, berat bahan yang dihasilkan dari setiap corong pengklasifikasian biji, konsumsi bahan bakar, dan kecepatan putar poros tenaga penggerak. Analisis teknis meliputi kapasitas kerja mesin, konsumsi bahan bakar, dan keefektifan pengklasifikasian dari setiap corong keluaran biji hasil sortasi.

Tabel 1. Matriks penandaan perlakuan sortasi biji kopi bernas

Table 1. Matrix code from several treatment of green coffee sortation process

| Perlakuan <i>Treatment</i> | Kecepatan putar tenaga penggerak, rpm <i>Engine speed, rpm</i> | | |
|--|---|----------|----------|
| | A | B | C |
| Kemiringan (<i>angle</i>) 10° | A11 | B11 | C11 |
| Kemiringan (<i>angle</i>) 15° | A12 | B12 | C12 |
| Kemiringan (<i>angle</i>) 17° | A13 | B13 | C13 |

Keterangan (*Notes*) : A = 1.450 rpm; B = 1.600 rpm; dan C = 1.750 rpm.



Gambar 2. Distribusi ukuran biji kopi hasil sortasi dengan ayakan secara manual.
 Figure 2. Size distribution of green coffee from manual sortation.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Distribusi Biji Kopi Sebelum Sortasi Mekanis

Sifat fisik biji kopi yang mudah diukur adalah dimensi atas dasar bentuk dan ukuran biji yang dinyatakan dalam panjang, lebar dan tebal. Biji kopi Robusta secara umum memiliki bentuk yang mendekati bundar atau bulat. Dari ketiga dimensi biji tersebut, lebar biji merupakan parameter yang sangat penting dalam penentuan klasifikasi ukuran biji. Menurut Dewan Standarisasi Nasional (1999), berdasarkan ukurannya biji kopi Robusta dikelompokkan dalam biji ukuran besar jika lolos ayakan lubang bulat ukuran diameter 7,5 mm, berukuran sedang jika lolos ayakan lubang bulat ukuran diameter

6,5 mm, dan berukuran kecil jika lolos ayakan lubang bulat ukuran diameter 5,5 mm.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji kopi bernas Robusta hasil pengolahan kering yang diperoleh dari kebun percobaan Kaliwining, Jember dengan kadar air 13-14% basis basah. Untuk mengetahui keefektifan mesin sortasi, terlebih dahulu dilakukan tahapan sortasi biji kopi secara manual menggunakan ayakan tiga tingkat masing-masing tingkat ayakan memiliki ukuran diameter lubang 5,5 mm, 6,5 mm, dan 7,5 mm. Distribusi hasil sortasi biji kopi Robusta kering secara manual ditampilkan pada Gambar 2. Kopi Robusta memiliki distribusi ukuran biji lebih besar dari 7,5 mm sebanyak 12%, lebih besar dari

6,5 mm sebanyak 55,8%, lebih besar dari 5,5 mm sebanyak 26,9% dan lebih kecil dari 5,5 mm sebanyak 5,3%.

Kapasitas Kerja Mesin Sortasi

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada kemiringan kompartemen pengayak 10° , kapasitas kerja mesin sortasi pada kecepatan putar tenaga penggerak 1.450 rpm, 1.600 rpm, dan 1.750 rpm masing-masing sebesar 1.406 kg/jam, 1.657 kg/jam, dan 2.000 kg/jam. Pada kemiringan kompartemen pengayak 15° , kapasitas kerja mesin sortasi pada kecepatan putar tenaga penggerak 1.450 rpm, 1.600 rpm, dan 1.750 rpm masing-masing sebesar 1.576 kg/jam, 1.700 kg/jam, dan 2.294 kg/jam. kemiringan kompartemen pengayak 17° , kapasitas kerja mesin sortasi pada kecepatan putar tenaga penggerak 1.450 rpm, 1.600 rpm, dan 1.750 rpm masing-masing sebesar 1.844 kg/jam, 1.932 kg/jam, dan 2.321 kg/jam.

Persamaan regresi garis lurus (*linier regression*) antara kecepatan putar tenaga penggerak dan kapasitas kerja mesin sortasi yang dihasilkan ditampilkan pada Tabel 1. Persamaan tersebut berlaku pada kisaran putaran tenaga penggerak antara 1.450 rpm sampai dengan 1.750 rpm. Dengan pertimbangan tingkat kenyamanan penggunaan mesin, putaran maksimum tenaga penggerak yang dapat digunakan sebesar 1.750 rpm.

