

**EVALUASI KINERJA PEMISAHAN TANGKAI DAN DAUN TEH LAYU
BERDASARKAN PRINSIP PERONTOKAN DAN PENGHISAPAN*****PERFORMANCE EVALUATION OF WITHERED TEA STALKS AND LEAVES
SEPARATION BASED ON THRESHING AND SUCTION PRINCIPLES*****Agus Sutejo¹⁾, Sutrisno Suro Mardjan²⁾, Wawan Hermawan³⁾, Desrial⁴⁾, Diang Sagita⁵⁾**^{1,2,3,4}Departemen Teknik Mesin dan Biosistem – Institut Pertanian Bogor

Kampus IPB, Jalan Raya Dramaga, Babakan, Kec. Dramaga, Bogor, Jawa Barat

⁵Pusat Penelitian Teknologi Tepat Guna - Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

Jalan K.S. Tubun No. 5 Subang, Jawa Barat

E-mail: dtm_cyber@yahoo.com

Diterima: 10-09-2020

Direvisi: 3-11-2020

Disetujui: 21-12-2020

ABSTRAK

Salah satu kelemahan pada proses pengolahan teh adalah tercampurnya tangkai dan daun teh sehingga proses *grading* dan *sorting* dilakukan pada produk akhir teh. Pada penelitian ini, dikembangkan suatu pendekatan baru pemisahan tangkai dan daun teh yaitu pada awal proses. Prinsip yang digunakan adalah dengan merontokan daun dari tangkai teh dan memisahkannya dengan berdasarkan perbedaan kecepatan terminal. Sebuah paket teknologi diperlukan untuk memisahkan tangkai dan daun teh sehingga keduanya dapat diproses secara terpisah untuk menghasilkan teh dengan kualitas terbaik (kelas satu) dalam pengolahan sistem teh ortodoks. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan dan mengevaluasi paket teknologi pemisah daun dan tangkai teh yang telah dilayukan. Metode penelitian terdiri dari pembuatan desain mesin, pembuatan prototipe, uji fungsional mesin dan uji kinerja mesin. Paket teknologi yang telah dibangun terdiri dari tiga unit mesin yaitu mesin perontok, mesin pengayak getar dan mesin penghisap daun teh. Hasil pengujian kinerja terbaik diperoleh pada kecepatan putar silinder perontok 480 rpm yang menghasilkan persentase daun terhisap tertinggi (91,43%) dan persentase tangkai tidak terhisap paling tinggi (86,05%). Rata-rata kecepatan udara hisap pada permukaan *tray* saat pengujian berada pada kecepatan terminal daun teh, yaitu 1,78-2,98 m s⁻¹ dan kapasitas rata-rata perontokan adalah 156,71 kg jam⁻¹. Berdasarkan hasil penelitian, dapat dilihat bahwa pemisahan dengan metode perontok sangat cocok untuk proses pembuatan teh hijau karena dengan prinsip ini dapat meminimalisir kerusakan pada daun teh.

Kata Kunci: kecepatan terminal, mesin pemisah, mesin perontok, pucuk teh, teh hijau**ABSTRACT**

One of the weaknesses in the tea processing is the mixing of the tea stalks and leaves so that the grading and sorting process is carried out on the final tea product. In this study, a new approach was developed for the separation of the tea stalks and leaves, at the beginning of the process. The principle used is to detach the leaves from the tea stalks and separate it based on terminal velocity. A technology package is needed to separate the tea stalks and leaves so that both can be processed separately to produce high quality (first grade) tea in the orthodox tea processing system. The purpose of this research is to develop a technology package for separating withered tea leaves and stalks to improve the quality of tea. The research method consists of designing, manufacturing the prototypes, functional testing and performance testing. The technology package that have been designed consists of three units, namely a thresher machine, a vibrating sieve machine, and a tea leaf

suction machine. The best results of the performance test were obtained at a threshing speed of 480 rpm which produced the highest percentage of sucked leaves (91,43%) and the highest percentage of the un-sucked stalk (86,05%). The average suction air velocity on the tray surface when testing was at the range of tea leaves terminal velocity, which was 1,78 – 2,98 m s⁻¹, and the average threshing capacity was 156,71 kg hour⁻¹. Based on the results, the separation by the threshing method is suitable for the process of making green tea due to the principle can minimize damage to the tea leaves.

Keywords : *green tea, separator machine, tea shoots, terminal velocity, threshing machine*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara produsen teh di dunia, dengan nilai ekspor pada tahun 2018 mencapai 49038 ton atau setara dengan 108,451,000US\$ (BPS, 2019). Indonesia juga termasuk ke dalam sepuluh besar negara pengekspor teh dunia (FAO, 2015). Namun menurut BPS(2017), kinerja industri teh Indonesia pada tahun 2016 tercatat menurun. Hal ini dapat dilihat dari penurunan luas perkebunan teh sekitar 10,77% pada Perkebunan Besar Negara (PBN) dan 34,01% pada Perkebunan Besar Swasta (PBS), serta diikuti oleh penurunan produksi sebesar 10,04% pada keduanya (PBN dan PBS).

Salah satu kelemahan pada proses pengolahan teh saat ini yaitu tercampurnya tangkai dan daun teh, banyak tangkai pada daun teh yang ikut dipetik oleh pemanen. Tercampurnya tangkai dan daun teh tersebut akan menurunkan mutu produk akhir teh. Hal ini karena produk utama hasil olahan teh yang bermutu tinggi berasal dari daun teh, sedangkan tangkai lebih condong sebagai pengotor apabila kulit tangkai terlepas (Sutejo et al., 2018b).

Menurut Marimin (2004), salah satu strategi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas teh adalah respon teknik atau proses produksi prioritas seperti penanganan mutu pucuk teh, pelayuan, dan penggulungan-penggilingan. Mutu teh sangat dipengaruhi oleh mutu pucuk teh yang dipetik, serta teknik dan teknologi pengolahannya. Berdasarkan *grade* mutunya, teh di Indonesia terbagi menjadi tiga kelas, yaitu *first grade* (umumnya disalurkan untuk pasar ekspor), *second grade* (umumnya disalurkan untuk pasar domestik) dan *off grade* (umumnya disalurkan untuk pasar tradisional domestik) (PPTK, 2007).

