



Analisis Teknik dan Uji Kinerja Mesin Pengolah Kopi (*Pulper* dan *Huller*) *Mobile* pada Alat Mekanis Multiguna Pedesaan (AMMDes) Pengolahan Kopi (Studi Kasus di PT. Kreasi Mandiri Wintor Indonesia, Kab. Bogor, Jawa Barat)

Technical Analysis and Performance Test of Coffee Processing Machines (Pulper and Huller) Mobile on Rural Multipurpose Mechanical Vehicle (AMMDes) for Coffee Processing (Case Study on PT. Kreasi Mandiri Wintor Indonesia Bogor Regency, West Java)

Fadzar Bagas Akbar*, Asep Yusuf, Ahmad Thoriq, Wahyu K Sugandi

Program Studi Teknik Pertanian, Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem,
Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran, Indonesia

*Penulis Korespondensi

Email: fadzarbagas@gmail.com

Abstrak. Mesin pengupas kulit buah kopi (*pulper*) dan gabah kopi kering (*huller*) yang telah ada di pasaran bersifat tidak mudah untuk dipindah-pindahkan (*statis*). Oleh karena itu perlu adanya mesin pengolah kopi yang dapat *mobile* atau terintegrasi pada kendaraan seperti pada Alat Mekanis Multiguna Pedesaan (AMMDes) pengolahan kopi, mencakup *pulper* dan *huller*. Kedua mesin tersebut merupakan hasil perancangan home industry sehingga belum memiliki spesifikasi aktual dan data uji kinerjanya, padahal data tersebut penting untuk mengetahui spesifikasi teknis mesin dan produksi massal dapat dilakukan dengan pertimbangan yang matang. Metode penelitian yang digunakan adalah analisis deskriptif dengan melakukan pengukuran, pengamatan, dan perhitungan untuk menganalisis teknik dan menguji kinerja mesin. Hasil analisis teknik pada kedua mesin menunjukkan sudah layak secara teknis, dengan parameter pada mesin *pulper* berupa kebutuhan daya 4,08 HP dan umur bantalan 27.660 jam. Sedangkan pada mesin *huller* yaitu kebutuhan daya 6,09 HP dan umur bantalan 11.743 jam. Hasil uji kinerja kedua mesin juga menunjukkan sebagian besar sudah memenuhi standar yang berlaku, namun perlu evaluasi untuk tingkat kebisingan dan getarannya. Hasil uji kinerja mesin *pulper* yaitu kapasitas aktual 390,1 kg/jam, rendemen pengupasan 64,2%, konsumsi bahan bakar 0,72 liter/jam, tingkat kebisingan 87,5 dB, dan getaran mesin 11,26 m/s². Sedangkan pada mesin *huller* yaitu kapasitas aktual 107,4 kg/jam, rendemen pengupasan 75,1%, konsumsi bahan bakar 0,95 liter/jam, tingkat kebisingan 85,1 dB, dan getaran mesin 11,04 m/s².

Kata kunci: *pulper*, *huller*, mesin *mobile*, uji kinerja, pengolah kopi

Abstract. The coffee pulping machine (*pulper*) and hulling machine (*huller*) that already on the market are not easy to be moved (*static*). Therefore it is necessary to have coffee machines that can be *mobile* or integrated with the vehicle like Rural Multipurpose Mechanical Vehicle (AMMDes) for coffee processing, includes *pulper* and *huller*. Both of these machines are the result of home industry design so those machines did not have the actual specifications and performance test data yet, even though those data are important to know the technical specifications and the

Diterima : 12 Mei 2020

Disetujui : 28 Juni 2020

Diterbitkan : 29 Juni 2020

Doi: <https://doi.org/10.32530/agroteknika.v3i1.65>

Artikel ini adalah artikel open access di bawah lisensi CC BY-SA 4.0

mass productions could be done with careful consideration. The research method used is the descriptive analysis by measuring, observing, and calculating to analyze the technical and performance of the machines. The result of technical analysis on the machines showed that it was technically feasible, with pulper parameters in form of power requirement 4,08 HP and bearing life of 27.660 hours. Whereas on the huller, it needs 6,09 HP of power requirement and 11.743 hours of bearing life. The results of the performance tests on the machines also showed that most had met the applicable standards, but need an evaluation for the noise and vibration levels. The performance test of pulper is actual capacity of 390,1 kg/hour, stripping yield 64,2%, fuel consumption 0,72 litre/hour, noise level 87,5 dB, and engine vibration 11,26 m/s². Whereas the huller engine is actual capacity of 107,4 kg/hour, stripping yield 64,2%, fuel consumption 0,72 litre/hour, noise level 87,5 dB, and engine vibration 11,26 m/s².

Keywords: *pulper, huller, mobile machine, performance test, coffee processing*

1. Pendahuluan

Kopi (*coffea sp.*) merupakan salah satu komoditi hasil pertanian dari sektor perkebunan yang penting bagi perekonomian negara. Menurut SDSTP (2017), luas areal perkebunan kopi di Indonesia pada tahun 2015 adalah 1,229 juta hektar, kemudian meningkat pada tahun 2016 menjadi sebesar 1,247 juta hektar, hingga pada tahun 2017 terus meningkat menjadi 1,251 juta hektar (atau rata-rata laju peningkatan sebesar 0,89%). Total produksi kopi sendiri mengalami peningkatan dari 639.355 ton pada tahun 2015, menjadi 663.871 ton di tahun 2016, hingga pada tahun 2017 mencapai 666.992 ton dimana 96% diantaranya berasal dari areal perkebunan kopi rakyat, dengan jumlah petani yang terlibat sebanyak 1.881.694 KK. Pada tahun 2017, Indonesia merupakan produsen kopi terbesar keempat di dunia, dengan jumlah ekspor kopi mencapai 467,8 ribu ton dengan total nilai sebesar US\$ 1.187.157.000 (SDSTP, 2017).