Kapasitas kerja mesin sortasi sangat ditentukan oleh kemiringan kompartemen pengayak dan kecepatan putar tenaga penggerak. Gambar 3 menunjukkan bahwa pada sudut kemiringan kompartemen pengayak yang sama, dengan semakin besar kecepatan putar tenaga penggerak maka kapasitas kerja mesin sortasi akan semakin tinggi. Pada kecepatan putar tenaga penggerak yang sama, dengan semakin besar sudut kemiringan kompartemen pengayak maka kapasitas kerja mesin sortasi juga akan

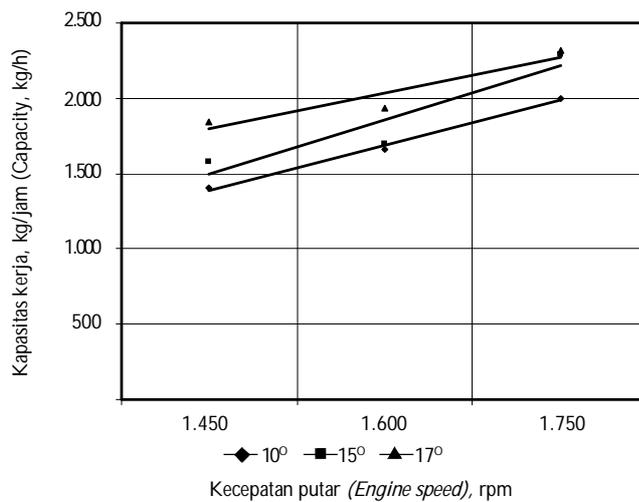
Tabel 2. Persamaan garis regresi linier hubungan antara kecepatan putar tenaga penggerak dan kapasitas kerja mesin sortasi pada beberapa perlakuan kemiringan kompartemen sortasi

Table 2. *Linier regression equation of relationship between engine speed and machine capacity from several treatments of compartment angle*

| No. | Kemiringan, ($^\circ$) Angle, ($^\circ$) | Persamaan garis <i>Linier regression equation</i> | Koef. korelasi <i>Correlation coeff.</i> |
|-----|---|--|---|
| 1 | 10 | $y = 297.0 x + 1093,7$ | 0.9921 |
| 2 | 15 | $y = 359.0 x + 1138,7$ | 0.875 |
| 3 | 17 | $y = 238,5 x + 1555,3$ | 0.8828 |

Keterangan (notes) : y = kapasitas kerja (*Machine capacity*), kg/jam (kg/h), dan x = kecepatan putar tenaga penggerak (*Engine speed*), rpm.

Kinerja mesin sortasi biji kopi tipe meja getar



Gambar 3. Kapasitas kerja mesin sortasi tipe meja getar dari beberapa perlakuan.
Figure 3. Capacity of sortation machine from several treatments.

semakin besar. Dengan semakin besar sudut kemiringan kompartemen pengayak maka biji kopi akan memiliki kemampuan atau gaya gelincir yang lebih tinggi dibandingkan pada sudut kemiringan yang lebih rendah. Gaya gelincir yang tinggi akan mengakibatkan biji dapat lebih cepat meluncur ke bawah sehingga kesempatan untuk masuk dan melalui lubang pengayak akan semakin singkat. Oleh sebab itu penggunaan sudut kemiringan kompartemen dan kecepatan putar tenaga penggerak yang semakin tinggi bukan berarti mesin akan memberikan kapasitas kerja dengan mutu produk akhir yang terbaik.

Distribusi Hasil Sortasi

Fraksi biji di setiap corong keluaran merupakan perbandingan antara hasil sortasi di masing-masing corong keluaran terhadap total berat bahan yang diumpankan.

Persentase biji pada setiap corong sangat ditentukan oleh sudut kemiringan kompartemen sortasi dan kecepatan putar tenaga penggerak. Pada Gambar 4 ditampilkan distribusi biji kopi yang keluar dari beberapa corong keluaran. Secara umum, distribusi biji kopi hasil sortasi secara mekanis memiliki kecenderungan yang sama dengan distribusi biji kopi hasil sortasi yang dilakukan secara manual.

Pada kemiringan kompartemen pengayak yang sama, dengan semakin tinggi kecepatan putar tenaga penggerak maka jumlah biji yang tertahan pada corong keluaran berukuran lubang besar akan semakin tinggi. Hal ini disebabkan biji kopi akan semakin mudah turun menuju corong keluaran tersebut sehingga kesempatan biji untuk ikut tersortasi menjadi semakin kecil.