Analisis mutu teh hasil produksi dapat dilakukan melalui analisis fisik seperti warna, bentuk partikel, ukuran partikel dan tekstur menggunakan teknologi *image processing* (Gill et al., 2011, 2013; Laddi et al., 2012; Suwardi & Jenie, 2008) dan analisis kimia seperti aroma, rasa, kandungan zat kimia dalam teh menggunakan aplikasi sensor *elektronik nose* (Ralisnawati et al., 2018; Roy et al., 2014) atau gabungan analisis fisik dan kimia teh menggunakan aplikasi kecerdasan buatan *fuzzy logic* (Kastaman, 2007; Rohmatullah, 2007; Suprihartini & Marimin, 2000). Namun aplikasi teknologi *image processing*, *elektronik nose* dan kecerdasan buatan menggunakan *fuzzy logic* dilakukan hanya pada produk akhir teh sehingga tidak ada upaya perbaikan produksi di awal proses khususnya terkait pemisahan tangkai dan daun teh.

Baru-baru ini telah dikembangkan sebuah metode baru untuk meningkatkan mutu teh melalui teknik pemisahan tangkai dan daun teh pada tahap awal sebelum teh diproses lebih lanjut (Sutejo et al., 2018a; Sutejo et al., 2018b). Sutejo et al.(2018a) telah mengembangkan prinsip pencacahan menggunakan mesin pencacah pada proses pelepasan daun dari tangkainya. Sementara itu, kinerja pemisahantangkai dan daun secara pneumatik (hisapan udara) telah dilakukan oleh Sutejo et al.(2018b). Hasilnya menunjukkan bahwa pemisahan sudah teruji dapat dilakukan berdasarkan kecepatan terminal dimana kecepatan terminal daun teh < 3 m/s sementara tangkai teh >9 m/s. Namun, pada sistem pelepasan daun dari tangkaidengan menggunakan metode pencacahan, tangkai dan daun teh berada dalam kondisi yang tercacah/terpotong-potong akibat jarak antar pisau pencacah berkisar antara 3-8 mm (Sutejo et al., 2018a). Kondisi ini memang masih sesuai untuk menghasilkan teh hitam, namun tidak sesuai jika ingin menghasilkan produk teh hijau karena pada produk teh hijau, daun teh harus tetap berbentuk daun utuh supaya bisa diproses mulai dari penggulungan daun hingga pengeringan. Berdasarkan kajian tersebut, salah satu metode untuk menghasilkan pemisahan tangkai dan daun dengan meminimalisir kerusakan daun teh adalah dengan metode perontokan. Berdasarkan hal tersebut, maka pada penelitian ini didesain dan diuji kinerja dari mesin pemisah tangkai dan daun teh dengan metode perontokan menggunakan mesin perontok sebelum dipisahkan dengan

prinsip hisapan udara. Mesin pemisah tangkai dan daun teh berdasarkan metode perontokan dan penghisapan didesain berdasarkan karakteristik fisik, mekanik dan aerodinamika dari daun dan tangkai teh.

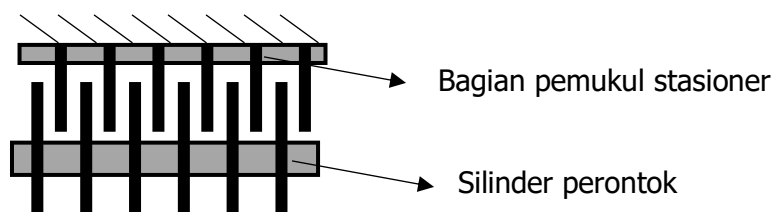
BAHAN DAN METODE

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu: 1) pembuatan konsep dan desain mesin, 2) pabrikan prototipe dan 3) pengujian kinerja mesin untuk mengevaluasi hasil kerjanya. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain (1) peralatan perancangan, (2) peralatan pembuatan konstruksi mesin dan (3) peralatan untuk pengujian kinerja mesin. Peralatan untuk perancangan antara lain komputer dan aplikasi CAD. Peralatan pembuatan konstruksi mesin antara lain adalah mesin bubut, mesin gerinda duduk dan tangan, mesin bor duduk dan tangan, mesin las listrik dan LPG, alat ukur perbengkelan dan peralatan bengkel lainnya. Peralatan untuk pengujian kinerja mesin antara lain *tachometer digital* (DT-1236L), *stopwatch*, timbangan digital, *volt meter* dan *ampere meter*.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari bahan pembuatan mesin dan bahan untuk pengujian. Bahan pembuatan ketiganya jenis mesin terdiri dari plat besi ketebalan 1,2, dan 4 mm, besi siku 40×40×3 mm, plat *stainless steel* ketebalan 1 mm, besi kanal U 50 × 100 × 3 mm, poros dengan diameter 12, 19, 25 dan 35 mm, pipa besi diameter 12 inch, sabuk, *pulley*, *pillow block*, baut dan mur. Komponen utama mesin adalah motor listrik dengan daya 2 HP, 1 HP dan 5.5 HP untuk setiap mesin yaitu mesin perontok, mesin pengayak getar dan mesin penghisap. Bahan untuk pengujian adalah pucuk teh yang telah dilayukan.