Proses pengolahan pasca panen kopi sangat berpengaruh pada kualitas kopi yang dihasilkan (Mahendra, 2014). Pada pengolahan kopi basah dilakukan proses *pulping* dengan mesin *pulper*, dan pada pengolahan kopi kering dilakukan proses *hulling* dengan mesin *huller*. Proses *pulping* merupakan proses pengupasan kulit buah kopi terluar setelah baru dipanen, sedangkan pada proses *hulling* merupakan proses pengupasan kulit cangkang biji kopi yang sudah dijemur. Mesin pengupas kulit buah kopi (*pulper*) dan gabah kopi kering (*huller*) yang telah ada di pasaran bersifat tidak mudah untuk dipindah-pindahkan (statis). Di sisi lain, lokasi kebun kopi berada di perbukitan sehingga mengharuskan petani untuk menurunkan buah kopi dari kebun yang berlokasi di pegunungan ke tempat pengolahan kopi. Hal ini menyebabkan proses pengupasan kulit kopi menjadi terbatas pada lokasi tertentu, dan juga menyebabkan munculnya potensi pencemaran limbah kulit kopi pada lingkungan. Permasalahan-permasalahan tersebut secara tidak langsung mengurangi pendapatan petani dan dapat mencemari lingkungan. Salah satu solusi untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan alat mesin pertanian (alsintan) pengupas kopi yang dapat *mobile* seperti pada Alat Mekanis Multiguna Pedesaan (AMMDes) pengolahan kopi.

AMMDes sendiri merupakan sebuah kendaraan berukuran kecil untuk medan pedesaan dengan aplikasi sesuai sektor-sektornya dari mulai sektor kesehatan, perikanan, perkebunan, dan

pertanian. Manfaat dari AMMDes adalah kepraktisannya untuk melakukan perjalanan pada pedesaan dan dilengkapi dengan aplikasi di bagian baknya seperti penjernih air, pembuat serpihan es, pemoles beras, pompa air, pengangkut pisang, dan lain-lain (Kemenperin, 2019). Salah satu aplikasi yang sedang dikembangkan oleh PT Kreasi Mandiri Wintor Indonesia adalah AMMDes pada bidang perkebunan yakni untuk pengolahan kopi. AMMDes pengolahan kopi mencakup dua mesin sekaligus yaitu *pulper* dan *huller*. Kedua mesin tersebut merupakan hasil perancangan *home industry* sehingga belum memiliki spesifikasi aktual dan data uji kinerjanya, padahal data tersebut penting untuk mengetahui spesifikasi teknis mesin dan produksi massal dapat dilakukan dengan pertimbangan yang matang. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian mengenai analisis teknik dan uji kinerja mesin pengolah kopi pada AMMDes pengolahan kopi.

2. Bahan dan Metode

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan diantaranya adalah seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Peralatan yang digunakan untuk penelitian

No.	Alat	Spesifikasi	Kegunaan
1	Timbangan	HITACHI 100B, Ketelitian 0,01 g	Mengukur berat bahan uji
2	Meteran	Tajima, Ketelitian 1 mm	Mengukur dimensi mesin
3	<i>Stopwatch</i>	Ketelitian 0,1 sekon	Menghitung waktu
4	Software CAD	<i>Solidworks</i> 2018	Melakukan <i>modeling</i> 3D mesin dan perhitungan dengan <i>FEA</i>
5	Gelas ukur	Ukuran 500 ml	Mengukur volume <i>bulk density</i>
6	Cawan	Berbahan alumunium	Sebagai wadah bahan dalam oven
7	<i>Tachometer</i>	Lutron DT-2236, Ketelitian 0,1 RPM	Mengukur kecepatan putaran mesin
8	Jangka Sorong	<i>Digital Caliper</i> , Ketelitian 0,1 mm	Mengukur komponen mesin
9	Mistar Baja	Panjang 30 cm, Ketelitian 1 mm	Mengukur dimensi mesin
10	Oven Listrik	Lock&Lock	Mengeringkan buah kopi
11	<i>Soundlevel Meter</i>	Lutron SL-4010, Ketelitian 0,1 dB	Mengukur kebisingan mesin
12	<i>Vibration Meter</i>	Lutron VB-8200, Ketelitian 0,1 m/s ²	Mengukur getaran mesin
13	<i>Anemometer</i>	RZ GM-816 <i>Digital Anemometer</i>	Mengukur kecepatan aliran udara <i>blower</i>

Bahan yang digunakan adalah 100 kg buah kopi dan 100 kg gabah kopi kering varian arabika dengan proses pengolahan yang paling umum yaitu *full washed*.

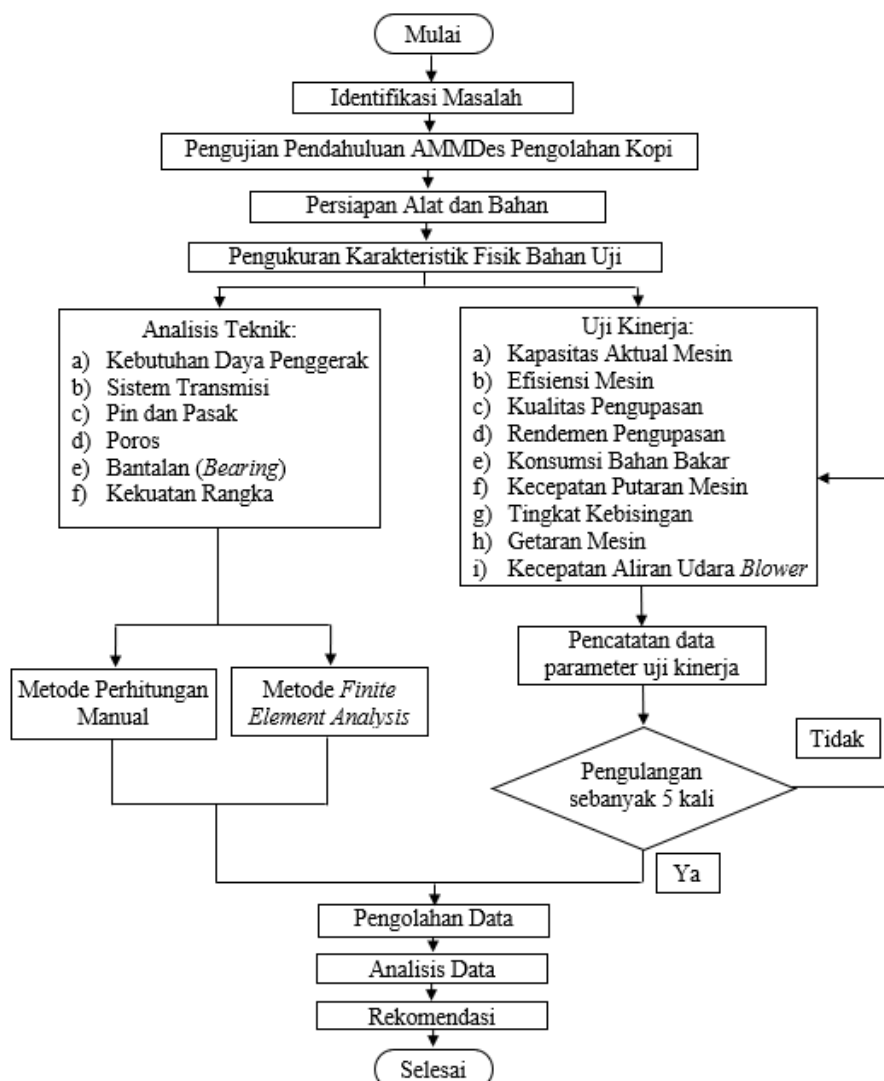
Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode analisis deskriptif melalui pengukuran, pengamatan, dan perhitungan pada mesin pengolah kopi pada AMMDes pengolahan kopi yang mencakup mesin pengupas kulit kopi basah (*pulper*) dan mesin pengupas kulit cangkang kopi (*huller*). Data-data yang diperoleh kemudian dianalisis sehingga didapatkan data kelayakan teknis dan kinerja mesin. AMMDes pengolahan kopi seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. AMMDes pengolahan kopi