Salah satu contoh, pada kemiringan kompartemen pengayak 17° dan kecepatan putar tenaga penggerak 1.450 rpm diperoleh

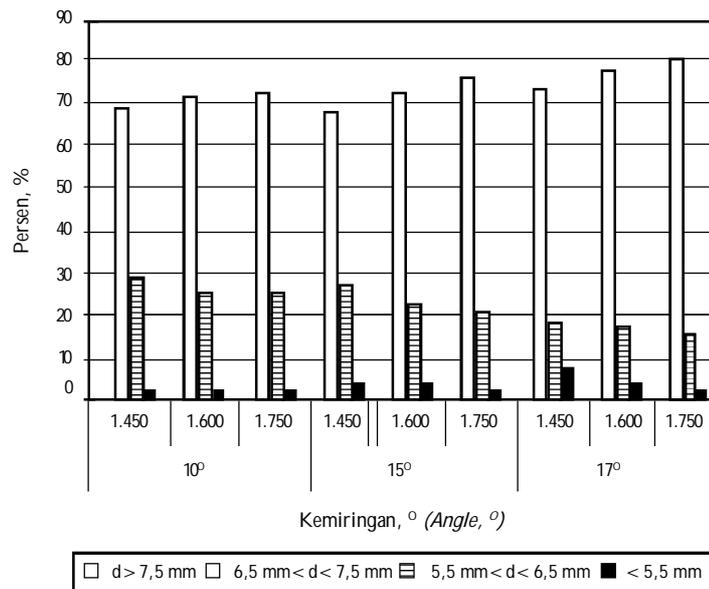
jumlah biji tertahan ayakan 6,5 mm sebesar 73,39%, sedangkan pada kecepatan putar tenaga penggerak 1.600 rpm dan 1.750 rpm diperoleh jumlah biji tertahan ayakan 6,5 mm masing-masing sebesar 77,24% dan 80,79%. Hal yang sama terjadi pula pada kemiringan kompartemen 10° dan 15° (Gambar 4).

Keefektifan Sortasi

Aspek yang sangat menentukan nilai kapasitas kerja mesin sortasi adalah kemiringan kompartemen pengayak dan kecepatan putar tenaga penggerak. Namun demikian, nilai kapasitas kerja mesin yang tinggi bukan berarti akan memberikan hasil sortasi yang terbaik. Kondisi terbaik adalah kapasitas kerja mesin yang

memberikan simpangan distribusi ukuran biji terkecil jika dibandingkan dengan distribusi ukuran biji yang diperoleh dari biji sortasi secara manual.

Keefektifan kerja mesin sortasi akan semakin baik jika distribusi ukuran biji kopi yang diperoleh dari beberapa corong keluaran dengan ukuran diameter lubang ayakan tertentu mendekati sebaran distribusi biji kopi yang disortasi dengan pengayak secara manual. Keefektifan mesin sortasi cenderung menjadi makin rendah pada kapasitas kerja yang tinggi sehingga perlu dilakukan pemilihan sudut kemiringan kompartemen pengayak dan kecepatan putar tenaga penggerak yang optimal dengan kriteria kapasitas kerja yang tinggi dan mutu hasil yang seragam.



Gambar 4. Distribusi biji kopi yang tertahan di beberapa kompartemen pengayak.

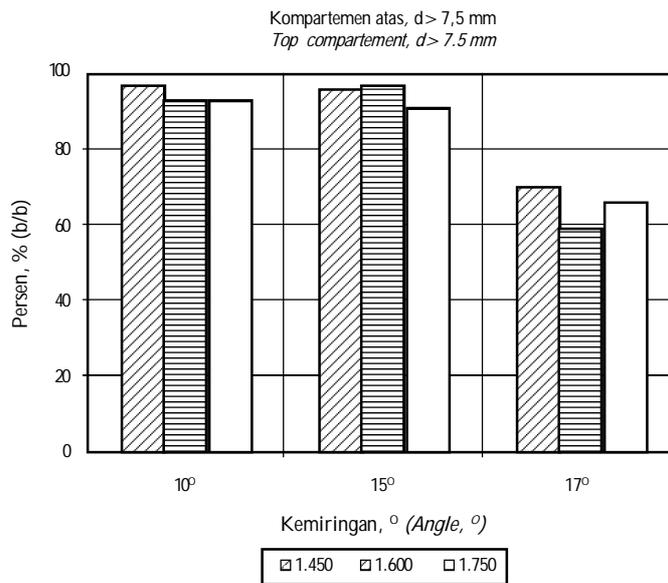
Figure 4. Green coffee distribution from several screen compartment.

Corong keluaran I

Corong I merupakan kumpulan biji hasil sortasi yang tertahan di kompartemen pengayak dengan ukuran lubang 7 mm x 7 mm. Hasil sortasi manual menunjukkan bahwa distribusi biji kopi yang keluar dari corong keluaran I, pada kecepatan putar tenaga penggerak 1.450 rpm dan kemiringan kompartemen pengayak 10° diperoleh 96,7% biji kopi berukuran lebih besar dari 7,5 mm, sedangkan pada kecepatan putar tenaga penggerak 1.600 rpm dan 1.750 rpm masing-masing sebesar 92,8% dan 92,6% (Gambar 5). Hal ini menunjukkan bahwa pada kemiringan 10° dan kecepatan putar tenaga penggerak 1.450 rpm sebesar 3,3% biji kopi memiliki ukuran diameter biji lebih kecil dari ukuran lubang pengayak 7 mm x 7 mm. Dengan semakin cepat putaran

tenaga penggerak, maka persentase biji kopi yang memiliki ukuran diameter biji lebih kecil dari ukuran lubang 7 mm x 7 mm akan semakin besar. Hal tersebut ditunjukkan dari hasil pengujian bahwa pada kecepatan putar tenaga penggerak 1.600 rpm, dan 1.750 rpm masing-masing diperoleh sebesar 7,2% dan 7,4%.