Konsep Desain Mesin Perontok Daun dan Tangkai Teh

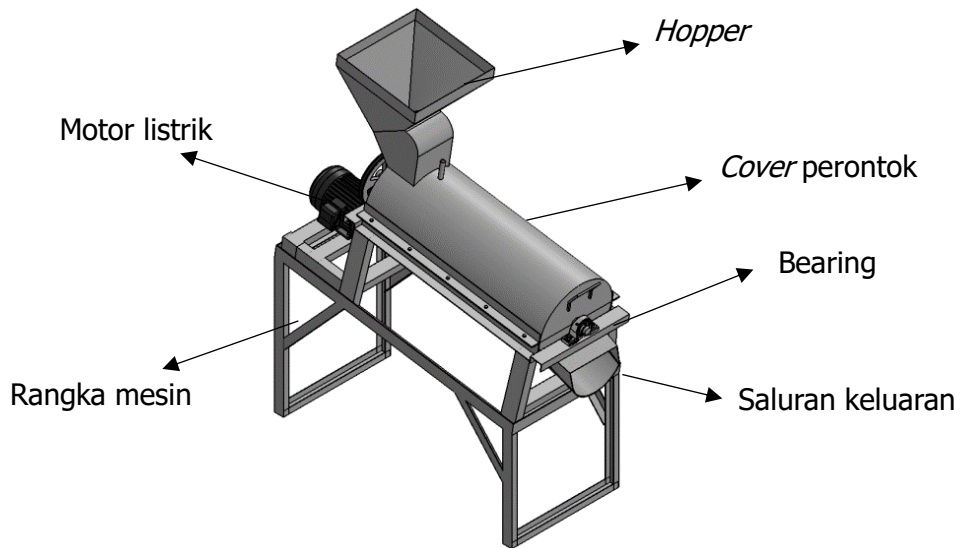
Konsep mesin perontok ini dijadikan sebagai alternatif untuk memisahkan daun dari tangkai adalah berdasarkan pengujian gaya melepas daun dari tangkai dan gaya potong tangkai serta daun yang menunjukkan bahwa gaya melepas daun dari tangkai membutuhkan gaya yang paling kecil dibanding gaya memotong daun dan tangkai. Data pengujian pendahuluan menunjukkan besarnya gaya melepas daun pada persentil 95 berkisar antara 12,31-16,17 N (data tidak disajikan) jauh di bawah gaya potong daun dan gaya potong tangkai yang nilai pada persentil 95nya berturut-turut adalah 22,44-23,50 N dan 46,12-55,31 N. Artinya prinsip perontokan berpotensi melepas daun pada tangkai lebih mudah yaitu ketika pucuk terkena gaya pukulan di atas 12.31 N akan mengakibatkan daun terlepas. Konsep dari perontokannya diperlihatkan pada Gambar 1.



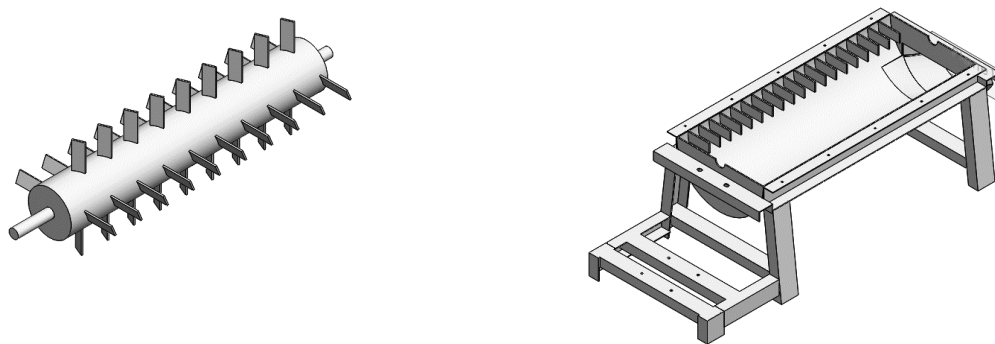
Gambar 1. Konsep mesin perontok daun dan tangkai teh

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa silinder perontok terdiri dari beberapa batang pemukul. Prinsipnya adalah ketika pucuk teh terbawa oleh putaran silinder maka akan ada bagian daun teh yang tertahan pada bagian pemukul stasioner (diam) sehingga menyebabkan daun tertahan dan akan terlepas dari tangkainya.

Mesin perontok pucuk teh didesain berdasarkan pertimbangan dari kriteria desain. Secara struktural mesin perontok dan keterangan setiap komponennya dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



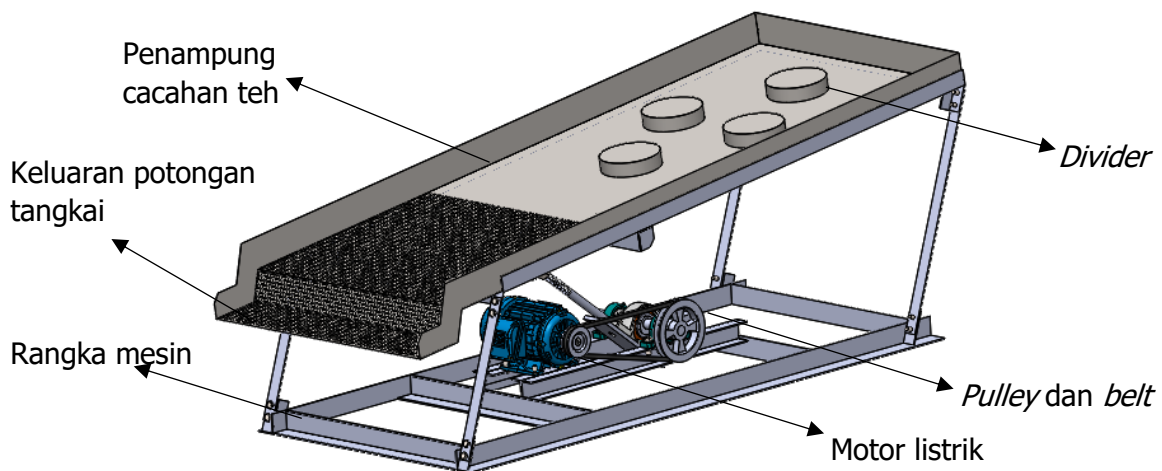
Gambar 2. Desain mesin perontok daun dan tangkai teh



Gambar 3. Desain silinder perontok dan bagian batang statis pada rumah perontok

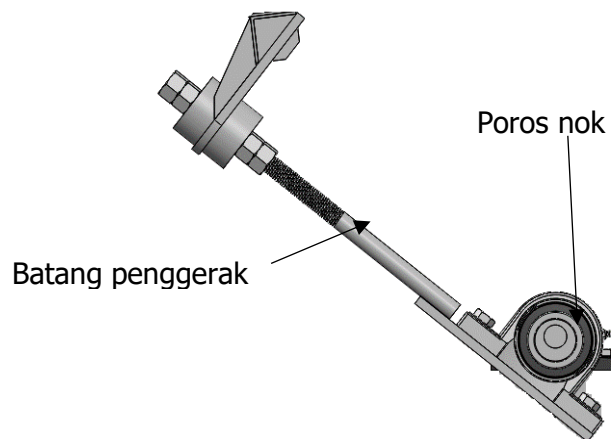
Konsep Desain Mesin Pengayak Getar

Mesin pendukung untuk proses pemisahan tangkai dan daun teh adalah ayakan getar yang mana secara struktural desain dan komponen-komponen pembentuknya dapat dilihat pada Gambar 4. *Tray* terbuat dari plat stainless steel yang dipasang dengan kemiringan 15°. Pada bagian ujung *tray*, digunakan plat *stainless steel* berlubang untuk mempermudah proses penghisapan daun oleh *blower*. Ukuran lubang plat tidak lebih besar dari ukuran potongan tangkai dan daun teh. Penggunaan plat berlubang bertujuan untuk memberikan ruang udara kosong sehingga mempermudah proses penghisapan daun teh. Proses getaran menyebabkan tumpukan potongan tangkai dan daun teh yang keluar dari mesin perontok menjadi terurai dan bergerak ke arah bagian pengeluaran. Selain itu ada *divider* yang juga berfungsi untuk menguraikan rontokan teh agar lebih tersebar merata pada seluruh permukaan ayakan. Corong penghisap dipasang tepat diujung bawah *tray* berlubang sehingga daun teh akan terhisap karena memiliki terminal *velocity* yang lebih kecil dari tangkai.