Pada penelitian ini bertujuan untuk menguji kelayakan teknis pada mesin pengolah kopi pada AMMDes pengolahan kopi melalui serangkaian perhitungan keteknikan, dan juga dengan menguji kinerjanya agar diperoleh spesifikasi aktual dari mesin pengolah kopi tersebut. Tahapan penelitian yang dilakukan antara lain adalah pengujian karakteristik fisik bahan, pengujian pendahuluan, analisis teknik, dan uji kinerja. Tahapan penelitian dalam bentuk *flowchart* seperti yang disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Tahapan penelitian

Persamaan yang digunakan untuk analisis teknik pada penelitian ini berdasarkan referensi Hall *et al.*, (1983); Singer *et al.*, (1995); serta Sularso and Suga (2004) seperti pada Tabel 2.

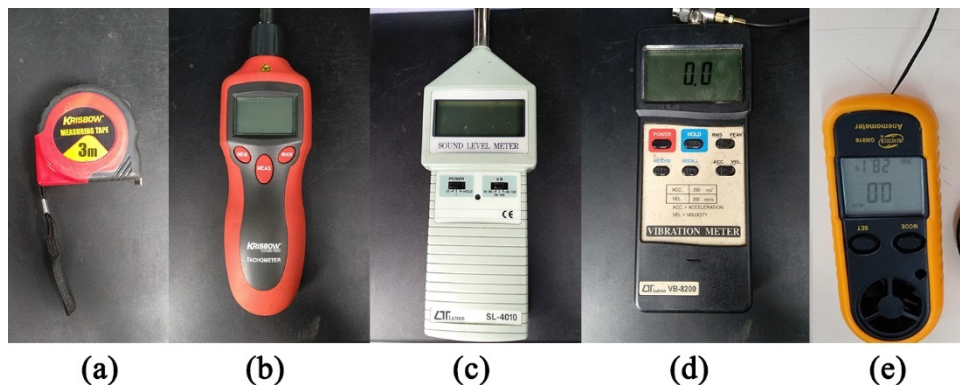
Tabel 2. Persamaan analisis teknik yang digunakan

Nama Persamaan	Persamaan	Keterangan
Kebutuhan Daya Penggerak	$P_m = F \cdot v$	P_m = daya untuk menggerakkan komponen bergerak (W); F = gaya tangensial komponen bergerak (N); v = kecepatan linier poros komponen bergerak (m/s)
Sistem Transmisi	$L = 2C + \frac{\pi}{2}(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4C}$	L = panjang sabuk (mm); C = jarak antar poros penggerak dan pengupas (mm), D = diameter puli yang lebih besar (mm), dan d = diameter puli yang lebih kecil (mm); n_s = jumlah sabuk; P_s = daya per sabuk (W)
	$n_s = \frac{P_{tot}}{P_s}$	
Pin dan Pasak	$d^2 = \frac{F \cdot A}{P_a \cdot \pi}$	d = diameter pin minimal (mm); F = gaya tangensial (N); A = luas permukaan pin; σ = <i>allowable normal stress</i> (N/m ²); τ = <i>allowable shear stress</i> (N/m ²); b = lebar total pasak; l = panjang total pasak
	$\sigma = \frac{F}{l \cdot t/2}$ dan $\tau = \frac{F}{b \cdot l}$	
Poros	$d_s^3 = \frac{16}{S_s \cdot \pi} \cdot \sqrt{(K_b \cdot M_b)^2 + (K_t \cdot M_t)^2}$	d_s = diameter poros yang diizinkan (mm), S_s = tegangan geser (MPa), K_b & K_t = faktor koreksi momen lentur & puntir, M_b & M_t = momen lentur & torsi maksimal (Nm)
Bantalan (<i>Bearing</i>)	$L_{10h} = \left(\frac{16667}{N}\right) \times \left(\frac{C_r}{P}\right)^b$	L_{10h} = umur bantalan (jam), N = kecepatan putaran poros pengupas (RPM), C_r = beban dinamis (N), P = beban ekuivalen (N), dan b = konstanta bantalan
Kekuatan Rangka	$\delta_{izin} = \frac{1}{300} \cdot L_b$	δ_{izin} = defleksi maksimum yang diizinkan terjadi (mm), dan L_b = panjang kolom baris (m)

Sedangkan pengujian kinerja dilakukan dengan standar berdasarkan SNI 7601 di dalam BSN (2010) tentang *Mesin Pengupas Kulit Buah Kopi Basah Tipe Silinder Horizontal* dan SNI 7591 di dalam BSN (2011) tentang *Mesin Pengupas Kulit Kopi Kering Tipe Silinder Horizontal* untuk parameter kapasitas aktual, efisiensi mesin, rendemen pengupasan, konsumsi bahan bakar, dan kecepatan udara *blower*. Pada parameter ergonomi seperti getaran dan tingkat kebisingan dilakukan dengan menggunakan standar dari KEPMENAKER no. 51 di dalam Kepmenaker (1999).