Hasil sortasi biji kopi secara manual menunjukkan bahwa 12% dari contoh bahan baku uji coba sortasi manual memiliki ukuran diameter lebih besar dari 7,5 mm. Jika kuantum biji yang disortasi sebanyak 1.000 kg, maka 12% dari jumlah tersebut atau sebanyak 120 kg merupakan biji kopi dengan ukuran diameter lebih besar dari 7,5 mm. Jika mesin sortasi dioperasikan pada kemiringan kompartemen 10° dan kecepatan putar tenaga penggerak 1.450 rpm, 1.600



Gambar 5. Distribusi biji kopi yang tertahan di kompartemen pengayak I.

Figure 5. Green coffee distribution from first compartment.

rpm, dan 1.750 rpm, maka berat biji dengan ukuran diameter lebih besar dari 7,5 mm masing-masing sebanyak 116 kg, 111,36 kg, dan 111,12 kg dan sisanya merupakan campuran biji dengan ukuran diameter yang beragam lebih kecil dari 7,5 mm. Jika mesin sortasi dioperasikan pada kemiringan kompartemen 15° dan kecepatan putar tenaga penggerak 1.450 rpm, 1.600 rpm, dan 1.750 rpm, maka berat biji dengan ukuran diameter lebih besar dari 7,5 mm masing-masing sebanyak 97,8 kg (81,5%), 115,8 kg (96,5%), dan 108,9 kg (90,8%) dan sisanya merupakan campuran biji dengan ukuran diameter yang beragam lebih kecil dari 7,5 mm. Jika mesin sortasi dioperasikan pada kemiringan kompartemen 17° dan kecepatan putar tenaga penggerak 1.450 rpm, 1.600 rpm, dan 1.750 rpm, maka berat biji dengan ukuran diameter lebih besar dari 7,5 mm masing-masing sebanyak 84,2 kg (70,17%), 69,8 kg (58,2%), dan 78,1 kg (65,12%) dan sisanya merupakan campuran biji dengan ukuran diameter yang beragam lebih kecil dari 7,5 mm.

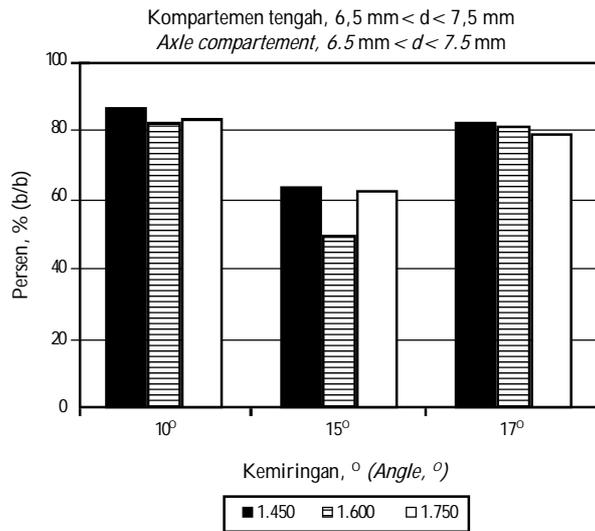
Hasil uraian analisis tersebut di atas menunjukkan bahwa kondisi pengayakan terbaik yang diperoleh persentase biji kopi berukuran lebih besar dari 7,5 mm adalah pada kondisi pengayakan dengan kecepatan putar tenaga penggerak 1.450 rpm dan kemiringan kompartemen pengayak 10°.

Corong keluaran II

Corong II merupakan kumpulan biji hasil sortasi yang tertahan di kompartemen pengayak dengan ukuran lubang 5 mm x 5 mm. Hasil sortasi manual menunjukkan bahwa distribusi biji kopi yang keluar dari

corong keluaran II pada kecepatan putar tenaga penggerak 1.450 rpm dan kemiringan kompartemen pengayak 10° diperoleh 86,96% biji kopi berukuran lebih besar dari 6,5 mm dan lebih kecil dari 7,5 mm, sedangkan pada kecepatan putar tenaga penggerak 1.600 rpm dan 1.750 rpm masing-masing diperoleh sebesar 82,2% dan 82,6% (Gambar 6). Hal ini menunjukkan bahwa pada kemiringan 10° dan kecepatan putar tenaga penggerak 1.450 rpm sebesar 13,04% biji kopi memiliki ukuran diameter biji lebih kecil dari ukuran lubang pengayak 5 mm x 5 mm. Dengan semakin cepat putaran tenaga penggerak, maka persentase biji kopi yang memiliki ukuran diameter biji lebih kecil dari ukuran lubang 5 mm x 5 mm akan semakin besar. Hal tersebut ditunjukkan dari hasil pengujian bahwa pada kecepatan putar tenaga penggerak 1.600 rpm, dan 1.750 rpm masing-masing diperoleh sebesar 17,8% dan 17,4%.