Gambar 4. Mesin pengayak getar

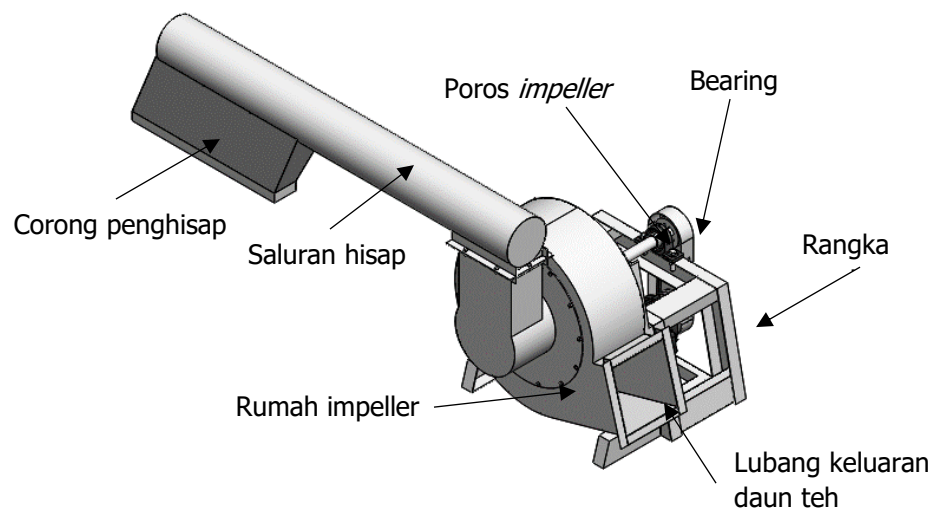
Komponen batang penggerak (Gambar 5) dari ayakan getar terdiri dari gabungan antara *bearing* dan poros dengan diameter 20 mm dan dipasang pada kemiringan 30°. *Bearing* dipasang tepat ditengah poros engkol sehingga memberikan gerakan yang stabil. Mekanisme poros nok (engkol) berfungsi untuk menghasilkan gerak sikloidal pada batang penggerak sehingga terjadi getaran yang teratur (gerakan bolak balik). Tenaga penggerak yang digunakan adalah motor listrik 1 hp. Putaran dari motor listrik ditranmisikan ke poros engkol untuk menggerakkan batang penggerak melalui *belt* dan *pulley*. Perbandingan diameter *pulley* motor listrik dan *pulley* poros engkol adalah 1:2. Poros engkol yang digunakan berdiameter 40 mm yang ditopang dengan dua buah *bearing*.



Gambar 5. Batang penggerak pengayak getar

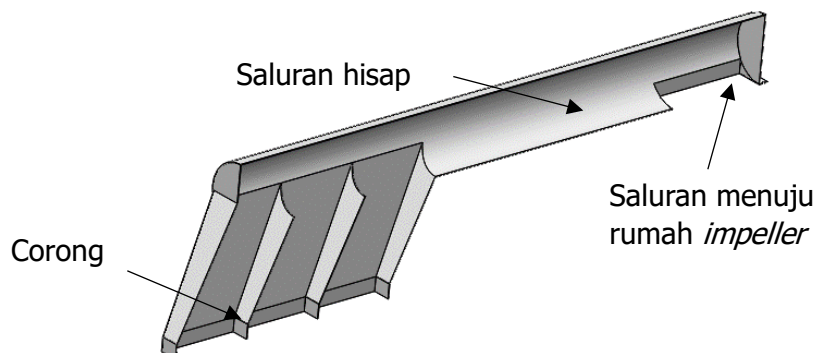
Konsep Desain Mesin Penghisap Daun Teh

Mesin yang utama pada proses pemisahan ini adalah mesin penghisap daun teh. Desain secara struktural dan komponen pembentuknya dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Mesin blower penghisap daun teh

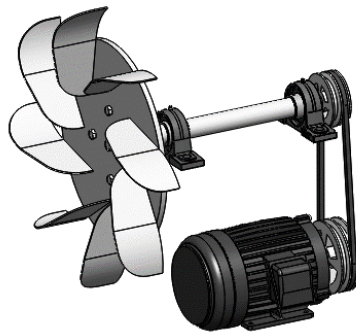
Corong penghisap mesin *blower* terdiri dari 3 (tiga) kompartemen yang dipasang tepat di atas bagian penampung pengayak getar (Gambar 7). Ukuran lubang hisap dibuat membesar dari bawah ke atas agar tidak terjadi penyumbatan di saluran utama akibat penggabungan dari 3 lubang hisapan menjadi 1 saluran hisap. Diameter saluran penghisap adalah 190 mm dengan panjang 1700 mm. Corong penghisap dapat dibongkar pasang sehingga memudahkan pemasangan dan pengaturan ketinggian dengan bagian penampung pengayak getar.



Gambar 7. Sketsa potongan corong dan saluran penghisap

Komponen lainnya adalah rumah *impeller* (*volute*). *Volute* dirancang agar mampu menahan tekanan akibat aliran fluida yang dihasilkan oleh putaran dari *impeller*. Terdapat dua saluran pada *volute* yaitu saluran *input* yang terletak pada bagian atas yang terhubung langsung dengan saluran penghisap dan saluran *output* yang terletak di bagian bawah samping *volute*.