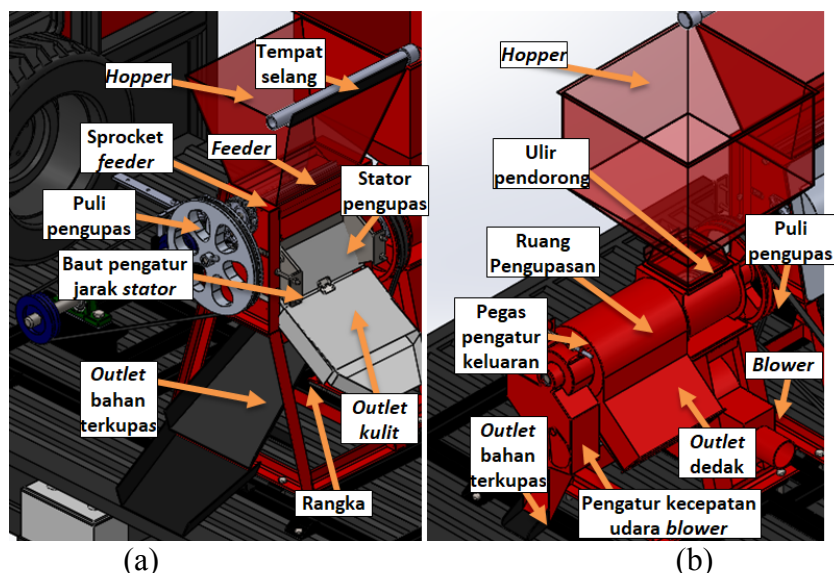
3. Hasil dan Pembahasan

Pengukuran setiap parameter uji kinerja dilakukan dengan alat ukur seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Meteran (a); Tachometer (b); Soundlevel meter (c); Vibration meter (d); Anemometer (e)

Mesin pengolah kopi pada AMMDes pengolahan kopi yang di dalamnya terdiri dari mesin *pulper* untuk mengupas kulit buah kopi, dan mesin *huller* untuk mengupas kulit cangkang gabah kopi. Gambar teknik dengan menggunakan *software Solidworks 2018* menunjukkan bagian-bagian dari mesin seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Bagian-bagian dari mesin *pulper* (a); dan Mesin *huller* (b)

Mekanisme kerja dari AMMDes pengolahan kopi untuk menggerakkan mesin pengolah kopinya adalah menggunakan pedal gas yang berada di bagian *cabin* untuk mengatur putaran dari puli pengupas baik mesin *pulper* maupun *huller*. Mesin penggeraknya adalah diesel 14 HP, yang kemudian akan mentransmisikan daya dari poros penggerak ke unit *Power Take Off* (PTO), sebelum transmisi ke poros pengupas masing-masing mesin. Penggunaan mesin pengolah kopi sendiri dilakukan secara masing-masing (tidak sekaligus) karena karakteristik bahan yang digunakan bertolak belakang (basah dan kering), serta untuk mengoptimalkan daya yang tersedia dari putaran poros mesin. Mesin *pulper* memiliki tempat selang untuk penyaluran air untuk proses pengupasan, dan *feeder* untuk mengatur laju pengumpanan buah kopi. Buah kopi yang masuk akan bergesekan dengan *stator* dan rotor pengupas yang berputar, lalu akan keluar melalui *outlet* biji

dan kulit. Sedangkan mesin *huller* memiliki ulir pendorong sebagai pengatur laju pengumpanannya (*feeder*), yang kemudian gabah kopi kering akan bergesekan antara sesamanya, dengan *stator* berlubang, dan rotor pengupasnya sebelum keluar akhirnya keluar melalui *outlet* biji dan dedak.

Pengujian Pendahuluan

Pengujian pendahuluan dilakukan dengan menggunakan bahan buah kopi dan gabah kopi kering masing-masing sebanyak 8 kg. Tujuan dari pengujian pendahuluan adalah untuk mengetahui variabel optimum yang dapat digunakan ketika pengujian kinerja mesin dilakukan berdasarkan hasil persentase biji terkupas terbaik. Beberapa variabel tersebut diantaranya adalah kecepatan putaran poros pengupas dari tiap mesin (*pulper* dan *huller*), kedalaman baut pengatur stator untuk mesin *pulper*, dan panjang pegas pengatur keluaran untuk mesin *huller*. Hasil pengujian pendahuluan seperti yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian pendahuluan

Mesin	Kecepatan Putaran Poros Pengupas Terbaik (RPM)	Kedalaman Baut Pengatur Stator (mm)	Panjang Pegas Pengatur Keluaran (mm)
<i>Pulper</i>	500	5	-
<i>Huller</i>	700	-	120

Pengukuran Karakteristik Fisik Bahan

Pengukuran karakteristik fisik bahan dilakukan pada buah kopi dan gabah kopi kering, sebelum pengujian kinerja dilakukan. Pengukuran karakteristik fisik bahan dilakukan berdasarkan standar AOAC (1970) dan Zain *et al.*, (2005). Hasil pengukuran karakteristik fisik bahan sendiri seperti yang terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengukuran karakteristik fisik buah kopi dan gabah kopi kering

Bahan Uji	Parameter				
	Kadar Air (%)	Densitas (kg/m ³)	Dimensi (mm)		
			a	b	c
Buah Kopi	69,2	612,9	13,4	12,1	10,9
Gabah Kopi Kering	13,0	448,2	12,1	7,4	5,4

Keterangan: dimensi bahan *major* (a); *intermediate* (b); *minor* (c)

Analisis Teknik

Analisis teknik dilakukan terhadap beberapa parameter seperti kebutuhan daya yang diperlukan untuk menggerakkan mesin, sistem transmisi, pin dan pasak yang sebaiknya digunakan, umur bantalan, dan kekuatan rangka apakah sudah baik dalam menopang beban di atasnya. Hasil pengukuran dan perhitungan analisis teknik disajikan secara keseluruhan seperti yang terlihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi hasil analisis teknik alsintan