Hasil sortasi biji kopi secara manual menunjukkan bahwa 55,8% dari contoh bahan baku uji coba sortasi manual memiliki ukuran diameter lebih kecil dari 7,5 mm dan lebih besar dari 6,5 mm. Jika kuantum biji yang disortasi sebanyak 1000 kg, maka 55,8% dari jumlah tersebut atau sebanyak 558 kg merupakan biji kopi dengan ukuran diameter lebih besar dari 6,5 mm dan lebih kecil dari 7,5 mm. Jika mesin sortasi dioperasikan pada kemiringan kompartemen 10° dan kecepatan putar tenaga penggerak 1.450 rpm, 1.600 rpm, dan 1.750 rpm, maka berat biji dengan ukuran diameter lebih besar dari 6,5 mm dan lebih kecil dari 7,5 mm masing-masing sebanyak 484,9 kg, 458,7 kg, dan 460,9 kg dan sisanya



Gambar 6. Distribusi biji kopi yang tertahan di kompartemen pengayak II.
Figure 6. Green coffee distribution from second compartment.

merupakan campuran biji dengan ukuran diameter yang beragam lebih kecil dari 6,5 mm. Jika mesin sortasi dioperasikan pada kemiringan kompartemen 15° dan kecepatan putar tenaga penggerak 1.450 rpm, 1.600 rpm, dan 1.750 rpm, maka berat biji dengan ukuran diameter lebih besar dari 6,5 mm dan lebih kecil dari 7,5 mm masing-masing sebanyak 360,1 kg (64,5%), 272,9 kg (48,9%), dan 350,7 kg (62,8%) dan sisanya merupakan campuran biji dengan ukuran diameter yang beragam lebih kecil dari 6,5 mm. Jika mesin sortasi dioperasikan pada kemiringan kompartemen 17° dan kecepatan putar tenaga penggerak 1.450 rpm, 1.600 rpm, dan 1.750 rpm, maka berat biji dengan ukuran diameter lebih besar dari 6,5 mm dan lebih kecil dari 7,5 mm masing-masing sebanyak 463,1 kg (83%), 454,2 kg (81,4%), dan 441,2 kg (79%) dan sisanya

merupakan campuran biji dengan ukuran diameter yang beragam lebih kecil dari 6,5 mm.

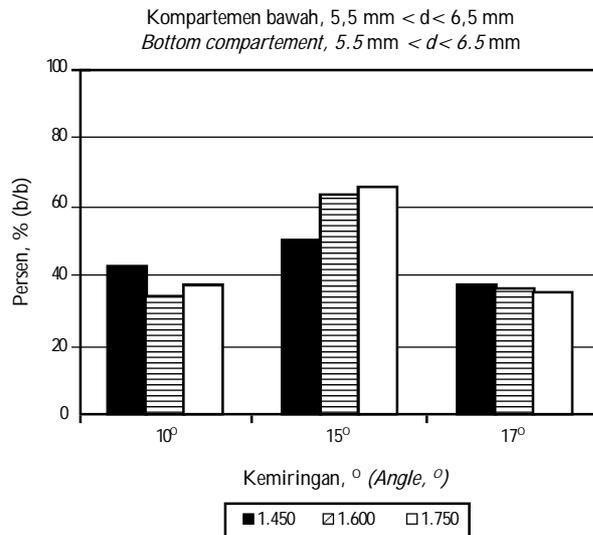
Hasil uraian analisis tersebut di atas menunjukkan bahwa kondisi pengayakan terbaik diperoleh persentase biji kopi berukuran lebih besar dari 6,5 mm dan lebih kecil dari 7,5 mm adalah pada kondisi pengayakan dengan kecepatan putar tenaga penggerak 1.450 rpm dan kemiringan kompartemen pengayak 10°.