Tenaga penggerak yang digunakan adalah motor listrik 5.5 hp. Putaran dari motor listrik ditransmisikan poros yang terhubung langsung dengan *impeller* melalui sistem transmisi *belt* dan *pulley* (Gambar 8). Perbandingan diameter *pulley* motor listrik dan *pulley* poros *impeller* yaitu 3:5. Poros *impeller* berdiameter 40 mm yang ditopang oleh dua *bearing*.



Gambar 8. Tenaga penggerak dan sistem transmisi gerak

Bentuk *impeller* terbuat dari plat yang dilengkungkan. Bentuk lengkung ini yang berfungsi untuk menghasilkan gaya sentrifugal sehingga udara dapat didorong dan mengakibatkan terjadinya aliran udara hisap pada bagian tengah/center dari *impeller*. Sudu *impeller* berjumlah 8 buah dan berputar searah jarum jam. *Impeller* terhubung langsung dengan poros yang ditopang oleh dua buah bearing.

Perancangan *impeller* pada *blower* meliputi ukuran radius pada bagian inlet (r_1), radius pada bagian outlet (r_2), lebar sudu pada bagian inlet (b_1), lebar sudu pada bagian outlet (b_2), dan jumlah sudu (Z). Beberapa parameter yang direncanakan untuk perancangan *impeller* antara lain kecepatan putar *impeller* (n) adalah 1250 rpm, kecepatan hisap (v_t) dipilih 5 ms^{-1} (di atas kecepatan terminal daun teh) dan inlet radius (r_o) direncanakan 0,11 m. Selanjutnya penentuan besarnya debit aliran udara (Q_u) dihitung dengan cara mengalikan besarnya kecepatan udara (v_t) dengan luas penampang pipa saluran hisap (A_t). Dimana Q_u dalam satuan m^3s^{-1} , v_t dalam ms^{-1} dan A_t dalam satuan m^2 .

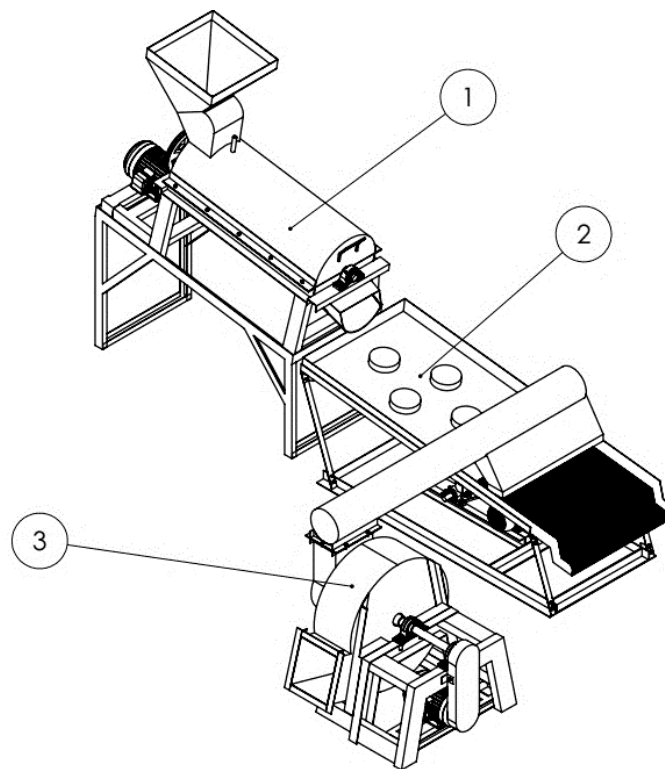
Kecepatan terminal daun teh berdasarkan observasi adalah $1\text{--}3 \text{ ms}^{-1}$, sehingga kecepatan hisap (v_t) dirancang 5 ms^{-1} (di atas kecepatan terminal daun teh). Perhitungan debit udara total (Q_u) pada saluran pipa dengan radius (r_o) sebesar 0,11 m menghasilkan debit udara sebesar $0,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan rumus Oyelami et al. (2008) diperoleh nilai r_1 , r_2 , b_1 , b_2 dan Z berturut-turut 0,12 m, 0,3 m, 0,05 m, 0,075 m dan 8 buah.

Metode Pengujian Fungsional Mesin

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan mesin dapat berfungsi secara teknis dan siap untuk diuji kinerjanya. Parameter beban kerja (daya) dari setiap mesin juga diukur selama mesin beroperasi. Parameter yang diukur adalah arus listrik (I) pada kondisi tanpa beban dan kondisi dengan beban serta tegangannya. Besarnya daya (P) diperoleh dari perkalian antara tegangan (V) yang besarnya 220 V dengan arus (A) untuk motor 1 phase, sedangkan untuk motor 3 phase, daya (P) diperoleh dengan mengalikan nilai tegangan (V) yang besarnya 380 V, arus (A), $\cos \phi$ yang besarnya 0.85 dan konstanta $\sqrt{3}$. Selain itu, dilakukan juga pengukuran kecepatan terminal pada corong saluran hisap dari mesin penghisap dan memastikan kecepatannya berada pada kisaran kecepatan terminal daun teh.

Metode Pengujian Kinerja Mesin

Untuk memastikan mesin perontok bekerja sesuai dengan tujuan dan kriteria yang ingin dicapai maka uji kinerja dilakukan sebanyak 5 (lima) kali ulangan. Sebelum pengujian dilakukan *set up* mesin terlebih dahulu (Gambar 9) dan mengukur kecepatan udara pada corong hisap *blower*. Untuk mencari hasil rontokan dan kinerja mesin yang paling optimum, pengujian kinerja dilakukan pada tiga variasi kecepatan putar silinder perontok yaitu: 300, 420 dan 480 rpm. Bahan yang digunakan pada uji kinerja ini adalah pucuk teh (Gambar 10) yang telah dipanen dan dilayukan selama sekitar 30 menit menggunakan *hot air* (kadar air daun $\pm 57,17\%$, tangkai $\pm 68,33$). Sebelum dirontokan, pucuk teh tersebut diambil sebanyak 5 plastik dan masing-masing ditimbang bobotnya menggunakan timbangan digital. Beberapa parameter yang diukur selama proses pengujian terdiri atas: 1) efektivitas pemisahan; 2) rendemen tangkai dan daun hasil pemisahan; dan 3) kapasitas perontokan.