Mesin	Parameter	Teoritis	Aktual	Standar	Rekomendasi
Kebutuhan Daya					
<i>Pulper</i>	Kebutuhan Daya Penggerak	4,08	6,84	Teoritis \leq Aktual	Memenuhi
<i>Huller</i>	(HP)	6,09	11,79	Teoritis \leq Aktual	Memenuhi
Sistem Transmisi					
<i>Pulper</i>	Jumlah Sabuk (buah)	1	1	Teoritis = Aktual	Memenuhi
	Panjang Sabuk (inch)	85,4	85	Teoritis = Aktual	Memenuhi
<i>Huller</i>	Jumlah Sabuk (buah)	1	1	Teoritis = Aktual	Memenuhi
	Panjang Sabuk (inch)	80,3	80	Teoritis = Aktual	Memenuhi
Pin dan Pasak					
<i>Pulper</i>	Pasak PTO <i>Pulper</i> (mm)	6 x 6 x 12	8 x 7 x 100	Teoritis \leq Aktual	Memenuhi
	Pin Poros Pengupas (mm)	Ø9,37	Ø10	Teoritis \leq Aktual	Memenuhi
<i>Huller</i>	Pasak PTO <i>Huller</i> (mm)	5 x 5 x 10	8 x 7 x 100	Teoritis \leq Aktual	Memenuhi
	Pasak Poros Pengupas (mm)	6 x 6 x 12	8 x 7 x 15	Teoritis \leq Aktual	Memenuhi
Poros					
<i>Pulper</i>	Diameter Minimal (mm)	19,24	20	Teoritis \leq Aktual	Memenuhi
	Defleksi Puntiran ($^{\circ}$)	0,72	-	$\leq 3^{\circ}$ (Hall <i>et al.</i> , 1983)	Memenuhi
<i>Huller</i>	Diameter Minimal (mm)	24,86	25	Teoritis \leq Aktual	Memenuhi
	Defleksi Puntiran ($^{\circ}$)	0,539 $^{\circ}$	-	$\leq 3^{\circ}$ (Hall <i>et al.</i> , 1983)	Memenuhi
Bantalan					
<i>Pulper</i>	Umur Bantalan (jam)	27.660	-	Teoritis \geq 3000 jam	Memenuhi
<i>Huller</i>	Umur Bantalan (jam)	11.743	-	(Sularso & Suga, 2004)	Memenuhi
Kekuatan Rangka					
<i>Pulper</i>	Stress Maksimum (MPa)	74,67	-	Teoritis \leq 250 MPa	Memenuhi
	Defleksi (Lendutan) (mm)	0,1684	1,6	Teoritis \leq Aktual	Memenuhi
<i>Huller</i>	Stress Maksimum (MPa)	10,31	-	Teoritis \leq 250 MPa	Memenuhi
	Defleksi (Lendutan) (mm)	0,0143	0,946	Teoritis \leq Aktual	Memenuhi

Berdasarkan Tabel 5 kebutuhan daya penggerak mesin pengolah kopi (*pulper* dan *huller*) pada AMMDes pengolahan kopi menunjukkan hasil yang baik dengan seluruh parameter analisis keteknikannya sudah memenuhi standar berdasarkan literatur. Kebutuhan daya penggerak untuk mesin *pulper* dan *huller* masing-masing adalah sebesar 4,08 HP dari daya keluaran mesin diesel penggerak sebesar 6,84 HP (aktual berdasarkan grafik mesin penggerak), dan sebesar 6,09 HP dari daya keluaran mesin penggerak sebesar 11,79 HP (aktual berdasarkan grafik mesin penggerak). Hal ini menunjukkan bahwa kebutuhan daya sudah terpenuhi.

Sistem transmisi merupakan komponen yang berfungsi untuk menyalurkan daya dari motor penggerak ke bagian mesin lainnya, biasanya untuk transmisi antara kedua poros yang memiliki jarak berjauhan. Sistem transmisi yang digunakan pada masing-masing mesin adalah sabuk-v dan puli. Mesin *pulper* menggunakan sabuk-v tipe A-85 untuk transmisi daya dari puli PTO ke puli pengupasnya, sedangkan pada mesin *huller* transmisi dilakukan dengan sabuk-v tipe B-80 baik untuk menggerakkan puli pengupas maupun *blower*. Hasil yang didapatkan pada Tabel 5

menunjukkan jumlah sabuk yang digunakan beserta panjang sabuknya sudah memenuhi. Panjang sabuk aktualnya sedikit berbeda dengan teoritis, namun hal tersebut masih masuk toleransi mengingat apabila sabuk makin kencang maka slip yang terjadi akan semakin kecil.

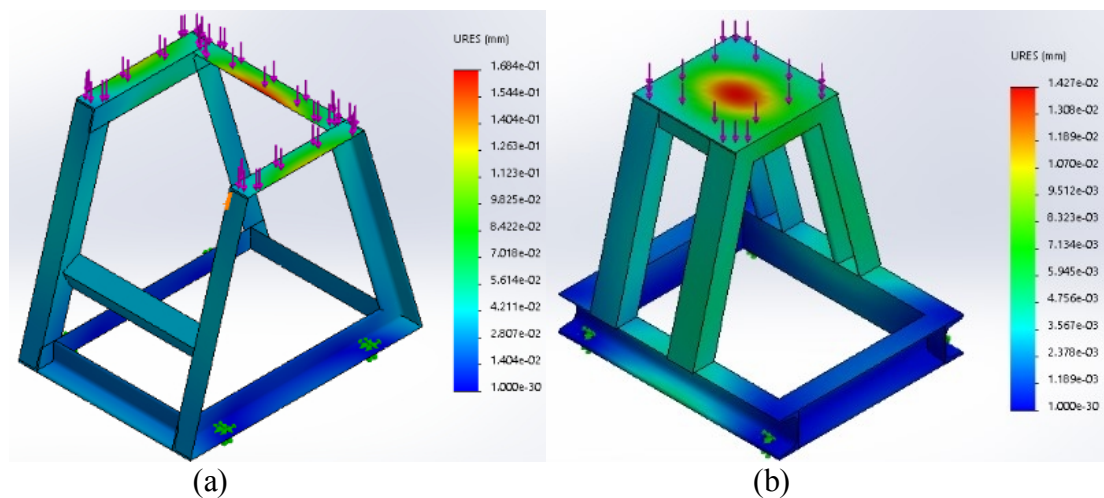
Pin dan pasak berfungsi sebagai pengikat antara puli dan porosnya. Poros pengupas pada mesin *pulper* menggunakan pin karena putaran yang terjadi relatif lebih rendah, sedangkan pada mesin *huller* menggunakan pasak baik pada poros pengupas maupun *blower* karena putarannya cukup tinggi. Seperti yang terlihat pada Tabel 5, spesifikasi aktual dan hasil perhitungan sudah menunjukkan nilai spesifikasi aktual yang lebih besar sehingga artinya pin dan pasak yang digunakan sudah memenuhi kelayakan teknisnya.