Corong keluaran III

Corong III merupakan kumpulan biji hasil sortasi yang tertahan di kompartemen pengayak dengan ukuran lubang 4 mm x 4 mm. Hasil sortasi manual menunjukkan bahwa distribusi biji kopi yang keluar dari corong keluaran III, pada kecepatan putar

tenaga penggerak 1.450 rpm dan kemiringan kompartemen pengayak 10° diperoleh 43,2% biji kopi berukuran lebih besar dari 5,5 mm dan lebih kecil dari 6,5 mm, sedangkan pada kecepatan putar tenaga penggerak 1.600 rpm dan 1.750 rpm masing-masing diperoleh sebesar 33,8% dan 37,6% (Gambar 7). Hal ini menunjukkan bahwa pada kemiringan 10° dan kecepatan putar tenaga penggerak 1.450 rpm sebesar 56,8% biji kopi memiliki ukuran diameter biji lebih kecil dari ukuran lubang pengayak 4 mm x 4 mm. Dengan semakin cepat putaran tenaga penggerak, maka persentase biji kopi yang memiliki ukuran diameter biji lebih kecil dari ukuran lubang 4 mm x 4 mm akan semakin besar. Hal tersebut ditunjukkan dari hasil pengujian bahwa pada kecepatan putar tenaga penggerak 1.600 rpm, dan 1.750 rpm masing-masing diperoleh sebesar 66,2% dan 62,4%.

Hasil sortasi biji kopi secara manual menunjukkan bahwa 26,87% dari contoh bahan baku uji coba sortasi manual memiliki ukuran diameter lebih kecil dari 6,5 mm dan lebih besar dari 5,5 mm. Jika kuantum biji yang disortasi sebanyak 1000 kg, maka 26,87% dari jumlah tersebut atau sebanyak 268,7 kg merupakan biji kopi dengan ukuran diameter lebih besar dari 5,5 mm dan lebih kecil dari 6,5 mm. Jika mesin sortasi dioperasikan pada kemiringan kompartemen 10° dan kecepatan putar tenaga penggerak 1.450 rpm, 1.600 rpm, dan 1.750 rpm, maka berat biji yang diperoleh dengan ukuran diameter lebih besar dari 5,5 mm dan lebih kecil dari 6,5 mm masing-masing sebanyak 116 kg, 90,8 kg, dan 101 kg dan sisanya merupakan campuran biji dengan ukuran diameter yang beragam lebih kecil dari 5,5 mm. Jika mesin sortasi dioperasikan pada kemiringan kompartemen

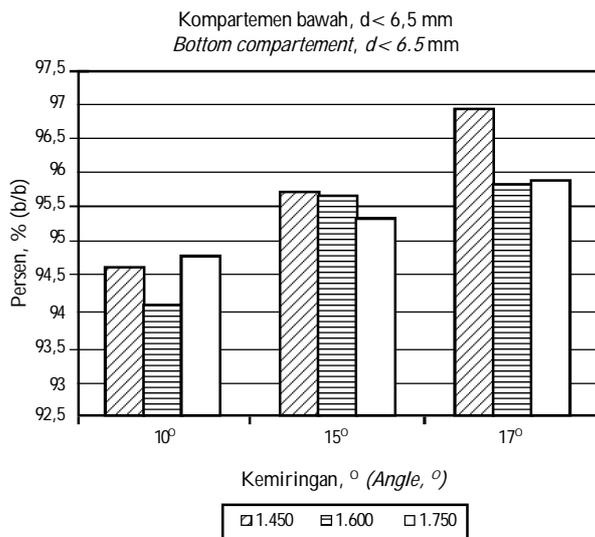


Gambar 7. Distribusi biji kopi yang tertahan di kompartemen pengayak III.
 Figure 7. Green coffee distribution from third compartment.

15° dan kecepatan putar tenaga penggerak 1.450 rpm, 1.600 rpm, dan 1.750 rpm, maka berat biji dengan ukuran diameter lebih besar dari 5,5 mm dan lebih kecil dari 6,5 mm masing-masing sebanyak 137,3 kg (51,1%), 175,4 kg (65,3%), dan 178,1 kg (66,3%) dan sisanya merupakan campuran biji dengan ukuran diameter yang beragam lebih kecil dari 5,5 mm. Jika mesin sortasi dioperasikan pada kemiringan kompartemen 17° dan kecepatan putar tenaga penggerak 1.450 rpm, 1.600 rpm, dan 1.750 rpm, maka berat biji dengan ukuran diameter lebih besar dari 6,5 mm dan lebih kecil dari 7,5 mm masing-masing sebanyak 99,5 kg (37%), 95,12 kg (35,4%), dan 94 kg (35%) dan sisanya merupakan campuran biji dengan ukuran diameter yang beragam lebih kecil dari 5,5 mm.

Lolos lubang ayakan 4 mm x 4 mm

Wadah terakhir adalah untuk menampung biji kopi yang lolos ayakan lubang 4 mm x 4 mm. Hasil sortasi manual menunjukkan bahwa distribusi biji kopi lolos ayakan lubang 4 mm x 4 mm pada kecepatan putar tenaga penggerak 1.450 rpm dan kemiringan kompartemen pengayak 10° diperoleh 94,56% biji kopi berukuran lebih kecil dari 5,5 mm, sedangkan pada kecepatan putar tenaga penggerak 1.600 rpm dan 1.750 rpm masing-masing diperoleh sebesar 94,12% dan 94,73% (Gambar 8). Untuk kemiringan kompartemen pengayak 15°, pada kecepatan putar tenaga penggerak 1.450 rpm, 1.600 rpm, dan 1.750 rpm masing-masing diperoleh persentase biji berukuran lebih kecil dari 5,5 mm sebesar



Gambar 8. Distribusi biji kopi yang lolos ayakan kompartemen III.