Gambar 9. Pengkondisian mesin pada saat pengujian: 1) mesin perontok pucuk teh, 2) mesin pengayak getar, 3) mesin penghisap daun teh



Gambar 10. Pucuk teh hasil pemanenan

a. Efektivitas pemisahan

Pada efektivitas pemisahan, parameter yang dihitung antara lain massa daun teh yang terhisap (m_{d1}), massa tangkai yang terhisap (m_{t1}), massa daun yang tidak terhisap (m_{d2}) dan massa tangkai yang tidak terhisap (m_{t2}). Semuanya dalam satuan kg. Kemudian dihitung persentase masing-masing yaitu presentase daun terhisap (P_{d1}) dengan basis massa daun total, presentase daun tidak terhisap (P_{d2}) dengan basis massa daun total, presentase tangkai terhisap (P_{t1}) dengan basis massa tangkai total, dan presentase tangkai tak terhisap (P_{t2}) dengan basis massa tangkai total.

b. Rendemen tangkai dan daun hasil rontokan

Pengukuran rendemen daun dan tangkai dilakukan untuk mengetahui besarnya rendemen tangkai (R_t) dan rendemen daun (R_d) hasil pemisahan. Rendemen tangkai dan daun teh hasil pemisahan dihitung dengan menimbang masing-masing fraksi massa daun dan tangkai dan membandingkannya dengan massa pucuk teh awal. Selain itu, diukur juga besarnya kehilangan (l_{oss})

dari hasil pemrosesan dengan mengukur massa total (tangkai dan daun) dan membandingkannya dengan massa pucuk teh awal.

c. Kapasitas perontokan

Kapasitas perontokan (K_p) dihitung berdasarkan massa pucuk teh yang diproses (m_p) dan menghitung waktu selama proses perontokan pucuk teh (t) sebagaimana yang digunakan oleh Sagita et al. (2019) untuk menghitung kapasitas perontokan jagung dalam satuan kg jam^{-1} . Kapasitas yang diukur adalah kapasitas berdasarkan kecepatan putar optimum.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kebutuhan Daya Mesin

Pengukuran daya mesin bertujuan untuk mengetahui besarnya kebutuhan daya pada proses pemisahan daun dan tangkai teh mulai dari perontokan, pengayakan hingga penghisapan. Pengukuran daya dilakukan menggunakan tang *ampere* untuk mengetahui besarnya arus dari setiap kabel (tanpa beban dan dengan beban). Sementara untuk nilai tegangan diasumsikan stabil yaitu 220 V. Pengujian dilakukan pada ketiga mesin yaitu mesin perontok, mesin ayakan getar dan mesin *blower*. Mesin perontok dan mesin *blower* menggunakan motor listrik 3 phase sehingga hasil pengukuran arus dikalikan 3. Sedangkan mesin ayakan getar menggunakan motor listrik 1 phase. Hasil pengujian setiap mesin disajikan pada Tabel 1. Hasil menunjukkan bahwa besarnya daya yang dibutuhkan untuk mengoperasikan seluruh mesin adalah 3,625 kW.

Tabel 1. Pengukuran kebutuhan daya keseluruhan

Mesin	Arus tanpa beban (A)	Arus dengan beban (A)	Daya tanpa beban (kW)	Daya dengan beban (kW)
Mesin perontok (3 phase)	1,602	1,610	0,895	0,899
Mesin pengayak getar (1 phase)	3,132	3,138	0,689	0,690
Mesin penghisap (3 phase)	3,626	3,644	2,026	2,036
Total daya			3,610	3,625

Kecepatan Udara pada Corong Hisapan

Pengukuran kecepatan udara dilakukan untuk mengetahui nilai sebaran kecepatan udara pada bagian corong penghisap, pada corong hisapan, terdapat sekat yang membagi lubang hisapan menjadi 3 lubang/ruang. Kecepatan putaran *blower* yang diuji adalah sesuai hasil analisis rancangan, yaitu 1250 rpm. Pada kecepatan putaran *blower* ini diharapkan kecepatan udara hisap pada permukaan tray berada pada kisaran 1 - 3 ms^{-1} . Hasil pengukuran diperoleh kecepatan udara hisap rata-rata pada permukaan *tray* adalah 1,78, 2,05 dan 2,98 ms^{-1} berturut-turut untuk lubang 1, 2 dan 3. Data hasil pengukuran disajikan pada Tabel 2. Nilai tersebut sudah berada pada kisaran nilai terminal velocity daun teh sehingga yang diharapkan yang terhisap adalah daun teh saja.

Tabel 2. Data kecepatan hisap pada corong hisap blower

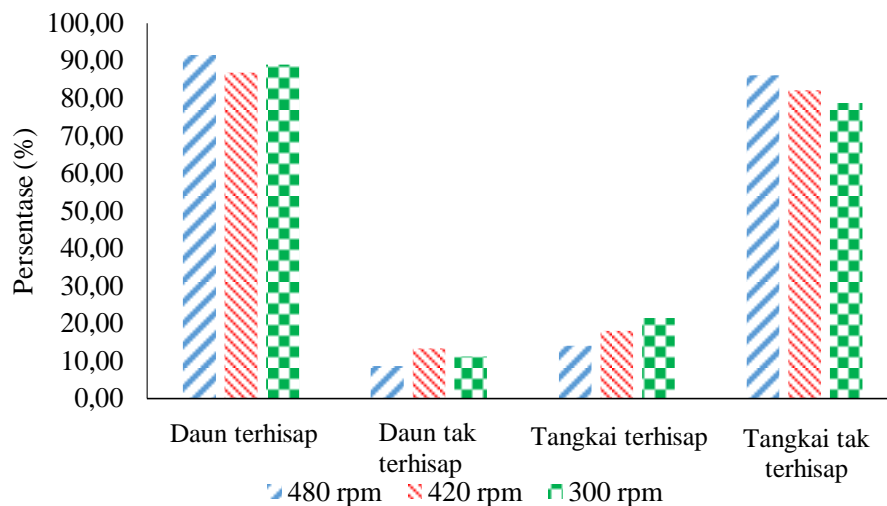
Kecepatan udara pada	Rata-rata	Standar deviasi
Corong 1 (ms^{-1})	1,78	0,14
Corong 2 (ms^{-1})	2,05	0,13
Corong 3 (ms^{-1})	2,98	0,20

Efektivitas Pemisahan

Salah satu indikator keberhasilan dari proses pemisahan daun dan tangkai teh adalah besarnya nilai efektivitas pemisahan yang dapat diketahui dari tingginya persentase daun terhisap oleh blower dan rendahnya tangkai yang terhisap oleh blower. Hasil pengujian efektivitas pemisahan disajikan pada Tabel 3 dan Gambar 11. Selain itu disajikan juga informasi hasil pemisahan terhadap bobot awal pada Tabel 4.