Poros merupakan komponen mesin yang berfungsi untuk meneruskan daya yang ditransmisikan dari puli dan sabuk. Analisis poros dilakukan untuk mengetahui kelayakan teknis dari poros yang digunakan agar mesin dapat bekerja secara maksimal. Analisis poros mencakup diameter poros minimal yang diizinkan dan juga sudut puntiran yang kemungkinan terjadi. Mesin *pulper* pada porosnya menopang puli pengupas, rol pengupas (*bubble plate*), dan gaya tarik sabuk dari PTO, sedangkan mesin *huller* pada porosnya menopang puli pengupas, unit pengupas berupa ulir pendorong dan rotor pengupas, serta gaya sabuk dari PTO dan *blower*. Perhitungan diameter minimal poros dari mesin *pulper* dan *huller* masing-masing adalah sebesar 19,24 mm dan 24,86 mm. Nilai tersebut berarti menunjukkan spesifikasi aktual diameter poros masih lebih besar jika dibandingkan teoritisnya. Sudut puntiran *pulper* dan *huller* sendiri masing-masing adalah $0,72^\circ$ dan $0,539^\circ$, dimana batasan maksimal sudut puntiran untuk mesin pada umumnya adalah sebesar 3° (Hall *et al.*, 1983). Hal tersebut menandakan sudut puntiran yang terjadi masihlah aman dan belum melebihi batasnya.

Bantalan merupakan penopang dari poros yang menahan beban, baik statis maupun dinamis. Analisis bantalan dilakukan untuk mengetahui berapa umur bantalan pada setiap mesin pengolah kopi pada AMMDes pengolahan kopi. Bantalan yang digunakan pada mesin *pulper* adalah tipe UCF204, sedangkan mesin *huller* menggunakan bantalan tipe UCF205. Hasil perhitungan analisis bantalan seperti yang tersaji pada Tabel 5 menunjukkan bahwa umur bantalan yang terdapat pada poros setiap mesin adalah sebesar 27.660 jam untuk mesin *pulper*, sedangkan untuk mesin *huller* adalah sebesar 11.743 jam. Berdasarkan hasil tersebut, maka umur bantalan sudah memenuhi persyaratan minimum dari umur bantalan seharusnya, yaitu 3000 jam (Sularso & Suga, 2004).

Analisis kekuatan rangka dilakukan untuk mengetahui besar kekuatan rangka untuk menopang komponen-komponen mesin yang berada di atasnya. Parameter kekuatan rangka diantaranya adalah *stress* yang terjadi pada rangka, beserta lendutan atau defleksi yang terjadi. Pendekatan yang dilakukan untuk menganalisis rangka adalah dengan pendekatan perhitungan manual (Singer *et al.*, 1995) untuk batas izin lendutan, dan pendekatan *Finite Element Analysis*

(FEA) untuk lendutan dan *stress* yang terjadi dengan menggunakan *software Solidworks 2018*. Hasil simulasi FEA seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Simulasi FEA yang dilakukan terhadap rangka mesin *pulper* (a) dan *huller* (b)

Hasil simulasi FEA menunjukkan *stress* maksimum yang terjadi pada rangka mesin *pulper* dan *huller* masing-masing adalah sebesar 74,67 MPa dan 10,31 MPa. Hasil tersebut masih bernilai dibawah modulus elastisitas bahan baja yang sebesar 250 MPa sehingga *stress* maksimum yang terjadi masih aman. Sedangkan defleksi maksimum pada rangka menunjukkan bahwa hasil pada mesin *pulper* sebesar 0,1684 mm dari defleksi yang diizinkan sebesar 1,6 mm, dan mesin *huller* sebesar 0,01427 mm dari defleksi yang diizinkan sebesar 1,2 mm. Hasil tersebut menunjukkan rangka yang digunakan sudah memenuhi kelayakan teknisnya.

Uji Kinerja

Uji kinerja dilakukan untuk mengetahui kapasitas aktual mesin dan juga performa mesin ketika dioperasikan dengan sistem transmisi pada AMMDes aplikasi pengolahan kopi. Parameter uji kinerja yang dianalisis diantaranya meliputi: kapasitas aktual mesin; efisiensi mesin; rendemen pengupasan; kualitas pengupasan; konsumsi bahan bakar; kecepatan putaran mesin; tingkat kebisingan; getaran mesin; dan kecepatan aliran udara *blower*.

Kapasitas aktual mesin dihitung berdasarkan hasil pengupasan mesin berdasarkan bahan uji (buah kopi untuk *pulper* dan gabah kopi kering untuk *huller*) sebanyak 100 kg dibagi 5 kali pengulangan. Hasil, seperti pada Tabel 6.