Figure 8. Green coffee distribution which smaller than 5.5 mm diameter.

95,75%, 95,74%, dan 95,34%. Sedangkan untuk kemiringan kompartemen pengayak 17°, pada kecepatan putar tenaga penggerak 1.450 rpm, 1.600 rpm, dan 1.750 rpm masing-masing diperoleh persentase biji berukuran lebih kecil dari 5,5 mm sebesar 96,96%, 95,86% dan 95,89%.

Konsumsi Bahan Bakar

Bahan bakar merupakan salah satu komponen penting dalam proses sortasi biji kopi. Tenaga penggerak yang digunakan untuk pengayakan biji kopi adalah motor bakar dengan daya terpasang 5,5 HP. Gambar 9 menunjukkan bahwa kebutuhan bahan bakar tenaga penggerak akan semakin meningkat dengan semakin besarnya kapasitas kerja yang dihasilkan. Pada kapasitas kerja 1.400 kg/jam, kebutuhan

bahan bakar tenaga penggerak sebesar 20 ml/jam, sedangkan pada kapasitas kerja 1.700 kg/jam dan 2.322 kg/jam masing-masing sebesar 22,3 ml/jam, dan 35 ml/jam.

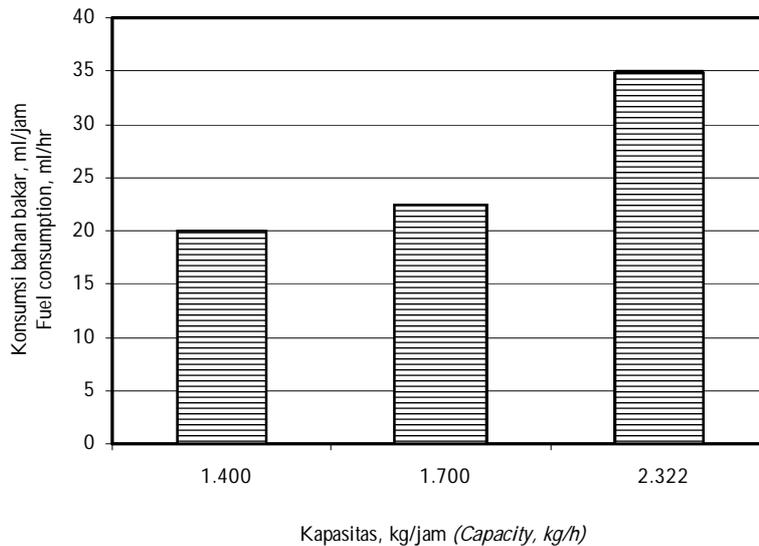
Analisis penggal garis regresi linier diperoleh persamaan hubungan antara kapasitas kerja mesin (x) dan kebutuhan bahan bakar tenaga penggerak (y) adalah :

$$Y = 0.0169 x - 4.7686 \dots\dots\dots 2$$

$$r = 0.9673$$

Persamaan 2 hanya berlaku pada kisaran kapasitas kerja mesin antara 1.400 kg/jam sampai 2.322 kg/jam.

Daya penggerak ditentukan oleh besarnya nilai putaran mesin (v), torsi yang dihasilkan oleh mesin (μ) dan efisiensi



Gambar 9. Hubungan kapasitas kerja mesin sortasi dengan konsumsi bahan bakar.
 Figure 9. Relationship between fuel consumption and machine capacity.

mesin (η). Persamaan 3 menunjukkan bahwa dengan semakin besarnya nilai putaran dan torsi mesin pengupas maka daya yang dihasilkan semakin besar. Semakin besar kapasitas kerja mesin yang dihasilkan maka putaran poros tenaga penggerak diperlukan akan semakin tinggi. Daya yang dihasilkan oleh tenaga penggerak akan semakin meningkat dengan semakin meningkatnya jumlah putaran poros tenaga penggerak dan nilai torsi yang dihasilkan. Konsumsi bahan bakar akan semakin meningkat dengan semakin tingginya jumlah putaran poros tenaga penggerak per satuan waktu.

$$P \text{ (kW)} = 2 \cdot \pi \cdot \mu \cdot v / (6000 \cdot \eta) \dots\dots\dots 3$$

P (kW) : Daya (*Power*)

μ : Torsi (*Torsion*), Nm

v : Putaran (*Roration*), rpm

η : Efisiensi mesin (*Engine efficiency*), %

Analisa Ekonomi

Analisis ekonomi awal dilakukan berdasarkan data-data yang diperoleh dari hasil pengujian mesin sortasi biji kopi tipe meja getar pada skala terbatas di laboratorium Industri Hilir dan Rekayasa Alsin Pengolahan, Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia di Jember. Beberapa parameter ditampilkan pada Tabel 3.