Tabel 3. Hasil pengujian kinerja pemisahan

Parameter	Kecepatan putar perontok (rpm)		
	480	420	300
Daun terhisap (%)	91,43 ± 3,32	86,76 ± 3,78	88,93 ± 4,24
Daun tidak terhisap (%)	8,57 ± 3,32	13,24 ± 3,78	11,07 ± 4,24
Tangkai terhisap (%)	13,95 ± 6,80	17,93 ± 2,10	21,35 ± 9,10
Tangkai tidak terhisap (%)	86,05 ± 6,80	82,07 ± 2,10	78,65 ± 9,10

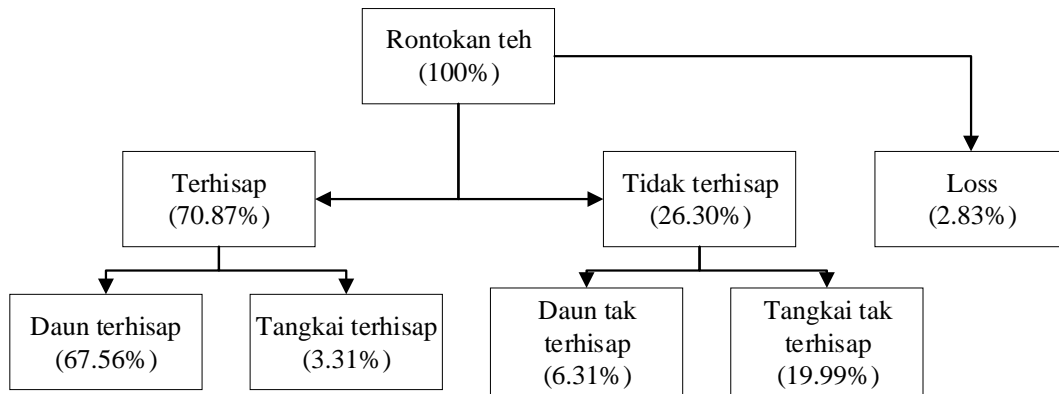


Gambar 11. Efektivitas pemisahan dengan perontokan dan penghisapan

Tabel 4. Hasil pengujian penghisapan basis massa awal

Rendemen	Kecepatan putar perontok (rpm)		
	480	420	300
Rontokan terhisap (%)	70,87± 4,92	64,11± 2,89	68,98±5,39
Rontokan tidak terhisap (%)	26,30± 4,52	31,51± 2,95	27,72± 5,49
Daun terhisap (%)	67,56± 4,46	59,25± 3,05	63,59± 4,70
Daun tidak terhisap (%)	6,31± 2,41	9,11± 3,00	7,95± 3,07
Tangkai terhisap (%)	3,31± 1,68	4,86± 0,65	5,40± 2,39
Tangkai tidak terhisap (%)	19,99± 3,07	22,39± 3,46	19,77± 4,47
Loss (%)	2,83 ± 1,97	4,38 ± 0,80	3,29 ± 0,36

Hasil menunjukkan bahwa persentase daun terhisap paling besar dan persentase tangkai terhisap paling kecil adalah pada pengujian dengan kecepatan putar 480 rpm dengan nilai persentase daun terhisap sebesar 91,43% dan persentase tangkai terhisap sebesar 13,95% (3,31% basis massa awal). Hal ini bisa terjadi karena pada putaran tinggi (480 rpm) momentum tumbukan antara batang perontok dan pucuk teh menjadi lebih besar karena besarnya nilai kecepatan linier (v) akibat dari besarnya kecepatan sudut (ω) sehingga daun teh lebih mudah terlepas dari tangkainya. Oleh karena itu hasil proses pemisahan dengan perontokan dan pemisahan yang paling optimum yaitu 480 disajikan dalam bentuk diagram pada Gambar 12. Rendemen daun terhisap jika dihitung dengan basis total daun adalah 91,43% dari total daun.



Gambar 12. Hasil pengujian perlakuan kecepatan putar 480 rpm sebagai perlakuan yang paling optimum

Rendemen Daun dan Tangkai Teh Hasil Perontokan

Hasil pengujian rendemen daun dan tangkai teh yang telah dirontokan disajikan pada Tabel 5. Berdasarkan hasil pengujian tersebut dapat diketahui bahwa pengujian dengan kecepatan 480 rpm merupakan yang paling baik karena menghasilkan persentase massa daun terontok paling besar (67,56%) dan massa bagian belum terontok paling kecil (15,11%). Artinya persentase daun dan tangkai yang berhasil dirontokan mencapai 84,89%. Meskipun nilai *loss* nya sedikit lebih besar dibandingkan dengan 300 rpm namun hal tersebut tidak menjadi faktor penentu yang utama karena perbedaannya sangat kecil yaitu hanya 0,16% saja. Upaya yang paling mungkin dapat dilakukan untuk meningkatkan persentase daun yang berhasil dirontokan agar mendekati 100% adalah dengan menambah panjang silinder perontok, sehingga peluang pucuk dapat dipukul oleh batang perontok menjadi lebih banyak karena melewati jarak tempuh dan batang pemukul yang lebih banyak. Secara keseluruhan rendemen daun teh lebih besar tiga kali lipat dibanding rendemen tangkai yaitu berkisar antara 71,60-75,93%, sementara rendemen tangkai hanya berkisar antara 19,77-22,4%.

Tabel 5. Hasil rendemen daun dan tangkai teh hasil perontokan

Parameter	Kecepatan putar (rpm)		
	480	420	300
Massa awal (%)	100,00	100,00	100,00
Massa daun rontok (%)	67,56	59,25	63,59
Massa tangkai rontok (%)	12,87	13,60	11,51
Massa bagian belum terontok (%)	15,11	21,15	20,60
Massa akhir (%)	95,54	93,99	95,70
Loss (%)	4,46	6,01	4,30
Massa daun belum terontok (%)	7,99	12,35	12,34
Massa tangkai belum terontok (%)	7,12	8,80	8,26
Rendemen daun teh (%)	75,55	71,60	75,93
Rendemen tangkai teh (%)	19,99	22,4	19,77

Kapasitas Perontokan

Pengukuran kapasitas perontokan dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan mesin untuk melakukan proses perontokan. Proses pengujian kapasitas dilakukan dengan mengukur waktu proses untuk merontokan 5 kg pucuk teh yang diumpankan oleh satu orang ke bagian hopper mesin perontok pada kecepatan putar 480 rpm. Data hasil pengujian kapasitas mesin perontok disajikan pada Tabel 6. Hasil menunjukkan bahwa rata-rata kapasitas perontokan adalah 156,712 kg jam⁻¹ dan deviasi sebesar 12,694 kg jam⁻¹.