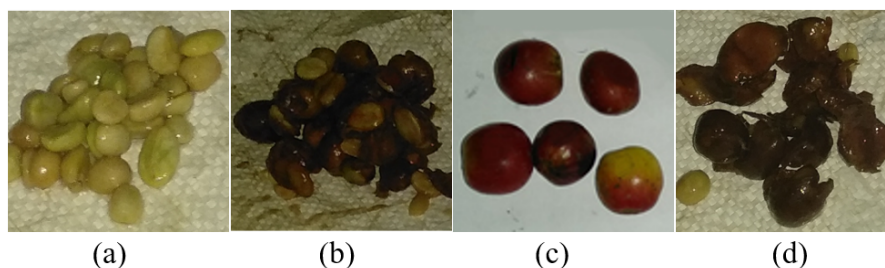
Tabel 6. Pengujian kapasitas aktual mesin

Mesin	Jumlah Pengulangan	Rata-Rata Kapasitas Aktual (kg/jam)
<i>Pulper</i>	5	390,08
<i>Huller</i>		107,41

Berdasarkan Tabel 6, hasil kapasitas aktual dipengaruhi oleh bahan yang keluar dari *outlet* biji dan waktu yang diperlukan hingga seluruh bahan yang masuk terkupas. Kapasitas aktual rata-rata dari mesin *pulper* pada AMMDes aplikasi pengolahan kopi adalah sebesar 390,08 kg/jam, sedangkan kapasitas aktual mesin *huller* adalah sebesar 107,41 kg/jam. Berdasarkan data tersebut, nilai kapasitas aktual lebih kecil dari kapasitas teoritisnya yang mana sebesar 445,99 kg/jam untuk

mesin *pulper*, dan 131,82 kg/jam untuk mesin *huller*. Efisiensi masing-masing mesin adalah sebesar 87,46% untuk mesin *pulper* dan 81,49% untuk mesin *huller*. Hal ini menunjukkan efisiensi dari kedua mesin sudah baik dimana standar efisiensi mesin pada umumnya sebesar 80-90% (Saravacos & Maraoluis, 2002).

Kualitas pengupasan dilakukan dengan memisahkan setiap bahan yang keluar dari *outlet* biji dari mulai bahan yang terkupas utuh, terkupas sebagian, tidak terkupas, pecah, serta bahan yang hilang baik tertinggal di ruang pengupasan ataupun sedikit tercecer. Hasil pengupasan bahan yang terkupas sempurna pada mesin *pulper* mencapai 85,75% dengan bahan yang pecah sebesar 2,3%, sedangkan pada mesin *huller* bahan terkupas sempurna mencapai 92,1% dengan bahan pecah sebesar 4,6%. Berdasarkan data tersebut, persentase bahan terkupas sempurna baik *pulper* dan *huller* sudah memenuhi masing-masing SNI yaitu SNI 7601 dan SNI 7591 dengan persentase minimum sebesar 85% dan 92%. Namun, persentase bahan pecah *pulper* masih di atas standar minimumnya ($\leq 1\%$), sedangkan *huller* sudah cukup baik dengan masih di bawah standar minimum ($\leq 8\%$). Adapun hasil kualitas pengupasan pada mesin *pulper* seperti pada Gambar 6, dan pada mesin *huller* seperti pada Gambar 7.



Gambar 6. Buah kopi terkupas (a); terkupas sebagian (b); tidak terkupas (c); kulit pada outlet biji (d)



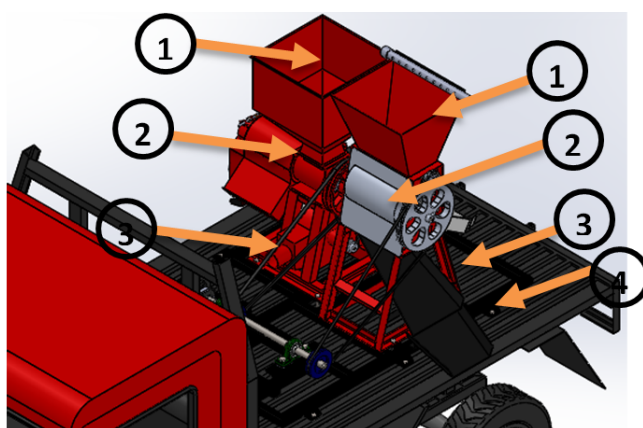
Gambar 7. Gabah kopi terkupas (a); terkupas sebagian (b); tidak terkupas (c); pecah (d)

Rendemen pengupasan merupakan perbandingan antara massa bahan (buah kopi dan gabah kopi kering) yang keluar melalui *outlet* biji terhadap massa bahan yang masuk melalui *inlet*, tanpa memperhatikan kualitasnya. Rendemen pengupasan untuk mesin *pulper* adalah sebesar 64,16%, dan mesin *huller* sebesar 75,13%. Mesin *pulper* memiliki rendemen yang mendekati angka setengahnya, karena mayoritas berat dari buah kopi tersimpan pada kulitnya. Kulit buah kopi mengandung banyak air dan lendir, oleh karena itu rendemennya mendekati angka setengah dari totalnya. Sedangkan mesin *huller* memiliki rendemen yang lebih mendekati angka 100% karena kandungan airnya sudah sangat kecil akibat dari penjemuran yang dilakukan selama beberapa hari.

Berdasarkan SNI 7601, rendemen pengupasan mesin *pulper* sendiri sudah memenuhi persyaratan minimum rendemen yaitu 45%, sedangkan mesin *huller* juga sudah memenuhi persyaratan SNI 7591 dengan rendemen sebesar 75,13% dari minimumnya sebesar 60%.

Konsumsi bahan bakar rata-rata dari mesin *pulper* adalah sebesar 0,72 liter/jam dan mesin *huller* sebesar 0,95 liter/jam. Hasil tersebut menunjukkan waktu pengoperasian mesin akan mempengaruhi konsumsi bahan bakar dari setiap mesin. Mesin *huller* memiliki konsumsi yang lebih tinggi karena waktu pengoperasian pun lebih tinggi jika dibandingkan dengan mesin *pulper*.

Pengukuran tingkat kebisingan pada mesin *pulper* dan *huller* pada saat AMMDes dioperasikan diukur pada daerah operasional ketika operator menggunakan mesin. Dasar dari analisis tingkat kebisingan adalah melihat dari KEPMENAKER no. 51 mengenai nilai ambang batas faktor fisika untuk tenaga kerja. Pengukuran tingkat kebisingan dilakukan dengan menggunakan *soundlevel meter*. tingkat kebisingan mesin *pulper* pada saat tanpa beban dan dengan beban adalah 87,91 dB dan 87,45 dB; sedangkan pada mesin *huller* pada saat tanpa beban dan dengan beban masing-masing adalah sebesar 90,79 dB dan 85,08 dB. Tingkat kebisingan pada saat tanpa beban memiliki nilai yang lebih besar jika dibandingkan saat dengan beban. Hal ini disebabkan oleh mesin *pulper* dan *huller* tersebut berada pada satu kesatuan dengan AMMDes, yaitu diatas *flat deck* sehingga pada saat tanpa beban getaran yang terjadi lebih besar sehingga demikian pun dengan tingkat kebisingannya. Sedangkan ketika bahan masuk (ada beban) tingkat kebisingan lebih kecil karena mesin lebih stabil getarannya. Getaran mesin diukur dengan menggunakan *vibration meter*. Besar getaran yang terjadi sendiri mempengaruhi kenyamanan operator. Pengukuran tingkat getaran dilakukan pada bagian-bagian yang berkontak langsung dengan operator seperti pada bagian *hopper*, ruang pengupasan, rangka mesin, dan rangka *layout*, seperti pada Gambar 8, dan hasil pengukuran getaran pada Tabel 7.