Kapasitas kerja mesin sortasi pada kondisi kerja optimum adalah 1.406 kg/jam, pada kemiringan 10° dan kecepatan putar tenaga penggerak 1.450 rpm. Jika diasumsikan waktu kerja per hari selama 8 jam, dan untuk proses sortasi diperlukan tenaga

kerja 3 orang dengan upah masing-masing Rp10.000,-/Hari Orang Kerja (HOK), besarnya biaya perawatan, di antaranya pemberian minyak pelumas *pulley*, penggantian sabuk karet V, penggantian oli mesin secara berkala diperkirakan sebesar Rp25.000,-/hari, dan biaya bahan bakar untuk operasional sebesar Rp15.000,-/hari, mesin sortasi memiliki nilai ekonomis 5 tahun dengan harga awal Rp19.500.000,- sehingga diperoleh nilai depresiasi mesin Rp10.655,-/hari. Berdasarkan beberapa asumsi dan paramter di atas diperoleh hasil perhitungan biaya sortasi per kilogram biji kopi Robusta dengan menggunakan mesin sortasi biji kopi tipe meja getar hasil rekayasa Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia sebesar Rp7,17.

Tabel 3. Harkat beberapa variabel analisis ekonomi
 Table 3. Value of several variables of economic analysis

| No. | Parameter | Nilai (Value) |
|-----|--|---------------|
| 1 | Kapasitas kerja, kg/jam <i>Machine capacity, kg/h</i> | 1,406 |
| 2 | Jam kerja per hari, jam <i>Working time/day, hour</i> | 8 |
| 3 | Upah tenaga kerja per hari, Rp <i>Labour cost/day, Rp.</i> | 30,000 ,- |
| 4 | Harga mesin, Rp <i>Machine price, Rp.</i> | 19,500,000 ,- |
| 5 | Umur ekonomis mesin, tahun <i>Machine live time, years</i> | 5 |
| 6 | Depresiasi mesin, Rp/hari <i>Machine depresiation, Rp/day</i> | 10,655 ,- |
| 7 | Bahan bakar, Rp/hari <i>Fuel consumption, Rp/day</i> | 15,000 ,- |
| 8 | Perawatan, Rp/hari <i>Maintenance, Rp/day</i> | 25,000 ,- |

KESIMPULAN

Uji kinerja mesin sortasi biji kopi tipe meja getar hasil rekayasa Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia menunjukkan bahwa :

1. Kondisi optimum pengoperasian mesin sortasi dilakukan pada kemiringan kompartemen pengayak 10° dan kecepatan putar tenaga penggerak sebesar 1.450 rpm dengan kapasitas kerja mesin yang dihasilkan sebesar 1.406 kg/jam.
2. Pada sudut kemiringan kompartemen sortasi 10° , dengan kecepatan putar tenaga penggerak 1.450 rpm diperoleh distribusi hasil 96,7% biji tertahan di kompartemen pertama (diameter $\geq 7,5$ mm), 86,96% biji tertahan di kompartemen kedua (diameter $\geq 6,5$ mm, dan 43,2% biji tertahan di kompartemen ketiga (diameter $\geq 5,5$ mm).
3. Hasil analisis ekonomi pada skala pengujian terbatas menunjukkan bahwa biaya sortasi biji kopi Robusta berkadar air 13-14% basis basah dengan menggunakan mesin sortasi biji kopi tipe meja getar pada kemiringan kompartemen pengayak 10° dan kecepatan putar tenaga penggerak 1.450 rpm sebesar Rp7,17/kg.

DAFTAR PUSTAKA

- Dewan Standarisasi Nasional (1999). Standar Nasional Indonesia : Biji Kopi. SNI-01-2907-1999/Rev.1992. Jakarta.
- Henderson, S.M. & R.L. Perry (1976). *Agricultural Process Engineering*. The AVI Publ. Connecticut, USA.
- Akamine, E.K.; H. Kitagawa; H. Subramanyam & P.G. Long (1975). Packinghouse operations. p. 267-282. In : ER.B. Pantastico (Ed.). *Postharvest Physiology, Handling and Utilization of Tropical and Subtropical Fruits and Vegetables*. The AVI Publ. Co., Westport.
- Fellows, P.J. (1992). *Food Process Technology: Principles and Practise*. Ellis Howard, England.
- Mc.Cabe, W.L. & J.C. Smith (1956). *Unit Operations of Chemical Engineering*. Mc.Graw-Hill Book Comp.Inc., New York.
- Widyotomo, S. ; Sri-Mulato; O. Atmawinata, & Yusianto (1998). Kinerja mesin sortasi biji kakao tipe silinder tunggal berputar. *Pelita Perkebunan*, 14, 197-210.