Tabel 6. Data kecepatan hisap pada corong hisap blower

Parameter	Nilai Rata-rata	Standar deviasi
Massa input bahan (kg)	3,082	0,046
Waktu proses (detik)	70,800	18,539
Kapasitas (kgjam ⁻¹)	156,712	12,694

KESIMPULAN

Paket teknologi mesin pemisah daun dan tangkai teh telah berhasil didesain, dimanufaktur dan diuji kinerjanya. Teknologi ini terdiri dari tiga unit mesin yaitu mesin perontok, mesin pengayak getar dan mesin penghisap daun teh. Kecepatan udara hisap rata-rata pada permukaan *tray* pengayak getar sudah sesuai dan berada pada nilai kecepatan terminal daun teh yaitu 1,78, 2,05 dan 2,98 ms⁻¹ berturut-turut untuk lubang corong 1, 2 dan 3. Pengujian kinerja pemisahan pada kecepatan putar mesin perontok 480 rpm merupakan yang paling baik karena menghasilkan persentase daun terhisap paling besar (91,43%) serta persentase tangkai tidak terhisap paling tinggi (86,05%). Selain itu, hasil rendemen akhir perontokannya menunjukkan bahwa dengan perlakuan kecepatan putar 480 rpm menghasilkan persentase massa daun terontok paling besar (67,56%) dan massa bagian yang belum terontok paling kecil (15,11%). Artinya persentase daun dan tangkai yang berhasil dirontokan mencapai 84,89%. Upaya yang paling mungkin dapat dilakukan untuk meningkatkan persentase daun yang berhasil dirontokan agar mendekati 100% adalah dengan menambah panjang silinder perontok, sehingga peluang pucuk dapat dipukul oleh batang perontok menjadi lebih banyak karena melewati jarak tempuh dan batang pemukul yang lebih banyak. Kapasitas perontokan rata-rata pada kecepatan putar silinder perontok 480 rpm adalah 156,712 kg jam⁻¹. Mesin pemisah daun dan tangkai dengan perontokan dan penghisapan dapat disisipkan pada proses setelah mesin *rotary panner* dan sebelum proses penggulungan pada proses pengolahan teh hijau.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Departemen Teknik Mesin dan Biosistem–Institut Pertanian Bogor, Kemenristekdikti dan seluruh pihak yang telah mendukung kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik (BPS). 2017. *Statistik Teh Indonesia 2016*. BPS. Jakarta.
- _____. 2019. *Statistik Teh Indonesia 2018*. BPS. Jakarta.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2015. *World Tea Production and Trade: Current and Future Development*. FAO. Roma.
- Gill, G. S., A. Kumar, dan R. Agarwal. 2011. Monitoring and grading of tea by computer vision—A review. *Journal of Food Engineering*106(1): 13–19.
- _____, _____, dan _____. 2013. Nondestructive grading of black tea based on physical parameters by texture analysis. *Biosystems Engineering*116(2): 198–204.
- Kastaman, R. 2007. Penerapan logika fuzzy untuk penilaian mutu teh hitam orthodox. *Jurnal Keteknik Pertanian*21(3): 283–294.
- Laddi, A., N. R. Prakash, S. Sharma, H. S. Mondal, dan P. Kapur. 2012. Significant physical attributes affecting quality of Indian black (CTC) tea. *Journal of Food Engineering*113(1): 69–78.
- Marimin, K. E. 2004. Kajian strategi peningkatan kualitas teh hitam orthodox di PT. Perkebunan Nusantara VIII (PTPN VIII Persero) Unit Kebun Gedeh, Kabupaten Cianjur. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*14(2): 6–16.
- Oyelami, A. K., O. O. Olaniyan, D. Iliya, dan A. S. Idowu. 2008. The design of a closed type impeller blower for a 500 kg capacity rotary furnace. *Journal of Engineering Development Institute*12(1): 50–56.
- Pusat Penelitian Teh dan Kina. 2007. *Petunjuk Teknis Pengolahan Teh*. PPTK. Jawa Barat. Bandung.
- Ralisnawati, D., A. C. Sukartiko, A. Suryandono, dan K. Triyana. 2018. Detecting aroma changes of local flavored green tea (*Camellia sinensis*) using electronic nose. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*131(1).
- Rohmatullah, M. 2007. Logika fuzzy dan jaringan syaraf tiruan untuk peningkatan mutu teh hitam.

- Jurnal Teknologi Industri Pertanian*18(2): 96–101.
- Roy, R. B., P. Chattopadhyay, B. Tudu, N. Bhattacharyya, dan R. Bandyopadhyay. 2014. Artificial flavor perception of black tea using fusion of electronic nose and tongue response: A Bayesian statistical approach. *Journal of Food Engineering*142: 87–93.
- Sagita, D., R. P. A. Setiawan, dan W. Hermawan. 2019. Prototype of Corn Thresher Unit for Corn Combine Harvester. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*8(3): 153–163.
- Suprihartini, R. dan Marimin. 2000. Penerapan teknik pengambilan keputusan – kelompok fuzzy untuk penilaian mutu teh hitam indonesia dan strategi peningkatannya. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*9(3): 127–132.
- Sutejo, A., S. S. Mardjan, W. Hermawan, dan Desrial. 2018a. Design and performance of tea shoots chopper: Optimization of stems and leaves separation. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 7(10): 21–25.
- _____, _____, _____, dan _____. 2018b. Kinerja Mesin Pemisah Potongan Tangkai dan Daun Teh. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*7(3): 160.
- Suwardi, I. S. dan R. P. Jenie. 2008. Pembangunan perangkat lunak analisa hubungan antara variabel fisik dan kelas mutu teh hitam. *Prosiding Seminar Nasional Teknoin 2008*: 53–59.