Keterangan:

- | | |
|---------------------|-------------------------|
| 1. <i>Hopper</i> | 3. Rangka mesin |
| 2. Ruang pengupasan | 4. Rangka <i>layout</i> |
- Gambar 8. Bagian pengukuran getaran mesin

Tabel 7. Hasil pengukuran getaran mesin

Rata-Rata Getaran Saat Tanpa Beban (m/s ²)				Rata-Rata Getaran Saat Dengan Beban (m/s ²)			
Mesin <i>Pulper</i>							
1	2	3	4	1	2	3	4
14,56	12,28	13,78	24,96	13,1	11,26	10,12	19,84
Mesin <i>Huller</i>							
1	2	3	4	1	2	3	4
26,2	12,48	24,78	21,02	20,2	11,04	19,32	23,58

Berdasarkan Tabel 7, dapat disimpulkan bahwa getaran yang terjadi pada kedua mesin pada tiap bagian ketika tanpa beban relatif lebih besar jika dibandingkan saat beban masuk (dengan beban). Hal ini disebabkan mesin menjadi lebih *rigid* (stabil) saat beban mengalami proses pengupasan. Berdasarkan KEPMENAKER no. 51 menunjukkan bahwa tingkat getaran 12 m/s^2 mengindikasikan jumlah waktu per hari kerja masih berada di angka kurang dari 1 jam per operator, sehingga dalam proses penggunaan mesin sebaiknya menggunakan pelindung telinga. Beberapa modifikasi agar getaran yang terjadi lebih terminimalisir juga dapat dilakukan.

Kecepatan aliran udara *blower* dihitung pada bagian *outlet* biji dari mesin *huller* dengan menggunakan *anemometer*. Kecepatan aliran udara *blower* ini menentukan banyak atau sedikitnya biji kopi beras (*green beans*) yang terkupas utuh tanpa pecah, biji tidak terkupas, serta kulit yang terikut pada outlet biji. Rata-rata kecepatan aliran udara *blower* pada saat tanpa beban adalah sebesar $2,54 \text{ m/s}$ dan saat dengan beban $2,17 \text{ m/s}$. Hal tersebut menunjukkan ketika beban masuk, maka kecepatan aliran udara menurun karena sirkulasinya terhalang oleh bahan yang masuk ke dalam ruang pengupasan.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut yaitu analisis teknik yang telah dilakukan menunjukkan bahwa kedua mesin baik *pulper* dan *huller mobile* pada Alat Mekanis Multiguna Pedesaan (AMMDes) Pengolahan Kopi adalah layak secara teknis berdasarkan parameter kebutuhan daya penggerak sebesar 4,08 HP dan 6,09 HP, sistem transmisi dengan sabuk-v berukuran 85 dan 80 inch, poros dengan diameter minimum 20 dan 25 mm, bantalan dengan umur 27.660 dan 11.743 jam, serta kekuatan rangka dengan defleksi maksimum 0,1684 mm dan 0,0143 mm. Hasil uji kinerja menunjukkan sebagian besar parameter sudah memenuhi standar yang berlaku berdasarkan literatur dari mulai kapasitas aktual, efisiensi, kualitas pengupasan, rendemen pengupasan, konsumsi bahan bakar, namun untuk tingkat kebisingan dan getaran masih cukup tinggi (diatas standar yang berlaku) sehingga perlu dilakukan modifikasi agar operator dapat bekerja dalam waktu yang lebih lama dengan penambahan karet peredam pada sekitar motor penggerak.

Daftar Pustaka

- AOAC (Association of Analytical Communities). (1970). *Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemists*. Washington DC, United State: -Benjamin Franklin.
- BSN (Badan Standardisasi Nasional). (2010). SNI 7601: *Mesin Pengupas Kulit Buah Kopi Basah Tipe Silinder Horizontal – Unjuk Kerja dan Metode Uji*. Jakarta, Indonesia: Badan Standardisasi Nasional.
- BSN (Badan Standardisasi Nasional). (2011). SNI 7591: *Mesin Pengupas Kulit Kopi Kering Tipe Silinder Horizontal*. Jakarta, Indonesia: Badan Standardisasi Nasional.
- SDSTP (Sub Direktorat Statistik Tanaman Perkebunan). (2017). *Statistik Kopi Indonesia*. Jakarta, Indonesia: Badan Pusat Statistik.
- Hall, A. S., Alfred, H., & Laughlin, G. (1983). *Machine Design Schaum's Outline Series*. Singapore: McGraw-Hill.
- Kemenperin (Kementrian Perindustrian). (2019). *AMMDes: Satu Alat Beragam Manfaat*. AMMDes Kemenperin. Retrieved from <http://ammides.kemenperin.go.id/>
- Kepmenaker (Keputusan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia). (1999). *Nilai Ambang Batas Faktor Fisika*. KEPMENAKER No. Kep-51/Men/1999.
- Mahendra, A., Rahmad, N. (2014) *Rancang Bangun Mesin Pengupas Kulit Buah Kopi*. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 1(2), 11-15.
- Saravacos, G. D & Maraoluis, Z. (2002). *Food Design Processing*. New York, Inggris: Marcel Dekker, Inc.
- Singer, F. L., Andrew, P. 1995. *Kekuatan Bahan (Teori Kokoh: Strenght of Material) Edisi Ketiga*. Erlangga: Jakarta.
- Sularso & Suga, K. (2004). *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta, Indonesia: PT Pradnya Paramita.
- Zain, S., Rusendi, D., & Nurjanah, S. (2005). *Teknik Penanganan Bahan Hasil Pertanian*. Bandung, Indonesia: Pustaka Giratuna.